

VIII.

Ueber Sphärite.

Von

H. Leitgeb.

Mit Tafel VIII und IX.

Die Sphärite ist ein Mineral, welches in der Regel in Form von kleinen, kugelförmigen Körnern vorkommt. Diese Körner sind meistens aus einem einzigen Kristallelemente aufgebaut, welches eine gewisse Gestalt annimmt, die durch die Kristallstruktur bedingt ist. Die Sphärite ist ein Mineral, welches in der Regel in Form von kleinen, kugelförmigen Körnern vorkommt. Diese Körner sind meistens aus einem einzigen Kristallelemente aufgebaut, welches eine gewisse Gestalt annimmt, die durch die Kristallstruktur bedingt ist.

VIII

Ueber Späthle.

H. F. F.

1811

1. Historisches und Kritisches.

Als „Sphärokrystalle“ bezeichnete bekanntlich zuerst NÄGELI die in Alcoholexemplaren von *Acetabularia* aufgefundenen kugeligen Körper, für welche er eine Zusammensetzung aus winzig kleinen Krystallnadelchen annahm, deren verschiedene Anordnung die häufig wahrnehmbare gröbere Structur dieser Gebilde (Schichtung und Streifung) bedinge.

Der Ausdruck wurde dann von SACHS auf die kugeligen Ausscheidungsformen des Inulins übertragen, welche in Bezug auf die Form der einzelnen Körper, ihre Schichtung und Streifung, wie auch ihre Verwachsungen zu Aggregaten vollkommen mit jenen von NÄGELI entdeckten Gebilden übereinstimmten und ebenfalls einen Aufbau aus nadelförmigen Krystallindividuen erkennen liessen.

Das Wort wurde später vielfach von Botanikern und Krystallographen angewendet zur Bezeichnung von unter verschiedenen Umständen entstandenen Kugeln, an welchen eine radiaalfaserige Textur entweder direct wahrnehmbar war, oder auf welche wenigstens aus dem optischen Verhalten geschlossen werden konnte. Es trat dabei aber eine Erweiterung des Begriffes insoweit ein, als einerseits auch kugelförmige und aus vollkommen isolirten und über die gemeinsame Oberfläche hervorstehenden Nadeln bestehende Drusen unter demselben subsumirt, andererseits aber auch sphäroidale Körper überhaupt und ohne Rücksicht auf ihr optisches Verhalten so bezeichnet wurden, wenn nur überhaupt eine innere Differenzirung der sie zusammensetzenden Substanz erkennbar war. Solche isotrope Kugeln aber als „Sphärokrystalle“ zu bezeichnen, ist um so weniger gestattet, als selbst eine „kaum merkliche Doppelbrechung“ ja noch nicht als untrüglicher Beweis krystallinischer Structur angesehen werden darf.

Ist man somit in manchen Fällen zum mindesten ungewiss, ob krystallinische Structur vorhanden ist oder nicht, und ist dann die Bezeichnung derartiger kugeligter Körper als „Sphärokrystalle“ kaum gerechtfertigt, so erfolgt andererseits die Ausscheidung eines Körpers aus seinen Lösungen öfters in der That in Form von sphäroidalen Gebilden, welche ganz unzweifelhaft nicht krystallinisch sind, welche aber nach ihrer Structur denn doch nicht einfach als amorph bezeichnet werden können.

Ich halte es also für zweckmässig, für alle derartige Gebilde, welche in Form von sphäroidalen Körpern zur Ausscheidung gelangen, ohne Rücksicht auf ihre Structur eine allgemeinere Bezeichnung zu gebrauchen, an welche sich keine Vorstellung über innere Structur knüpft, und die, als ein morphologischer Begriff, Körper verschiedener innerer Ausbildung zu umfassen geeignet ist. Die „Sphärite“, wie ich allgemein diese Gebilde nennen will, können aus nadelförmigen Krystallindividuen aufgebaut sein; es können aber die sie zusammensetzenden Elemente auch nicht krystallinisch entwickelt in Gestalt feiner Körnchen vorhanden sein, die dann wieder entweder in radialer oder in tangentialer Richtung eine Reihenordnung zeigen können oder nicht. Es entsprechen also die von mir als Sphärite bezeichneten Gebilde im Allgemeinen den Sphärolithen der Krystallographen, welche ja ebenfalls häufig keine eigentliche krystallinische Entwicklung zeigen, wenn auch bei ihnen das Vorhandensein einer gewissen Radialstructur in der Regel vorausgesetzt wird. Auch hat schon VOGELSANG ¹⁾ auf die wesentlichen Unterschiede, welche an derartigen Gebilden bezüglich ihrer inneren Structur und ihres Aufbaues hervortreten, aufmerksam gemacht und hat versucht, die wichtigsten Typen, welche aber nicht durch scharfe Abgrenzungen von einander getrennt sind, durch entsprechende Benennungen zu charakterisiren, welche wir ganz zweckmässig auch auf unsere hier zur Sprache kommenden Gebilde anwenden können. So bezeichnet VOGELSANG die rundlichen, aus Körnchen aufgebauten Aggregate, falls eine radiale Reihung jener nicht hervortritt, als Cumuliten, wo aber eine solche zur Geltung kommt, als Globosphäriten. Wir werden vielfach Gelegenheit haben, auf derartige, durch Einwirkung von Alcohol in den Pflanzengewebe hervorgerufene Ausscheidungsformen hinzuweisen, und werden sie mit demselben Namen bezeichnen können. Für die Sphärite mit nachweisbar krystallinischer Structur wird der Ausdruck „Sphäro-

1) Die Krystalliten. Bonn 1875, p. 133 et sqq.

krystalle“ beibehalten werden können, wenn man es nicht vorziehen will, dieselben, je nach dem deutlicheren Hervortreten der Radialstructur oder der Schichtung, als radialfaserige und geschichtete Sphärite zu unterscheiden¹⁾.

Die Entstehung der Sphärite (Sphärokrystalle) wurde meines Wissens an pflanzlichen Objecten noch nie unmittelbar verfolgt. Die meisten dieser Gebilde kamen im Alcoholmateriale und im ausgebildeten Zustande ganz zufällig zur Beobachtung, und wo ein constantes und massenhaftes Auftreten derselben die Möglichkeit der Verfolgung ihrer Bildung in Aussicht stellte, da führte die Untersuchung nicht zum erwünschten Ziele.

Dass das Wachsthum der *Acetabularia*-Sphärite durch Apposition erfolge, schloss NÄGELI²⁾ auch nur aus dem Verlaufe der Schichten: „Sind die Körper klein und kugelig, so haben die Schichten einen sehr regelmässigen und genau concentrischen, mit der Oberfläche parallelen Verlauf. Das Schichtencentrum liegt in den kleinen, kugeligen Körpern im mathematischen Mittelpunkt. In den grösseren Kugeln, denen ein oder mehrere Abschnitte fehlen, hat es dementsprechend eine scheinbar excentrische Lage; an solchen Körpern sind nur die innersten Schichten vollständig kreisförmig (resp. hohlkugelig), die äusseren sind unvollständig. Ebenso verhält es sich mit den Theilkörnern eines zusammengesetzten Kornes.“

„Dieser Schichtenverlauf beweist, dass die Sphärokrystalle durch Auflagerung an der Oberfläche sich vergrössern. Solange sie frei

1) HANSEN wollte in letzter Zeit den Begriff eines Sphärokrystalls auf jene Gebilde beschränkt wissen, in denen ein Wechsel zwischen amorphen und krystallinischen Schichten vorhanden ist. Eine solche Einschränkung des Begriffes ist aber ganz unmöglich! Es ist erstens zum mindesten sehr fraglich, ob die Schichtung der Sphärite immer auf einem solchen Wechsel zwischen amorphen und krystallinischen Schalen beruht. Aber auch angenommen, es wäre dies der Fall, so wäre man noch immer, und wahrscheinlich in der Mehrzahl der Fälle, zweifelhaft, ob man das vorliegende Gebilde als Sphärokrystall zu bezeichnen habe oder nicht. HANSEN selbst gibt an, dass manchmal der amorphe Kern so klein ist, dass fast der ganze Sphärokrystall krystallinisch ist, und dass in anderen Fällen wieder die krystallinische Schale sehr dünn, die Hauptmasse des Sphäriten also amorph ist. Nun ist aber häufig ein amorpher Kern gar nicht wahrzunehmen, an anderen deutet keine Erscheinung auf die Anwesenheit einer krystallinischen Schale — solche Gebilde liegen mitten unter anderen typisch ausgebildeten Sphärokrystallen. Wie soll da die Abgrenzung gefunden werden?

2) Botan. Mittheilungen, Bd. I, p. 207.

liegen, wachsen sie überall; sie haben eine kugelige Gestalt und bestehen aus hohlkugelförmigen Schichten. Sowie sie aber an die Zellwand oder an einander anstossen, so hört die Auflagerung an dieser Stelle auf; es bilden sich fortan bloss unvollständige Schichten und es entsteht eine Abplattung.“

Bezüglich der Molecularanordnung in den einzelnen successive aufgelagerten Schichten hält es NÄGELI für wahrscheinlich, dass das Gefüge der Krystallnadelchen nicht schon mit dem ersten Entstehen einer Schicht an der Oberfläche im fertigen Zustande auftritt, sondern dass es erst durch eine nachträgliche Krystallisation im Innern seine Vollendung erhält.

Dieser Anschauung — des stattfindenden Appositionswachsthums — schlossen sich bis in die letzten Jahre wohl sämtliche Forscher an, obwohl es keinem derselben gelingen wollte, dieses Wachsthum unmittelbar unter dem Mikroskope zu verfolgen. Am meisten Aussicht auf Erfolg diesbezüglicher Untersuchungen versprochen, wegen der Constanz und Massenhaftigkeit ihres Auftretens, noch immer die Inulinsphärite: Behandelt man Schnitte aus inulinhaltigem Gewebe mit Alcohol, so treten, wie schon SACHS beobachtete, in den inulinführenden, durch eine eigenthümliche Lichtbrechung ausgezeichneten Zellen theils wie Oeltropfen aussehende Kugeln auf, theils entsteht ein feinkörniger Niederschlag, an dessen Stelle später ebenfalls häufig Kugeln auftreten, die sich sogleich als Sphärokrystalle zu erkennen geben. Ich möchte ausdrücklich hervorheben, dass SACHS schon nach 5—10 Minuten langer Behandlung der Schnitte mit Alcohol deutlich ausgebildete und schon einige concentrische Schichten zeigende Sphärokrystalle erhielt, so dass schon nach dieser Beobachtung angenommen werden durfte, dass, falls die Schichten aufgelagert würden, es möglich sein müsste, diese Auflagerung unmittelbar zu verfolgen. Später versuchte PRANTL¹⁾ die Entstehung der Inulinsphärite durch Behandlung der Schnitte mit Glycerin der Beobachtung zugänglich zu machen. In diesem Falle entsteht kein momentaner Niederschlag, sondern es „treten in den inulinhaltigen Zellen ölartige Tropfen auf, welche sich lange Zeit nicht verändern; betrachtet man das Präparat nach einigen Stunden wieder, so sieht man an deren Stelle Sphärokrystalle von ungefähr derselben Grösse²⁾).

1) Das Inulin. München 1870, p. 14.

2) Auch KRAUS nimmt an, dass die in den Zellen von *Cocculus laurifolius* bei Glycerinzusatz sich bildenden ölartigen Tropfen unmittelbar zu Sphärokrystallen werden (PRINGSHEIM's Jahrb., VIII, p. 423).

Aus dem Umstande, dass diese Tropfen bei Zusatz von Wasser sofort verschwinden, bei Druck verschiedene Formen annehmen und auf das polarisirte Licht keine Wirkung ausüben, ergab sich, dass diese Kugeln noch keine Sphärokrystalle sein können. PRANTL betrachtet diese Tropfen als aus sehr concentrirter Inulinlösung bestehend und meint, dass dann in ihrem Innern durch weitere Wasserentziehung die Krystallisation stattfände. Dass die Krystallnadeln von der Peripherie nach dem Centrum ausschliessen, die Krystallisation also von aussen nach innen fortschreite, glaubt PRANTL weiter aus dem Umstande schliessen zu dürfen, dass manche Sphärokrystalle eine Höhlung mit hineinragenden Spitzchen besitzen. Die Grösse des Sphärokrystalles sei also schon durch die Grösse des Tropfens gegeben, und die concentrische Schichtung sei nicht Ausdruck einer stattgefundenen Auflagerung, sondern der ruckweise nach innen fortschreitenden Krystallisation.

Die Ansicht, dass die Inulinsphärite als Tropfen zur Ausscheidung gelangen, in welchen ein von aussen nach innen fortschreitender Krystallisationsprocess stattfände, wurde in letzter Zeit nun auch von HANSEN¹⁾ vertreten. Doch erklärt HANSEN die Schichtung in der Weise, dass er annimmt, sie wäre hervorgebracht durch den Wechsel amorpher und krystallinischer Schalen. Der Kern sei immer amorph, öfters sei er aber so klein, dass fast der ganze Sphärokrystall krystallinisch sei, aber es könne auch geschehen, dass er die grösste Masse des Sphäriten umfasse, der dann nur eine einzige krystallinische Schicht als peripherische Umhüllung zeige. Diese könne nun weiters ungemein dünn sein und der Beobachtung leicht entgehen, so dass dann die ganze Kugel aus amorpher Substanz zu bestehen scheine.

Was die näheren Vorgänge der Bildung betrifft, gibt HANSEN an, dass die innerhalb der Zellen sich bildenden Tropfen stets durch ein Häutchen abgeschlossen seien. HANSEN spricht sich hier über die chemische Natur dieses Häutchens nicht weiter aus, und wenn er auch im Hinblick auf SACHS' Angaben, dass Sphärokrystalle auch in wässriger Inulinlösung sich bilden, dasselbe nicht als eine Bedingung der Krystallisation ansieht, so hält er es doch für wesentlich bei der Bildung von Sphäritaggregaten, da es sich sonst gar nicht einsehen liesse, weshalb zwei Inulinsphärokrystalle, die doch als Tropfen ent-

1) Ueber Sphärokrystalle, in „Arbeiten des Würzburger Institutes“, III, p. 104.

stehen, bei ihrer Begegnung nicht in einen grossen Tropfen zusammenfliessen sollten.

Auch die Calcophosphatsphärite der *Euphorbiaceen* entstehen nach HANSEN als von einem Häutchen umschlossene Tropfen. Dieses wahrscheinlich aus Eiweisssubstanz bestehende Häutchen erkläre auch das verschiedene Verhalten der fertigen und der in Bildung begriffenen Sphärokrystalle gegen Lösungsmittel, da erstere von aussen abschmelzen, letztere nur successive ablassen. Ebenso sei dieses Häutchen der Grund der scheinbaren, ziemlich intensiven Tinction der Sphärite durch Boraxcarmin; nur die Oberfläche bedecke sich mit einer gefärbten Hülle, welche erhalten bleibt, wenn man den Sphärokrystall in Salzsäure auflöst. Auch hier können die so häufig zu beobachtenden Verwachsungen mehrerer Kugeln nur durch das Vorhandensein dieses Grenzhäutchens erklärt werden, welches sich übrigens an der Verwachsungsstelle mikroskopisch wahrnehmen lasse.

HANSEN hat es auch versucht, die Bildung künstlicher Sphärokrystalle zu verfolgen. Er beobachtete die schon so oft studirte Entstehung der Calcocarbonatsphärite, und es gelang ihm selbst die Darstellung von Calcophosphatsphäriten. Auch diese Bildungen entstehen als Tropfen, nur gehe die Erstarrung schneller vor sich als in den Zellen. Das Vorhandensein eines Grenzhäutchens würde bei dem Umstande, als auch hier häufig genug Kugelverwachsungen vorkommen, nothwendiger Weise gleichfalls vorausgesetzt werden müssen.

Nun besitzen wir aber über die Bildung künstlicher Sphärokrystalle zahlreiche Beobachtungen, die sich freilich grossentheils auf die des Calciumcarbonats beziehen. Dass dieses Salz häufig in Form von kugeligen Gebilden niedergeschlagen wird, ist zwar schon lange bekannt, aber es war meines Wissens erst FAMINTZIN¹⁾ gelungen, einen genaueren Einblick in ihre Structur zu erlangen und ihre Entstehung unmittelbar zu verfolgen. Beim Zusammenbringen concentrirter Lösungen des Chlorcalcium und des Kaliumcarbonates erscheinen später kaum sichtbare Kügelchen, die aber rasch an Volumen zunehmen und unter den Augen des Beobachters äusserst oft in zusammengesetzte Formen zusammenfliessen. In ihnen ist anfangs kein Kern und auch keine Spur von Schichtung zu sehen. Erst nachdem sie beträchtlich angewachsen sind, erscheint plötzlich ein anfangs immer fester Kern und es wird eine Differenzirung der Substanz der Kugel in concentrische

1) Ueber amyllumartige Gebilde etc., in den „Verhandl. des nat. med. Ver. zu Heidelberg“, 1869.

Schichten sichtbar. In den meisten Gebilden wird zuerst der Kern, nach $\frac{1}{2}$ —1 Stunde von ihrem ersten Erscheinen an gerechnet, sichtbar; die Schichten kommen dann später zum Vorschein. In dem anfangs soliden Kern erscheint sehr oft mit der Zeit eine Vacuole. Die später um den Kern sich bildenden Schichten werden aussen von den schon gebildeten angelegt. In den Fällen aber, wo die Schichtung vor dem Erscheinen des Kernes eintritt, geht sie in dem äussersten Theile der Kugel zuerst vor sich.

Höchst merkwürdig ist die weitere Angabe FAMINTZIN's, dass die zusammengesetzten Formen nicht bloss durch Verwachsung („Zusammenfliessen“) einfacher, sondern auch durch Theilung solcher zu Stande gebracht werden. Ist das sich theilende Gebilde eine Kugel, so wird sie durch eine einzige Trennungsfäche, die durch den Kern geht, in zwei gleiche Theile getheilt; bei unsymmetrischen Formen treten mehrere Trennungsfächen nach einander auf. Diese Vorgänge, welche eine weitgehende secundäre Differenzirung innerhalb des Kornes und noch nach dem Auftreten des Kernes voraussetzen, würden auch dann mechanisch ganz unverständlich sein, wenn man sie als Differenzirungen innerhalb eines Flüssigkeitstropfens ansehen wollte, und es dürfte FAMINTZIN dieselben auch nicht direct beobachtet, sondern aus schon fertigen Zuständen erschlossen haben.

Einen wesentlichen Fortschritt verdanken wir den schönen Untersuchungen HARTING's¹⁾. Schon bei seinen früheren, in die vierziger Jahre fallenden Studien über künstliche Kalkpräparate hatte er gefunden, dass der durch Zusammenbringen der Lösungen des Kaliumcarbonates mit einem der verschiedenen Kalksalze sich bildende Niederschlag des Calciumcarbonates häufig in Form von sphäroidaler Körper erfolgt, und dass dieselben um so grösser werden, je langsamer der Vorgang verläuft, was durch höhere Concentration der Lösungen, durch Vermeidung jeder Erschütterung und durch Herabminderung der Temperatur zu erreichen ist. Von der Idee ausgehend, dass der eigentliche Grund der Verlangsamung des Vorganges die zunehmende Viscosität der Flüssigkeit sei, versuchte er durch Beigabe zuerst vegetabilischer Schleime, und als diese keinen wesentlichen Effect ausübten, solcher animalischer Natur grössere Sphärite zu erzeugen. Es gelang ihm dies denn auch in der That in der vollkommensten Weise. Es würde mich zu weit führen, wollte ich hier

1) Recherches de Morphologie synthétique sur la production artificielle des form. calcaires. Amsterdam 1872.

auch nur auf die interessanteren Versuche eingehen, die HARTING anstellte, um mit verschiedenen Kalksalzen in verschiedenen animalen schleimigen Medien Sphärite zu erzeugen. Ich muss aber hervorheben, dass HARTING geschichtete, wie radialfaserige Sphärite, und solche, welche beiderlei Structur zeigen, nicht bloss mit Hühnereiweiss und anderen eiweisshaltigen Flüssigkeiten, sondern auch mit Gelatine erhielt, und dass er ausdrücklich hervorhebt, dass die Form und Structur somit nicht durch die Substanz bedingt sein kann.

Die Sphärite selbst betrachtet er als bestehend aus 2 Substanzen: dem reinen Kalksalze und einer Verbindung dieses mit Eiweiss (Calcoglobulin), eventuell mit Gelatine. Diese Verbindung bliebe nun bei Behandlung der Sphärite mit Essigsäure zurück, und zwar erscheinen diese nicht bloss in Form und Grösse, sondern auch in ihrer Structur unverändert, zeigen den Kern und die concentrische Schichtung; selbst früher vorhanden gewesene Sprünge bleiben erhalten und nur die radialen Streifen verschwinden. Auch giebt HARTING an, dass solche vom überschüssigen Kalksalze befreite Sphärite mit Carmin roth, mit Jod gelb gefärbt werden. Es kann nach diesen bestimmten Angaben HARTING's, dass die Sphärite nach Behandlung mit Essigsäure ihre Structur (Schichtung wie radiale Streifung) beibehalten, d. h. dass ein grosser Theil der den Körper bildenden Substanz durch die Säure nicht gelöst wird, unmöglich eine Täuschung vorliegen, und ich will gleich hier erwähnen, dass auch bei den von mir untersuchten und später zu beschreibenden, in Pflanzentheilen zur Abscheidung gelangenden Calcophosphatsphäriten ebenfalls eine organische Verbindung an dem Aufbau des Sphäritenkörpers sich betheiligt.

HARTING machte auch ganz bestimmte Angaben über das Wachsthum der Sphärite: sie entstehen und wachsen durchaus in gleicher Weise, wie die Krystalle, d. h. man sieht dieselben als kleine Punkte in der Flüssigkeit auftreten und sich durch Apposition vergrössern, ohne weiter zu sehen, in welcher Weise die Substanz denselben zugeführt wird.

Es lasse sich dieses Wachsthum unmittelbar verfolgen an den concentrischen Schichten, deren Zahl bis auf dreissig steigen kann. Diese Schichten stellen also Zuwachslinien dar und zeigen an, dass das Wachsthum nicht gleichförmig vor sich geht, sondern intermittirend erfolgt. Den Grund dieses intermittirenden Wachsthums anzugeben, erklärt HARTING, in der die Schriften dieses hochverdienten Forschers so sehr auszeichnenden bescheidenen Weise, nicht in der Lage zu sein und bemerkt nur, dass nach seinen speciell auf diesen Punkt ge-

richteten Versuchen weder Licht- noch Temperaturschwankungen der Grund sein können, und weist schliesslich auf die ganz ähnliche, auch an wirklichen Krystallen so häufig zu beobachtende Schichtung hin.

HARTING spricht sich auch über den Grund der radialen Streifung aus. Da derselben in Oberflächenansicht häufig eine polygonale Felerung entspreche, so deute dies darauf hin, dass die Sphärite zusammengesetzt seien aus radial gestellten Pyramiden, welche, indem sie sämmtlich an ihren Basen wachsen, auch die Vergrösserung des ganzen Sphäriten bedingen. Obwohl man die radiale Streifung auch an grösseren Sphäriten öfters nicht wahrnehme, so sei nicht daran zu zweifeln, dass auch diese, sowie die kleinsten, an denen ebenfalls eine Radialstreifung nicht sichtbar ist, den gleichen Aufbau besitzen. Doch dürfe man diese Pyramiden nicht als wahre Krystalle, die Sphärite also nicht einfach als Krystalldrusen auffassen, wenn sie diesen auch in ihren physikalischen Eigenschaften, in ihrem Entstehen und ihrem Wachstume zunächst ständen.

Dieser kurze Auszug aus HARTING's Schriften wird genügen, um den hohen Werth der Arbeiten dieses Forschers in Bezug auf die hier in Betracht kommenden Fragen in das rechte Licht zu stellen, und ich will nur noch bemerken, dass derselbe auch auf die Uebereinstimmung des Baues seiner Sphärite mit dem der Sphärokrystalle des Inulins und mit dem der Stärkekörner hinweist, welche letztere ebenfalls als krystallisirte Körper angesehen werden müssten — eine Ansicht, welche ja auch in neuester Zeit wieder Anhänger und Vertheidiger gefunden hat.

Auch VOGELSANG¹⁾ wurde bei seinen Studien der in Hochofenschlacken auftretenden, von ihm als „Krystalliten“ bezeichneten Gebilde zu der Annahme geführt, dass es wesentlich die pectinöse Beschaffenheit des Mediums sei, welche, indem sie die freie Bewegung und regelmässige Gruppierung der kleinsten Theile der krystallisirenden Substanz hemme, einer vollkommenen Individualisation derselben entgegenwirke. Seine Ansicht über Entstehung und Wachsthum der verschiedenartigen krystallitischen Abscheidungsproducte geht aber von der theoretischen Vorstellung aus, dass der Krystall nicht schon vom ersten Beginn seiner Krystallisation seine vollkommene Form besitze, sondern dass dieser ein embryonaler Zustand vorhergehe, dessen Dauer durch die Viscosität der Lösung merklich vermehrt werde. Die Substanz erscheine im ersten Stadium der Abscheidung in Form von

1) Die Krystalliten. Bonn 1875.

Mittheil. a. d. bot. Institut zu Graz.

Tröpfchen einer übersättigten Lösung, welche, indem sie immer mehr das in ihnen enthaltene Lösungsmittel abgeben, endlich zu isotropen Kügelchen — den Globuliten — erstarren. Diese Globuliten seien mit einem gewissen Vorrath von Krystallisationskraft ausgestattet, vermöge welcher sie sich entweder zu regelmässigen polyedrischen Körpern zusammenfügen oder auch einzeln zu Krystallen umgestalten können. Ist das umgebende Magma schon sehr hart, so üben sie weiter keine Wirkung auf einander aus, ist es aber noch genügend beweglich, so beobachtet man ein Zusammentreten der Globuliten entweder zu perlschnurförmigen Ketten oder rosettenartigen Gebilden oder rundlichen Aggregaten, in denen aber häufig die Kügelchen nach einem gewissen Achsenschema angeordnet erscheinen. Dasselbe beobachte man nun auch bei Ausscheidung des kohlen-sauren Kalkes: in dem zuerst sich bildenden amorphen, globulitischen Niederschlage entstehen (in Folge der Attraction der Globuliten) Rhomboeder, skelet-artige Gruppierungen oder rundliche Formen, welche letztere besonders häufig aus schwachen Lösungen und namentlich dann sich bilden, wenn man der Lösung etwas Gelatine hinzufügt. Die Kugeln zeigen öfters ihre Oberfläche mit rhomboedrischen Höckern besetzt; hier seien die sie aufbauenden Einzelemente krystallinisch, jene daher den Krystallen zuzurechnen; in den glatten Kugeln aber und in den Scheibchen hätte nur eine unvollkommene Umformung der Globuliten stattgefunden, deren radiale Anordnung oft nur als radiale Streifung hervortrete und sich aus dem centralen Wachsthum erkläre.

VOGELSANG nimmt also für die Sphäriten ebenfalls Appositionswachsthum an, unterscheidet aber zweierlei Formen derselben, solche mit krystallinischer und andere mit globulitischer Structur, welche letztere als Wachsthumaggregate aufzufassen seien, bei denen eine unvollkommene Umformung der Globulite (zu Krystallen) stattgefunden habe. Wir werden später sehen, dass es zur Erklärung der Structur der öfters fehlenden Polarisationswirkung und einiger Lösungserscheinungen mancher Sphärite kaum eine andere Annahme gibt als die VOGELSANG'S.

Der Bau sphäroidaler Krystalliten („Sphärolithen“) mit deutlich radialfaseriger Structur wurde vielfach auch von anderen Krystallographen in den Kreis der Erörterung einbezogen. Im Wesentlichen finden wir überall die Ansicht ausgesprochen, sie seien als ein Aggregat vieler radial angeordneter, dicht gedrängter und pinselartig

verzweigter Krystalle aufzufassen ¹⁾; es ist die öfters zu beobachtende Schichtung der Ausdruck eines Appositionswachsthums, hervorgebracht durch periodische Aenderungen in den Krystallisationsbedingungen.

Zu gleichen Anschauungen gelangte auch ARTHUR MEYER ²⁾ bei seinen Studien über die Sphärokrystalle verschiedener Zuckerarten. MEYER fand, dass bei ein und derselben Zuckerart alle Uebergänge zwischen Sphärokrystallen und vollkommenen Krystallgruppen (mit deutlichen Einzelkrystallen) vorkommen und beliebig erzeugt werden können: ist die Mutterlauge des Zuckers sehr unrein, so tritt vorzüglich Schichtung hervor, und die meist sehr zahlreichen Kugelschalen erscheinen fast amorph. Sobald aber die Mutterlauge reiner wird und die Krystallisation langsamer vor sich geht, wird die strahlige Structur immer deutlicher, bis bei noch reineren Lösungen die Einzelkrystalle deutlich hervortreten.

Den Vorgang der Entstehung und des Wachsthums der Sphärokrystalle (des „Lactosins“) beschreibt MEYER folgendermaassen: Es entstehen zuerst Tröpfchen einer (übersättigten) Lösung, die sich durch Zusammenfliessen vergrössern können. Einige von ihnen erstarren amorph; andere „lassen in ihrer Masse vom Centrum aus kleine, nadelförmige Kryställchen anschiessen“. Beiderlei Gebilde können sich durch Auflagerung neuer Substanz vergrössern, bilden also die Grundlage der grösseren Sphärokrystalle, deren Schichten, mehr oder weniger deutlich krystallinisch, also entweder einen amorphen oder einen krystallinischen Kern (der ja selbst ein kleiner Sphärokrystall ist) umschliessen. A. MEYER verfolgte das Wachstum seiner Zuckersphärite durch mehrere Tage, sah sie von winzigen, kaum 0,05 Mm. grossen Gebilden bis auf 0,5 Mm. heranwachsen und konnte an einzelnen derselben selbst die Zahl der pro Tag aufgelagerten Schichten bestimmen. Dies und der Umstand, dass während dieses Wachsthums die Schichten mehr oder weniger deutlich krystallinische Structur (oft sehr deutliche radiale Streifung) zeigten, macht den etwaigen Einwand, es wären wachsende Flüssigkeitstropfen vorgelegen, ganz unhaltbar. Erwähnen möchte ich noch die Angabe MEYER's, dass während des Wachsthums eines Sphärokrystalles die umliegenden Tropfen gelöst werden und so den Stoff zur Vergrösserung jenes liefern —

1) Vergl. besonders LEHMANN: Ueber das Wachstum der Krystalle, in GROTH's Zeitschr. f. Krystallographie, 1877, Bd. I.

2) Bot. Zeitg., 1884, p. 331.

eine Erscheinung, welche vielfach auch beim Wachsthum von Einzelkrystallen beobachtet wird ¹⁾).

Ich habe schon oben erwähnt, dass fast alle Beobachter die Schichtenbildung, d. h. die successive Auflagerung von physikalisch sich verschieden verhaltenden Schalen, auf einen Wechsel in den Krystallisationsbedingungen zurückführen. Auch wurde bei Besprechung der Versuche HARTING's mitgetheilt, dass schon dieser Forscher sich die Frage vorgelegt hatte, ob ein solcher Wechsel nicht vielleicht auf äussere Einflüsse zurückzuführen sei, und namentlich, ob nicht Licht- und Temperaturschwankungen die Schichtenbildung hervorzurufen vermögen, dass aber seine hierüber angestellten Versuche ein negatives Resultat ergeben hatten. Spätere Beobachter haben sich über die nähere Ursache der Schichtenbildung ebenfalls nicht genauer ausgesprochen, aber meist auf einen inneren, durch den Vorgang der Krystallisation selbst hervorgerufenen Wechsel der Krystallisationsbedingungen hingewiesen. So meint VOGELSANG ²⁾, dass es scheine, als ob der Einfluss, den nachweisbar die stetige Veränderung des Lösungsverhältnisses auf die spezifische Gestaltung der kleinsten Theilchen ausübe, nicht in einer allmählichen, unmerklichen Formveränderung zu suchen sei, sondern dass vielmehr ein periodischer Wechsel eintrete, wie dies ja auch bei der Gestaltung der Gesamtkristallform zu beobachten sei. Jeder Form entspricht ein zwischen gewissen Grenzen schwankendes Mischungsverhältniss; innerhalb dieser Grenzen ändert sich die Form nicht oder nicht merklich; die einzelnen Perioden aber müssten sich bei centralem Wachsthum in concentrischen Abgrenzungen durch geringe Unterschiede in der Dichtigkeit und in der Lichtbrechung zu erkennen geben.

In letzter Zeit hat nun A. MEYER ³⁾ die Versuche, betreffend den Einfluss äusserer Agentien auf die Schichtenbildung, wieder aufgenommen. MEYER fand, dass, wenn die Krystallisation (einer Zuckerart) unter sonst gleichen Bedingungen in einem Raume von constanter Temperatur vor sich geht, man Sphärokrystalle erhalten kann, welche keine Schichtung zeigen, dass aber jede Veränderung in den äusseren Krystallisationsbedingungen (wie z. B. die Lüftung der die Krystallirschale überdeckenden Glasglocke) mit einer Schichtenbildung beantwortet wird. „Es erlangen die auf die Krystallindividuen

1) Vergl. z. B. LEHMANN, l. c. p. 474 u. sqq.

2) l. c. p. 90.

3) Bot. Zeitg., 1881, p. 843.

der primären Gruppe aufwachsenden Individuen eine andere Grösse und Ausbildung und erzeugen so eine Schicht von differenten physikalischen Eigenschaften.“

Dass gröbere Einwirkungen von aussen, wie plötzliche Erschütterungen, Veränderungen der Lösungsverhältnisse in der Mutterlauge durch Zusatz einer anderen Flüssigkeit oder rasch erfolgende Concentrationsveränderungen (wie sie in dem oben erwähnten MEYER'schen Versuche durch Lüftung der Glocke bewirkt wurden), auch selbst Temperaturschwankungen, Störungen des Krystallisationsvorganges und somit Schichtenbildung bewirken können, soll gewiss nicht geleugnet werden, aber ebenso sicher, glaube ich, ist es, dass die oft in der kürzesten Zeit erfolgende Bildung zahlreicher Schichten dadurch nicht erklärt werden kann. Ich werde später zeigen, dass es gelingt, das Wachsthum der Inulinsphärite unmittelbar unter dem Mikroskope zu verfolgen und so in wenigen Minuten aus zahlreichen Schichten zusammengesetzte Sphärite heranwachsen zu sehen. Hier kann der Grund der Schichtenbildung nur in den Veränderungen gelegen sein, welche die Concentration und Zusammensetzung der den Sphärokrystall unmittelbar umgebenden Lösung durch den Krystallisationsvorgang selbst erleiden muss. Wie nämlich LEHMANN gezeigt hat, entsteht um den wachsenden Krystall eine Verdünnung, welche durch Diffusion wieder ausgeglichen werden muss. Die zunehmende Zähigkeit der Lösung erschwert die rasche Ausgleichung der Concentrationsdifferenz, verlangsamt nun den Diffusionsstrom und verringert die Beweglichkeit der Molecüle, deren Anlagerung an der Oberfläche des bereits gebildeten Sphäriten nicht mehr bloss durch die von den Oberflächentheilen ausgehenden Kräfte, welche stets die parallele Orientirung anstreben, beeinflusst, sondern auch durch andere zur Geltung gelangende Einwirkungen mit bestimmt werden kann. Ein weiteres wichtiges, die deutliche Schichtenbildung einer auskrystallisirenden Substanz begünstigendes Moment scheint nun dann gegeben zu sein, wenn die Lösung durch andere Beimengungen stark verunreinigt ist. So fand es A. MEYER bei den sphäritischen Ausscheidungen verschiedener Zuckerarten, und ich werde später bei Besprechung der Inulinsphärite auf ähnliche von mir gemachte Beobachtungen hinweisen können. Hier ist die Schichtung bedingt durch den Wechsel amorpher und krystallinischer, aus feinen, radial gestellten und dicht gedrängten Nadelchen zusammengesetzter Schalen, und es gelingt, wie zuerst HANSEN zeigte, ziemlich leicht, erstere zu lösen und letztere als von einander vollkommen isolirte, concentrische Kugelschalen zur Darstellung zu bringen. Die Breite

der krystallinischen Schalen, also die Länge der sie zusammensetzenden Krystallnadelchen ist ziemlich constant, wogegen die Breite der amorphen Schichten starken Schwankungen unterliegt und jene um das Doppelte übertreffen kann. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass hier die physikalische Differenz der Schichten durch eine verschiedene chemische Zusammensetzung bedingt ist, in der Weise, dass die krystallinischen Schalen wesentlich aus rein auskrystallisirter Inulin-substanz bestehen, während in den amorphen Schichten grössere Mengen fremder Substanzen vorhanden sind. So viel wenigstens ist gewiss, dass alle Inulinsphärite nicht unbeträchtliche Mengen von Calciumphosphat enthalten, welches sich selbst in einzelnen grösseren isolirten Sphäriten mit voller Sicherheit nachweisen lässt. Auch die Calcophosphatsphärite der *Dahlia*-Knollen bestehen, wie ich an anderer Stelle zeigte, aus zwei verschiedenen Substanzen, und gerade an diesen, wie an den ähnlich gebauten und ähnlich zusammengesetzten Sphäriten von *Galtonia candicans* und den *Euphorbien* lässt sich die chemische Differenz der krystallinischen Schale gegenüber dem amorphen Kern auf das überzeugendste nachweisen. Für die von HARTING studirten Calcocarbonatsphärite ist ebenfalls, wie ich schon oben anführte, die Zusammensetzung aus zweierlei Substanzen kaum zweifelhaft, wenn auch nach dieses Forschers Angaben eine geschichtete Lagerung derselben nicht nachgewiesen werden kann. Wenn ich in allen diesen Fällen, deren Zahl bei speciell auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen sich leicht vermehren lassen dürfte, die der Mutterlauge beigemengten und an dem Aufbau des Sphäriten sich betheiligenden Stoffe als ein wichtiges die Schichtenbildung begünstigendes, vielleicht sogar bedingendes Moment ansehe, so soll damit, wie ich ja schon oben hervorgehoben habe, nicht gesagt sein, dass nicht auch andere Factoren, selbst an homogen zusammengesetzten Sphäriten, ähnliche Structurverhältnisse sollten hervorrufen können. Es könnte, wie es A. MEYER für die Schichtung seiner Zuckersphärite annimmt, in Folge eines Wechsels der Krystallisationsbedingung nur die Grösse und Ausbildung der die aufgelagerte Schicht zusammensetzenden krystallinischen Einzelindividuen eine Aenderung erfahren; es könnten anderseits, wie es W. NÄGELI ¹⁾ für seine Amylodextrinscheibchen vermuthet, geschichtete und ungeschichtete Sphärite sich nur dadurch von einander unterscheiden, dass bei ersteren die Krystallnadelchen in regel-

1) Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe. Leipzig 1874, p. 17.

mässigen concentrischen Schichten liegen, während bei letzteren dieselben zwar ebenfalls in der Richtung des Radius, aber unregelmässig vertheilt angeordnet wären, was bei rascherer Ausscheidung der Fall sein könnte. Dass Schichtung auch secundär, in Folge der Einwirkung eines von aussen eindringenden Lösungsmittels, zu Stande kommen kann, hat gleichfalls schon A. MEYER¹⁾ gezeigt: wenn man der Mutterlauge, in welcher vollkommen ungeschichtete Eisenchloridsphärite sich bilden, einige Tropfen Alcohol zusetzt, so dringt die nun nicht mehr gesättigte Lösung in den Sphäriten ein und greift die Einzelkrystalle so lange an, bis der Alcohol der Mutterlauge wieder entzogen ist. Nun wächst der Sphärokrystall weiter und zeigt dann zwei scharfe Linien, von denen die eine die Grenze markirt, bis zu welcher die Mutterlauge eindrang, die zweite (äussere) aber den Wiederbeginn des unterbrochenen Appositionswachthums bezeichnet.

In den vorstehenden Erörterungen glaube ich das Wesentlichste unserer dermaligen Kenntnisse über Entstehung, Wachstum und Bau der Sphärite angeführt zu haben. Man wird aus diesen Mittheilungen ersehen, dass über viele Punkte und schon in Bezug auf die mikroskopisch leicht zu beobachtenden Verhältnisse und ohne Rücksicht auf die theoretischen Vorstellungen, die erwünschte Uebereinstimmung nicht besteht. So hielt ich es für kein überflüssiges Unternehmen, die Lösung einiger noch nicht erledigter Fragen zu versuchen. Ich habe es dabei für zweckmässiger gehalten, einige wenige und schon studirte Objecte, über welche widersprechende Behauptungen vorliegen, nochmals vorzunehmen, als durch Ausdehnung der Beobachtungen auf zahlreiche Objecte die Angaben über die gröbere Structur der Sphärite, über die chemische Natur der so zur Ausscheidung gelangenden Substanzen, ihre Vertheilung in den Geweben zu vermehren²⁾. Denn so viel ist ja vollkommen klargelegt, dass die verschiedensten Stoffe in Form sphäroidaler Gebilde mit mehr oder weniger deutlich ausgesprochener innerer Structur zur Ausscheidung gelangen können, und ebensowenig kann darüber ein Zweifel sein, dass ein gewisses Maass von pectinöser Beschaffenheit der Mutterlauge, die ebensowohl durch die in Lösung befindliche und zur Ausscheidung gelangende Substanz selbst, als auch durch beigemengte Stoffe bedingt sein kann, ein wesent-

1) Bot. Zeitg., 1884, p. 334.

2) Eine vollständige Zusammenstellung aller in Pflanzen bis jetzt beobachteten Sphärokrystalle gab PIROTTA (Annuario del istituto bot. di Roma, II, fasc. 2, p. 65) in seiner Abhandlung über die Sphärokrystalle von *Pithecoctenium clematideum*.

liches Moment für ihre Bildung ist. So ist es erklärbar, dass Pflanzen mit schleimigen Säften, wie cactusartige Euphorbien und Asclepiadeen und allgemein die Succulenten, so günstige Objecte für die Entstehung solcher Gebilde in Folge der Einwirkung des Alcohols abgeben, und wenn bei Cacteen schon in der lebenden Zelle das Calciumoxalat in gleicher Form zur Ausscheidung gelangen kann¹⁾, so dürfte wohl auch hier dieselbe Ursache zu Grunde liegen. Ebenso ist es bekannt, aber zu wenig berücksichtigt, dass die Entstehung der Sphärokrystalle, ihre Grösse und der Ort ihres Auftretens von der Schnelligkeit abhängig ist, mit welcher der Alcohol in den Geweben vordringt, und von der Richtung, in welcher dieses Vordringen stattfindet, da natürlich dadurch auch die Richtung der Diffusionsströme bestimmt wird.

Wenn in nicht zu dicken, aus *Dahlia*-Knollen geschnittenen Querscheiben die Inulinsphärite sich vorzüglich um die Tracheenzüge anhäufen und das von diesen entferntere Parenchymgewebe solche nur vereinzelt einschliesst, so liegt der Grund eben darin, dass beim Einlegen der Scheiben in Alcohol zuerst die Tracheen injicirt werden und von diesen aus das Vordringen des Alcohols stattfindet. Eine solche Vertheilung der Sphärite ist nicht zu beobachten, wenn unverletzte Knollen eingelegt werden. Legt man kleinere Caulomstücke cactusartiger Euphorbien oder solche von Stapelien oder von *Ceropegia stapeliaeformis* in Alcohol, so finden sich die massenhaft zur Ausscheidung gelangenden Calcophosphatsphärite durch das ganze Parenchymgewebe der Rinde wie des Markes; stellt man aber nur eine Querschnittsfläche her, oder noch besser, schafft man Verhältnisse, dass das Eindringen des Alcohols nur durch die unverletzte Oberhaut erfolgen kann, so finden sich die Sphärite, und zwar in enormer Grösse, fast nur im äusseren Rindenparenchym, während sie im Marke fast ganz fehlen und auch in der inneren Rinde nur vereinzelt und in viel geringerer Grösse vorkommen. Da ferner die starke Verdickung der Epidermiszellen und die mächtige Cuticula ein rascheres Eindringen der Einlegeflüssigkeit nicht gestatten, so wird diese vorzüglich von den Spaltöffnungen und mittelbar von den Athemhöhlen aus in das Gewebe vordringen; an diesen Stellen und um dieselben wird jener Grad der Concentration zuerst erreicht und erhalten werden können, welcher für die Ausfällung der aus den Zellen herausdiffundirenden Stoffe erforderlich ist, und für welche diese Stellen gewissermaassen

1) MÖBIUS in Ber. d. D. bot. Ges., 1885, p. 178.

Anziehungscentra darstellen. Dies erklärt uns die so häufig zu beobachtende Thatsache, dass die Athemhöhlen mit Sphäriten erfüllt sind oder die Centra für die Ausbildung bis 1 Mm. grosser, sphäritischer Aggregate darstellen, die, mit flacher Basis der Epidermis ansitzend, halbkugelig in das Rindengewebe vorragen. Sehr häufig befindet sich genau im Mittelpunkte ihrer kreisförmigen Basis eine Spaltöffnung oder eine Gruppe solcher, so dass über die Beziehungen der Spaltöffnungen zur Ausscheidung der Sphärite kein Zweifel sein kann (Taf. IX, Fig. 25). Schon mit freiem Auge betrachtet, erscheint die Oberfläche derart behandelter Caulome mit weissen, kreisrunden, meist von einem helleren Saume (davon später) eingefassten Flecken besetzt — den durch die Oberhaut durchscheinenden Sphäriten.

Ich wende mich nun zur Mittheilung einiger Specialuntersuchungen.

2. Die Sphärokrystalle des Inulins.

(Tafel VIII.)

Wenn man einem frischen, aus *Dahlia*-Knollen gewonnenen und unter dem Deckglase liegenden Schmitte seitlich Glycerin zutreten lässt, so besteht die erste in der inulinhaltigen Zelle zu beobachtende Veränderung darin, dass das früher vorhandene ölartige Aussehen des Inhaltes und dessen gelblicher Farbenton etwas deutlicher hervortritt, was wohl in der durch die beginnende Wasserentziehung eintretenden Zunahme der Concentration des Zellsaftes seine Erklärung findet. Wenig später beginnt sich nun der Inhalt und zuerst nur stellenweise von der Wand zurückzuziehen. Erfolgen diese localisirten Abhebungen des Inhaltes (inclusive des ungemein dünnen Plasmasackes) an sehr vielen Stellen, so erscheint die Zellwand in Flächenansicht mit zahlreichen hellen Flecken besetzt und man erhält den Eindruck, als ob der Inhalt schaumig geworden wäre (Fig. 1, Zelle a). Von diesem primären Stadium an gestaltet sich aber der weitere Vorgang in den einzelnen Zellen sehr verschieden. Ich will im Nachfolgenden die wichtigsten Modificationen desselben anführen:

1. Ein ziemlich häufiger Fall ist der, dass die Lostrennung des Plasmasackes von der Wand der Zelle immer weiter fortschreitet und dass dieser sich endlich zu einer mit dem ölartigen Inhalte erfüllten Blase zusammenzieht. So entstehen die schon von PRANTL gesehenen ölartigen Tropfen, und es scheint aus seinen Mittheilungen hervorzugehen, dass auch er, wenigstens öfters, ihre plasmatische Hülle gesehen hat. Diese Kugeln sind natürlich keine Sphärokrystalle; aber

sie bilden sich auch nie als solche zu Sphärokrystallen um, sondern sind eben der in Folge der Wasserentziehung contrahirte Zellinhalt. Die Contraction geht aber — wie in so vielen ähnlichen Fällen — nicht immer in so regelmässiger Weise vor sich. Besonders bei langgestreckten Zellen können sich auch zwei (seltener mehr) Inhaltsklumpen bilden, die anfangs noch durch den ausgezogenen Plasmasack verbunden sind, später aber nach Durchreissung desselben vollkommen getrennt werden können. In diesen Kugeln können sich nun die Sphärokrystalle des Inulins abscheiden (ich werde später darauf zurückkommen); es können dieselben aber auch durch mehrere Stunden unverändert bleiben und endlich verschwinden. Letzteres geht in der Weise vor sich, dass vorerst wieder eine kleine, oft von geringen Formveränderungen begleitete Volumenzunahme stattfindet, worauf die plasmatische Hülle platzt, der hyaline Inhalt austritt und sich vertheilt. Die Zelle scheint dann vollkommen entleert, und nur bei genauer Beobachtung erkennt man in ihr das stark geschrumpfte Plasmahäutchen, welches aber bei Carminfärbung (natürlich nach vorheriger entsprechender Behandlung des Schnittes) und häufig sammt dem ihm irgendwo anhaftenden Zellkern auf das deutlichste hervortritt (Zelle *c*). Die dem Platzen vorausgehende Volumzunahme ist offenbar die Folge des Wiedereintrittes von Wasser, das dem die Zelle umgebenden und durch das in den Geweben enthaltene Wasser stark verdünnt gewordenen Glycerin wieder entrissen wird. Dass dieses richtig ist, ersieht man daraus, dass ein solches Platzen nicht eintritt, wenn man durch öfteres Absaugen und Wiederezusatz von concentrirtem Glycerin eine solche successive Verdünnung der Einlegeflüssigkeit verhütet, dass aber Volumzunahme und Platzen der Blase sogleich erfolgt, wenn man die Verdünnung durch Wasserzusatz plötzlich steigert. In dieser Weise erklärt sich also die Angabe PRANTL's, dass die öligen Tropfen bei Wasserzusatz sofort verschwinden¹⁾.

Der im Vorstehenden beschriebene Vorgang ist im Allgemeinen dadurch charakterisirt, dass die Contraction des Zellinhaltes nicht zugleich von einer Ausfällung der im Zellsafte gelösten Stoffe begleitet

1) KRAUS (Bot. Zeitg., 1877, p. 331) beobachtete ebenfalls dieses plötzliche Verschwinden einzelner, durch Glycerinzusatz entstandener, ölartiger Tropfen, während sich andere zu Sphärokrystallen umbilden sollen. Nur jene Tropfen, welche letztere Metamorphose durchmachen, hält KRAUS für Inulinlösung, während erstere aus Zucker bestehen sollen. Dass diese „morphologische Reaction“ auf Zucker aber unsicher ist, hat in letzter Zeit auch HANSEN gezeigt.

ist, welche dann entweder später erfolgen oder auch ganz unterbleiben kann.

2. Es kann aber auch geschehen, dass die Ausfällung schon während der Contraction des Plasmaschlauches, oder ohne dass eine solche überhaupt stattfindet, ihren Anfang nimmt. Die Ausfällung beginnt immer an einem Ende der Zelle (der Stelle der ersten Glycerineinwirkung) und setzt sich von dort aus allmählich über den ganzen Zellraum fort. Es bildet sich entweder ein ungemein feinkörniger Niederschlag, der an der Stelle, wo er zuerst erfolgt, am dichtesten ist und gegen das andere Zellende immer lockerer wird, wobei auch die Körnchen nur wenig grösser werden (Zelle *d*); oder die Grösse der Körnchen steigert sich von der Stelle der ersten Ausscheidung sehr rasch; es bilden sich zahlreiche, dicht an einander liegende und häufig zu Aggregaten verwachsene (Zelle *e* und *f*) Kügelchen, oder es entstehen nur wenige grössere Kugeln (Zelle *g*), welche sich in allen ihren Eigenschaften als wahre Sphärokrystalle zu erkennen geben. Es ist nicht gerade leicht, ihre Bildung vom ersten Sichtbarwerden an zu verfolgen; nicht deshalb, weil die Beobachtung an sich schwierig wäre, sondern weil es rein vom Zufalle abhängig ist, ob sich in der eben der Beobachtung unterworfenen Zelle die Vorgänge der Ausscheidung in dieser oder in anderer Weise abspielen. Hat man aber ein günstiges Entwicklungsstadium getroffen, so kann man sehen, wie die Sphärite als kleine Körnchen entstehen, successive an Grösse zunehmen, dadurch mit einander in Berührung kommen und endlich verwachsen. Solange sie noch sehr klein sind, lässt sich an ihnen eine Doppelbrechung allerdings nicht constatiren, aber ganz unzweifelhaft ist es, dass sie, wenn sie endlich unter dem Polarisationsmikroskop das dunkle, orthogonale Kreuz zeigen, noch weiter an Grösse zunehmen und unter sich verwachsen können. Ich werde später noch eine andere, das Appositionswachsthum der Inulin-sphärite beweisende Beobachtung mittheilen und will früher noch einer anderen, freilich nur selten zu beobachtenden Form der Ausscheidung gedenken: sie besteht im Allgemeinen darin, dass in dem fein granulösen Niederschlage die feinen Körnchen an einer oder mehreren Stellen viel dichter gehäuft sind, so dass kugelige, mehr oder weniger scharf umgrenzte Gruppen derselben deutlich hervortreten. Solche kugeligen Körnchenanhäufungen kommen nicht gerade selten vor und wären auch nichts Auffallendes. Wohl aber ist es höchst bemerkenswerth, dass, freilich in sehr seltenen Fällen, die Lage der Körnchen einer solchen Gruppe keine regellose ist, sondern dass ganz

deutlich eine Anordnung derselben in Radialreihen zu beobachten ist. Ich habe in der Zelle *h* einen solchen Fall so genau als möglich zu copiren versucht: das Bild stellt die kugelige Körnchenaggregation im optischen Durchschnitte dar. Die radialen Körnchenreihen treten in einer kreisförmigen Zone am deutlichsten hervor und sind hier am dichtesten gedrängt; da aber die Radialreihen der Körnchen sich noch über diese Zone hinaus und ebenso nach der Kugelmitte hin — wenn auch mit weniger Regelmässigkeit und in viel lockerer Reihung — fortsetzen, so erscheint die Kugelschale weder nach innen, noch nach aussen scharf begrenzt. Wir müssen diese Bildungen als Zwischenformen zwischen den eigentlichen Sphärokrystallen und dem völlig amorphen Körnchenniederschlag ansehen, als Uebergangsformen also, in denen die Primitivkörperchen zwar nach centraler Anziehung geordnet erscheinen, eine krystallinische Umformung aber nicht stattgefunden hat¹⁾. Es ist dies aber nicht in dem Sinne aufzufassen, als ob diese kugeligen Körnchenaggregate mit mehr oder weniger deutlich ausgesprochener radialer Reihung der Körperchen gewissermaassen Entwicklungszustände der Sphärokrystalle darstellen würden, in welche sie sich eventuell auch umzuwandeln vermöchten. Dies ist nicht der Fall. Die Bildungen sind definitive; nie, soweit meine Beobachtungen reichen, entstehen Sphärokrystalle aus körnigen Niederschlägen; sie bilden sich immer unmittelbar im hyalinen Zellinhalt und nehmen aus diesem den Stoff zu ihrer Vergrösserung. Am schönsten ist ihre Bildung wohl zu verfolgen innerhalb jener sub 1 erwähnten, mit hyalinem Inhalte erfüllten Blasen, welche bei langsamer Einwirkung von Glycerin in Folge der Contraction des Plasmaschlauches gebildet werden.

Ich theile im Nachfolgenden eine Beobachtung mit, wo es gelang, die Entstehung und das Wachsthum eines Sphärokrystalles unmittelbar und lückenlos zu verfolgen, und welche zeigen wird, wie und unter welchen Umständen ein denselben umhüllendes Plasmahäutchen, dessen Existenz von manchen Beobachtern ganz geleugnet, von anderen wieder an jedem Sphärokrystalle angenommen wurde, gebildet werden kann:

Ein frisch angefertigter, auf einen Objectträger gelegter Schnitt wurde zur Hälfte mit einem Deckgläschen bedeckt und seinem freien,

1) Vergl. VOGELANG, l. c. p. 89 und 134. Es wären die Bildungen im Sinne dieses Forschers als „Globosphäriten“ zu bezeichnen, während die oben erwähnten, die keine radiale Anordnung der Bestandtheile erkennen lassen, den „Cumuliten“ zuzuzählen wären.

unbedeckten Ende ein Tropfen Glycerin aufgesetzt. Es konnte so das Glycerin nur sehr langsam in die unter dem Deckglase liegenden Gewebetheile vordringen, und es war dadurch eine möglichst langsame Einwirkung auf die Zellinhalte zu Stande gebracht. Es wurde nun eine Zelle, in welcher die Abhebung des Inhaltes von der Membran (in der oben beschriebenen Weise) bemerkbar geworden war, fixirt. Nach ungefähr einer Viertelstunde war der Inhalt zur Kugel zusammengezogen, an deren Oberfläche der ungemein dünne, mit zurückgezogene plasmatische Wandbeleg nur an jenen Stellen erkennbar war, wo er von der Zellwand sich nicht losgetrennt hatte und so in trichter- oder bandförmige, von der Oberfläche der Kugel ausgehende und bis zur Zellwand reichende Fortsätze ausgezogen erschien (Figur 2 a). Wenige Minuten später wurde in dem durchaus homogenen, das bekannte ölartige Aussehen zeigenden Kugelinhalte ein stark lichtbrechendes Körperchen sichtbar, welches, nachdem es sich bis 12 Mik. Durchmesser vergrößert hatte, sehr deutlich hexagonalen Umriss¹⁾ zeigte. Bei 15 Mik. D. war es deutlich doppelbrechend; bei 20 Mik. D. zeigte es in voller Schärfe das dunkle, orthogonale Kreuz. Es wuchs nun weiter bis auf 50 Mik. D., wobei aber die anfangs scharfen Winkel des Hexagons immer undeutlicher wurden, und der Umriss sich immer mehr dem eines Kreises näherte. Der ganze Vorgang, vom ersten Sichtbarwerden des Körperchens bis zu dem Stadium, wo ein weiteres Wachsthum nicht mehr zu beobachten war, dauerte etwa 20 Minuten. Hinzufügen möchte ich noch, dass in dem Krystalliten (Sphärokrystalle!) sich schon bei 40 Mik. D. mehrere vom Centrum ausgehende, radial verlaufende Sprünge gebildet hatten.

Während des eben beschriebenen Wachsthumsvorganges des Krystalliten wurde der Inhalt der Kugel immer schwächer lichtbrechend; endlich begann ihre plasmatische Hülle unter Zerreißung der bis an die Wand reichenden Fortsätze zu schrumpfen und stellte nun ein den Sphärokrystall umschliessendes Häutchen dar, welches als selbstständiges Gebilde nur an den Stellen deutlich hervortrat, wo es der Oberfläche nicht dicht aufgelagert war (Fig. 2 b).

Stadien, wo die noch prallen Inhaltsblasen unzweifelhafte Sphärokrystalle einschliessen, sind häufig aufzufinden, wenn die Schnitte in der oben angegebenen Weise behandelt werden. Ich habe in Fig. 1 einige solche Zustände dargestellt: in der Zelle *i* liegen in der voll-

1) Ich komme später auf diese polyedrischen Ausscheidungsformen zurück.

kommen kugeligen Blase 3 Sphärite (2 sind unter sich verwachsen); in der Zelle *k* finden sich zwei randständige Sphärite mit deutlich erkennbaren Plasmahäutchen an ihrer Aussenseite; in der Zelle *l* ist die Contraction des Inhaltes ganz unregelmässig erfolgt; der Sphärokrystall erscheint wieder randständig, ist aber als Halbkugel entwickelt. Es ist dies ein sehr häufiger Fall und kommt offenbar dann zu Stande, wenn die Bildung des Sphärokrystalles ganz an der Peripherie der Inhaltsblase und dicht an ihrem plasmatischen Ueberzuge stattfindet. Wieder ein anderer, ebenfalls nicht seltener Fall ist in der Zelle *m* dargestellt: die contrahierte Inhaltmasse zeigt eine Einschnürung, welcher sich der wohl an dieser Stelle angelegte Sphärokrystall (der innere Contour zeigt seine Umgrenzung) genau anschmiegt hat.

Die eben beschriebenen Stadien stellen natürlich insoweit keine definitiven Zustände dar, als die den Sphärokrystall umschliessende Blase nicht erhalten bleibt, sondern in der oben beschriebenen Weise langsam zerstört wird. Die Zerstörung erfolgt aber plötzlich, wenn man durch Wasserzusatz die Einlegeflüssigkeit stark verdünnt. Wieder beobachtet man in diesem Falle vorerst eine geringe Volumzunahme, und es tritt dann Platzen des Hüllhäutchens ein, das sich dann, rasch schrumpfend, in weiteren oder engeren Falten an den unverändert bleibenden Sphäriten anlegt.

Ich glaube, dass die oben gegebene Beschreibung einiger der häufiger vorkommenden Fälle genügen wird, um die zahlreichen noch zu beobachtenden Modificationen bezüglich der Lage und der Form der Sphäriten und des Vorhandenseins oder Fehlens des Hüllhäutchens in jedem einzelnen Falle zu verstehen.

Wenn nach der oben gegebenen Darstellung bei der Bildung des Hüllhäutchens der sich contrahierende protoplasmatische Wandbeleg so wesentlich betheilig ist, so sollte man eigentlich an irgend einer Stelle desselben den mit zurückgenommenen Zellkern wahrnehmen, und ebenso sollte derselbe an der Oberfläche jener Blasen (vor ihrer Schrumpfung) gefunden werden können, um so mehr, als er in Zellen, in denen eine Contraction des Plasmasackes nicht erfolgt ist, diesem und der Zellwand anliegend, auch ohne weitere Tinctionsmittel in der Regel leicht erkannt werden kann. Im contrahierten Wandbelege aber sucht man in der Regel ganz vergeblich nach demselben und es ist zu seiner Nachweisung die Anwendung von Tinctionsmitteln absolut nicht zu umgehen. An in Glycerin liegenden Präparaten ist die Tinction aber äusserst schwer durchzuführen und es bedarf eines länger

dauernden Auswaschens mit Wasser und Alcohol, bis die nun zugesetzte Tinctionsflüssigkeit (ich verwendete meist wässriges Methylenblau) in den namentlich weiter nach der Mitte des Schnittes gelegenen Zellen ihre Wirksamkeit äussert. Hat man aber die genügende Sorgfalt angewendet, so tritt in dem contrahirten und gleichfalls tingirten Wandbelege auch der Zellkern deutlich genug hervor.

Die Entstehung der Sphärokrystalle in den offenbar eine stark übersättigte Inulinlösung enthaltenden Tropfen ist also ein einfacher Krystallisationsprocess, der natürlich von dem Vorhandensein des den Tropfen überziehenden Plasmahäutchens ganz unabhängig ist. Es kann sich dieses Häutchen später dem Sphäriten auflagern und dann eine scheinbar ihm zugehörige Bildung darstellen; es kann aber die Auflagerung ganz unregelmässig oder nur stellenweise erfolgen, in welchem Falle es schon in Folge seiner Lage als ein nicht nothwendiger Bestandtheil jenes erkannt wird. Es kann auch, wie ich schon oben hervorgehoben habe, Sphäritenbildung innerhalb der Zelle eintreten, ohne dass überhaupt eine Contraction ihres plasmatischen Wandbeleges erfolgt; — an solchen Sphäriten fehlt dann natürlich jede Spur eines Hüllhäutchens.

In allen diesen Fällen aber geht die Krystallisation innerhalb des Plasmasackes und im Zellsafte vor sich, und ich konnte an frischen, in Glycerin gelegten Schnitten grössere, als solche deutlich erkennbare Sphärokrystalle in dem Raume zwischen Zellwand und contrahirtem Plasmasacke nie beobachten, wenn auch kleinere Kügelchen, deren Inulinatur die angewendeten Reactionen wenigstens nicht widersprachen, an besagtem Orte öfters aufgefunden wurden. Es diffundiren eben unter diesen Verhältnissen nur geringe Mengen Inulins durch den sich contrahirenden Plasmasack. Anders gestaltet sich aber natürlich die Sache, wenn Knollenstücke in Glycerin gelegt werden. Hier ist in Folge der langsamen Einwirkung des Glycerins eine Diffusion viel leichter und die Bildung der massigen Sphäritaggregare und ihr Auftreten, selbst in den Tracheen, ist ja eine allbekannte Thatsache.

Die in der oben geschilderten Weise in ihrer Bildung beobachteten Sphärokrystalle lassen öfters schon während ihres Wachsthums im polarisirten Lichte deutliche Schichtung wahrnehmen, und auch die radiale Streifung kann manchmal durch Zusatz verdünnter Säuren sichtbar gemacht werden. Sie haben also unzweifelhaft dieselbe Structur, wie die ausserhalb der Zellen aus wässrigen Inulinlösungen zur Ausscheidung gelangenden Sphärite, und verhalten sich auch den Reagentien gegenüber genau wie diese.

Ich versuchte nun auch, die Entstehung und das Wachstum der Inulinsphärite durch Zusatz von Alcohol hervorzurufen. Dass bei Behandlung frischer Schmitte mit Alcohol in einigen Zellen schon nach wenigen Minuten grössere Kugeln und Kugelaggregate gebildet werden können, ist schon von SACHS gezeigt worden, und es kann nach ihrem Verhalten im polarisirten Lichte kein Zweifel sein, dass sie nicht Flüssigkeitströpfchen sind, sondern alle Merkmale wahrer Sphärokrystalle an sich tragen. In den Vorgang ihrer Entstehung und ihres Wachstums konnte ich aber nicht jenen deutlichen Einblick gewinnen, wie es mir bei Anwendung von Glycerin möglich war, und ich begnügte mich, zu constatiren, dass diese Kugeln auch dann noch an Volumen zunehmen und unter sich verwachsen können, wenn sie schon deutlich doppelbrechend sind und das dunkle Kreuz zeigen. Der Grund, warum bei Alcoholbehandlung die Beobachtung viel schwieriger wird, liegt darin, dass einmal grössere Kugeln überhaupt viel seltener entstehen, dann aber auch in dem Umstande, dass sie nie die einzige Form der Ausfällung innerhalb einer Zelle darstellen, sondern immer zugleich mit einem feinkörnigen Niederschlage sichtbar werden. Die Einwirkung des Alcohols ist eben eine viel raschere und eine viel energischere als die des Glycerins: der feinkörnige Niederschlag bildet sich fast im Momente der Einwirkung des Fällungsmittels auf die Zelle, wobei die Contraction des plasmatischen Wandbeleges entweder vollkommen unterbleibt oder über das Anfangsstadium nicht hinauskommt — lauter Erscheinungen, wie wir sie auch bei rascher Einwirkung des Glycerins zu beobachten Gelegenheit haben (vergl. Fig. 1, Zelle *d*, *e*, *f*).

Hier wie dort ist es ferner nicht möglich zu sagen, inwieweit der feinkörnige Niederschlag dem Inulin allein angehört oder durch Beimengung noch anderer Ausfällungsproducte (Asparagin, Tyrosin, Calciumphosphat) gebildet wird, und ebensowenig, inwieweit die gleichzeitige Ausfällung dieser Stoffe die Ausbildung grösserer Inulinsphärite zu beeinflussen vermag.

Dass das Inulin aus seinen Lösungen auch ausserhalb der Pflanze in Form von Sphärokrystallen ausgeschieden wird, ist schon von SACHS gezeigt worden, der auch die Bedingungen erforschte, unter welchen diese Form der Ausscheidung in besonderer Schönheit zu Tage tritt. Es handelt sich im Wesentlichen immer um eine möglichste Verlangsamung des Ausscheidungsvorganges, was am besten in der Weise erreicht wird, dass man verdünnte Inulinlösungen ruhig stehen lässt, wo sich dann in Folge der allmählichen Verdunstung der Flüssigkeit

an ihrem oberen Rande und ebenso am Boden des Gefässes Krusten absetzen, welche aus dicht zusammengedrängten, oft aber auch aus fast vollkommen isolirten Sphärokrystallen bestehen. Viel rascher kommt man zum Ziele, wenn man die Fällung mit sehr wenig Alcohol vornimmt, was am besten in der von SACHS angegebenen Weise dadurch zu erreichen ist, dass man verdünnte Inulinlösungen vorsichtig mit Alcohol überschichtet.

Sind diese Methoden wohl geeignet, schöne und grosse Sphärite (SACHS erhielt solche bis zu 60 Mik. Durchmesser; ich fand gar nicht selten doppelt so grosse) zu erzielen, so genügen sie natürlich nicht, wenn es sich darum handelt, den Vorgang ihrer Entstehung und ihres Wachstums zu erforschen.

Dies gelingt aber in der vollkommensten Weise, wenn man die Abscheidung des Inulins aus seiner wässerigen Lösung im Hängetrophen verfolgt, und es ist mir unbegreiflich, wie man diese Methode, deren Anwendung doch so nahe liegt, bis nun meines Wissens noch nie versucht hat.

Aus später anzugebenden Gründen ist es zweckmässig, zur Aufnahme des Wassertropfens grössere Deckgläschen zu benutzen und sie auf Glasrahmen aufzulegen, die sich ohne Schwierigkeit aus Objectträgern herstellen lassen.

Gibt man nun auf ein gut gereinigtes Deckgläschen einen Tropfen destillirten Wassers, in die Mitte desselben eine kleine Menge von Inulin und erwärmt nun vorsichtig, so tritt endlich ein Moment ein, wo die Lösung plötzlich erfolgt und der Flüssigkeitstropfen vollkommen klar wird. Es geschieht dies, wie wir seit SACHS wissen, bei einer Temperatur von 55° C, und ebenso weiss man, dass dadurch eine chemische Veränderung des Inulins (Zuckerbildung) noch nicht bewirkt wird. Wenn man nun — nach vollkommener Lösung des Inulins — das Deckgläschen umgekehrt auf den Glasrahmen legt und das Mikroskop auf den Tropfenrand einstellt, so lässt sich die Entstehung und das Wachstum der Sphärite auch mit stärkeren Objectiven (ich benutzte HARTNACK 5, 7 und 8) unmittelbar verfolgen.

Ich bemerke vorerst, dass es zweckmässig ist, nicht zu grosse Wassertropfen zu verwenden, um dieselben beim Umwenden des Deckgläschens in dessen Mitte zu erhalten und die Benetzung des Randes zu vermeiden; andererseits ist aber auch die Anwendung zu kleiner Tropfen deshalb unvortheilhaft, weil dann die Abkühlung der Flüssigkeit und ihre Verdunstung und in Folge dessen auch die Ausfällung des Inulins so rasch erfolgt, dass die Entstehung grösserer Sphärite

ganz unterbleibt und nur ungemein feinkörnige Randkrusten gebildet werden. Was die Menge des zu verwendenden Inulins betrifft, so ist dies natürlich von der Grösse des Wassertropfens abhängig; doch kann man im Allgemeinen sagen, dass nicht zu starke Lösungen vortheilhafter sind, weil der Beginn der Ausscheidung etwas verzögert und auch das Wachsthum der Sphärite verlangsamt wird. Aber auch zu stark verdünnte Lösungen sind — um Zeit zu ersparen — zu vermeiden, weil dann der Beginn der Ausscheidung zu weit hinausgeschoben wird, während es natürlich höchst wünschenswerth ist, die eigentliche Beobachtung bald nach Herstellung des Präparates beginnen zu können. Man findet übrigens schon nach wenigen Vorversuchen das entsprechende Mengenverhältniss heraus und erlangt soviel Uebung, dass man — wie ich zeigen werde — selbst die Entstehung bestimmter Ausscheidungsformen bis zu einem gewissen Grade in seiner Hand hat.

Was nun das Material selbst betrifft, so ist es ganz gleichgültig, ob man das als glänzend weisses Pulver erscheinende sogenannte reine Inulin, oder das stärker und namentlich durch Calciumphosphat verunreinigte, bräunliche Präparat verwendet. Ja es ist nicht einmal eine nach den bekannten Methoden ausgeführte Reindarstellung des Stoffes nöthig, und ich werde zeigen, dass — wie es auch ARTH. MEYER für die sphäritischen Abscheidungsformen mehrerer Zuckerarten fand — die Schichtung viel schöner und vollkommener wird, wenn die Lösung bis zu einem gewissen Grade durch andere Stoffe verunreinigt wird.

In dem in der oben angegebenen Weise hergestellten Hängetropfen beginnt nun sehr bald die Ausscheidung des Inulins. Sie ist bedingt durch die zunehmende Concentration der Lösung in Folge der Verdunstung der erwärmten Flüssigkeit, aber auch durch die allmähliche Erkaltung dieser. Um nun letzteren Vorgang möglichst zu verlangsamen, empfiehlt sich eben die Anwendung grösserer Deckgläschen und aus demselben Grunde ist es zweckmässig, auch die als Träger zu verwendenden Glasrahmen etwas vorzuwärmen.

Die erste Veränderung, die man in der anfangs vollkommen wasserhellen Flüssigkeit beobachtet, besteht darin, dass dieselbe am Rande des Tropfens einen gelblichen Ton und ein ölartiges Ansehen gewinnt. In ihr werden nun, bald ganz am Rande, bald etwas von diesem entfernt, das Licht stärker brechende Pünktchen sichtbar, die immer zahlreicher werden, sich sehr rasch vergrössern und mit einander verwachsen. Es bildet sich auf diese Weise eine Kruste, welche an ihrem inneren Rande durch Vergrösserung der randständigen Kügelchen und durch Anwachsen neu aufgetretener durch längere Zeit

Zuwachs erhält. Ist der Flüssigkeitstropfen ziemlich tief, seine freie Oberfläche daher stark convex, so sieht man deutlich, wie sich die Kruste der Tropfenoberfläche entlang aufbaut, und man erkennt an ihrer concaven Innen-(dem Beobachter zugewendeten)fläche die halbkugeligen Hervorwölbungen der sie zusammensetzenden Sphärite.

So lange die Kügelchen noch sehr klein sind, lässt sich eine Doppelbrechung mit Sicherheit nicht nachweisen, zweifellos aber ist es, dass sie, wenn sie endlich auf das polarisirte Licht wirken und in voller Deutlichkeit das dunkle, orthogonale Kreuz zeigen, sich noch fortwährend vergrössern und unter sich verwachsen können. Um ein paar specielle Beispiele anzuführen, maass eine frei in der Flüssigkeit schwimmende, unter dem Polarisationsmikroskope das dunkle Kreuz zeigende Kugel 15 Mik., eine Minute später war sie auf 25 Mik. D. herangewachsen. Eine andere, ebenfalls optisch wirksame Kugel von 12 Mik. D. wuchs binnen zwei Minuten bis auf 20 Mik. D., eine dritte von 32 Mik. D. binnen einer Minute auf 45 Mik. D. heran.

Je weiter der Krustenrand centripetal vorrückt, desto kleiner bleiben die vor ihm auftretenden und später an ihn anwachsenden Kügelchen und desto langsamer erfolgt auch ihre Vergrösserung. Endlich steht das Wachsthum der Kruste wie der Kügelchen vollkommen still, obwohl in der Mutterlauge noch reichlich Inulin in Lösung ist. In dem Maasse nämlich, als die Verdunstung der Flüssigkeit fortschreitet und der Tropfen flacher wird, werden immer neue kugelige Ausscheidungsproducte sichtbar, die theils isolirt, theils zu einfachen oder verzweigten Ketten sich zusammenlegend, nach vollkommener Abtrocknung am Deckgläschen einen dünnen, gummiartigen Belag bilden, der sich von der glänzend weissen, von grösseren radialen Sprüngen durchzogenen Randkruste scharf abhebt. Es sind diese Kügelchen aber — wenigstens insoweit, als die Untersuchung ihrer physikalischen Eigenschaften einen Schluss erlaubt — keine Sphärokrystalle, sondern sie bestehen aus amorpher Substanz, entstanden durch Erstarrung von Tröpfchen einer stark übersättigten Lösung. Schon von ihrem ersten Sichtbarwerden an sind sie von den Sphärokrystallen (gleicher Grösse) durch ihr viel geringeres Lichtbrechungsvermögen auf den ersten Blick zu unterscheiden, nie finden sich solche zwischen ihnen zerstreut, woraus wohl geschlossen werden darf, dass sie sich auch nicht zu krystallinischen Gebilden umzuwandeln vermögen. Die zu Sphärokrystallen heranwachsenden Kügelchen sind von ihrem ersten Auftreten an krystallinisch; sie wachsen wie echte Krystalle so lange, als die sie umgebende Lösung den durch das Wachsthum jener bewirkten Substanz-

verlust durch Diffusion noch zu ersetzen vermag, so lange also, als die sie umspülende Mutterlauge auf jenem Grad der Uebersättigung erhalten werden kann, bei dem ein Krystallwachstum überhaupt noch möglich ist. Mit der durch die fortschreitende Verdunstung des Lösungsmittels zunehmenden Viscosität der Lösung wird aber die Beweglichkeit der Substanzmolekel immer geringer, die Vermittlung des Stoffzufflusses durch Diffusion wird eine ungenügende und die Grenze des Krystallwachstums ist damit erreicht. Noch aber ist die Beweglichkeit der Molecüle insoweit ermöglicht, als sie eine Scheidung der Mutterlauge in Theile verschiedener procentischen Zusammensetzung gestattet — es tritt Bildung von Tröpfchen ein, welche endlich amorph erstarren.

Wenn die eben mitgetheilten Beobachtungen über die Bildung der Inulinsphärite in künstlich bereiteten Lösungen insoweit hinreichen, als sie keinen Zweifel darüber gestatten, dass das Wachstum durch Apposition erfolge, so lassen sie doch die Art dieses Wachstumsvorganges vollkommen unaufgeklärt, und namentlich geben sie uns keinen Einblick in das Zustandekommen der inneren Structur und besonders der häufig so deutlich hervortretenden Schichtung. Dazu ist eine genaue Beobachtung des Sphäritenrandes erforderlich, die aber an kugeligen Objecten durch die starke Randbrechung ungemein erschwert wird. Es ist aber nicht schwierig, die Sphärite in Form sehr flacher Scheiben zu erhalten, welche gewissermaassen als Kugeldurchschnitte nicht bloss die innere Structur viel deutlicher hervortreten lassen, sondern auch bis zu einem gewissen Grade einen Einblick in das Zustandekommen derselben zu gewähren im Stande sind.

Solche Inulinscheiben erhält man leicht, wenn die Krystallisation in sehr dünnen Flüssigkeitsschichten vor sich geht, wie sich solche häufig am Rande grösserer Tropfen bei beginnender Verdunstung des Lösungsmittels bilden, die man aus jenen aber auch durch Hin- und Herneigen des Deckgläschens erhalten kann. Ist die Lösung ziemlich concentrirt, so beginnt die Ausscheidung ungemein rasch und man findet unmittelbar nach Herstellung des Präparates schon grössere, im Wachstum begriffene Scheiben, deren Vergrösserung durch Auflagerung von Substanz man namentlich dann sehr leicht verfolgen kann, wenn die concentrische Schichtung deutlich hervortritt, in welchem Falle dann die schichtenweise Auflagerung jeden Zweifel über die Art des Wachstums ausschliesst. Die Schichtung ist um so deutlicher, je flacher die Scheiben sind, in je dünneren Flüssigkeitsschichten also ihre Bildung erfolgt, wobei weiter eine, freilich nicht zu weit gehende

Verunreinigung der Mutterlauge noch fördernd einwirkt¹⁾. Haben die Scheiben nicht eine zu geringe Dicke, so lässt auch ihr optisches Verhalten über ihre krystallinische Natur keinen Zweifel, und man kann zwischen gekreuzten Nikols in voller Deutlichkeit das dunkle Kreuz und die dem Appositionswachsthume entsprechende radiale Verlängerung der erhellten Quadranten unmittelbar verfolgen. Eine deutliche optische Wirkung fand ich noch an 6 Mik. dicken Scheiben, während bei noch dünneren dieselbe so schwach wird, dass eine genaue Beobachtung nicht mehr möglich ist. Sinkt nun die Dicke der Flüssigkeitsschicht noch weiter, so erscheint — wohl in Folge der Adhäsionswirkung der Glasfläche — die Krystallisation ganz gehemmt — es bilden sich der Glasfläche anhaftende, unregelmässige Flecken und Tröpfchen ölartigen Aussehens, die in dieser Form erstarren und sich nicht weiter verändern.

Es können aber solche Tröpfchen vor ihrer Erstarrung noch zum Ausgangspunkt der Bildung jener krystallinischen Scheibchen werden, was, wie ich glaube, dann der Fall ist, wenn in Folge einer etwas grösseren Dicke der Flüssigkeitsschicht die Krystallisationsbewegung in derselben bis zu einem gewissen Grade noch ermöglicht ist. Der Vorgang, wie er sich dem Beobachter darstellt, ist der, dass sich in den Tröpfchen vorerst eine Differenz zwischen Rand und Mitte in der Weise bemerkbar macht, dass jener an ölartigem Ansehen gewinnt, während diese immer heller wird. Zwischen gekreuzten Nikols erscheint jener als leuchtender, an 4 quadrantisch gelegenen Stellen unterbrochener Saum, während die Mitte (der Kern) optisch unwirksam ist. Wenn nun auch die Polarisationswirkung des Randes nicht geradezu als entscheidendes Kriterium seiner krystallinischen Structur aufgefasst werden darf, auch eine radiale Streifung nie deutlich hervortritt, so deuten doch die bei dem weiteren Wachsthume der Scheibchen zu besprechenden Erscheinungen darauf hin, dass diese Randzone aus dicht gedrängten, radial gestellten, feinen Nadelchen zusammengesetzt

1) Ich habe sehr schön geschichtete Scheiben ebenso bei Anwendung des rein weissen Inulinpulvers, als auch des stark verunreinigten bräunlichen Präparates erhalten. Die Krystallisation wird auch bei Gegenwart sämtlicher in Wasser löslicher Stoffe des Zelinhaltes nicht gestört. Der Rückstand, den man erhält, wenn man den heiss filtrirten wässrigen Extract zerschnittener Knollen in sehr flachen Schichten der raschen Verdunstung überlässt, kann ebenfalls zur Darstellung der Mutterlauge benutzt werden; selbst an dickeren Scheiben tritt da die Schichtung in der auffälligsten Weise hervor.

sei. Der innerhalb dieses krystallinischen Saumes gelegene Scheibentheil erscheint manchmal vollkommen homogen, manchmal aber, und namentlich an grösseren Scheibchen wechseln in ihm hellere und dunklere Partien, so dass er wie gefleckt aussieht, was wohl in Dichtigkeitsdifferenzen der (amorphen) Substanz seinen Grund haben wird. Eine regelmässige Vertheilung und Anordnung dieser hellen und dunkleren Partien tritt nicht hervor; wohl aber beobachtet man ausserdem an manchen Scheibchen stärker lichtbrechende, vom Rande aus radial verlaufende, nach innen immer zarter und undeutlicher werdende, selten das Scheibencentrum erreichende Leisten, welche vielleicht als nach innen vorspringende Krystallnadelchen (oder Nadelbündel) gedeutet werden können.

Wenn die Scheibchen ganz innerhalb des Tropfenrandes liegen, haben sie vollkommen kreisförmigen Umriss, wenn sie aber am Rande selbst ansetzen, so ist ihre Ausbildung eine einseitige und sie erscheinen dann meist als Scheibenhälften. Wie die Seitenansicht zeigt, sind diese Scheibchen an der einen (freien) Seite entweder mehr oder weniger gewölbt, also eigentlich Kugelabschnitte, oder sie sind wirkliche Tafelchen (in Folge der starken Convexität der Seitenflächen eigentlich Kugelzonen), oder, was aber seltener beobachtet wird, sie sind in der Mitte etwas vertieft (Fig. 15).

Die in der eben beschriebenen Weise durch nachträgliche Krystallisation im Tröpfchen gebildeten Scheibchen sind immer dadurch charakterisirt, dass sie einen schwach lichtbrechenden (oft wie eine Vacuole aussehenden) amorphen Kern besitzen, dessen Grösse von der Grösse des Tröpfchens im Momente des Beginnes der Randkrystallisation abhängig ist, und der natürlich in dem Maasse kleiner erscheint, als das Scheibchen durch späteren Randzuwachs vergrössert wird.

Viel häufiger als diese mit hellem, einer Vacuole ähnlichen Kern versehenen Scheibchen sind solche, wo derselbe krystallinisch ist. Es ist mir nicht wahrscheinlich, dass sie ebenfalls aus grösseren Tröpfchen etwa durch einen central beginnenden Krystallisationsprocess ihren Anfang nehmen können, wie dies A. MEYER für die Sphärökrystalle einer Zuckerart beschreibt¹⁾. Wenigstens habe ich etwas ähnliches nie gesehen. Sie erscheinen von ihrem ersten Sichtbarwerden an als glänzende, stark lichtbrechende, sich rasch vergrössernde Pünktchen, und stellen wahrscheinlich schon in diesem Zustande winzige, durch directe Krystallisation aus der Mutterlauge ausgeschiedene

1) Bot. Ztg., 1884, p. 328.

Sphärokrystalle dar. Wären sie ursprünglich Tröpfchen, so müsste man öfters ein Zusammenfließen sich berührender beobachten, oder ein Verschwinden der dem Rande wachsender Scheiben anliegenden, während in der That immer nur eine Verwachsung stattfindet.

Die Vergrößerung der Scheibchen lässt sich, wie schon erwähnt, unter dem Mikroskope unmittelbar verfolgen. Ist die Schichtung deutlich, so erkennt man, wie in centrifugaler Folge Schicht um Schicht aufgelagert wird, welche aus der vorrückenden, in Bezug auf Lichtbrechung und allgemeines Ansehen aber scheinbar unverändert bleibenden Randschicht successive hervortreten. Der Eindruck, den man erhält, ist eigentlich der, als ob die Auflagerung erst innerhalb dieser unverändert bleibenden Randzone stattfände, welche ähnlich einer Hüllhaut durch das Flächenwachsthum des Scheibchenkörpers gedehnt, durch Substanzeinlagerung stets auf gleicher Dicke erhalten werden würde. Diese Erscheinung könnte nun allerdings darin ihren Grund haben, dass die Auflagerung neuer Substanz stets in gleicher Molecularanordnung erfolge und die Ausbildung der Schichten, d. i. der definitive Zustand, erst durch spätere im Innern der aufgelagerten Schichten vor sich gehende Umlagerungen erreicht werde. Abgesehen davon, dass ein solcher Vorgang unseren Vorstellungen über Krystallwachsthum widerstreiten würde, sprechen gegen eine solche Annahme aber auch die bei der Verwachsung der Scheibchen bei ihrem Austrocknen oder ihrer Lösung zu beobachtenden Erscheinungen, ferner der Umstand, dass diese scharf begrenzte Randzone nur an Scheibchen mittlerer Dicke auftritt, an noch flacheren aber viel undeutlicher wird und an grösseren Kugeln gar nicht vorhanden ist. Ich glaube, dass wir es hier mit einer optischen Wirkung des stark convexen Seitenrandes zu thun haben, welche bei einer gewissen Höhe der Scheibe am stärksten ausfallen muss.

Die Schichten zeigen schon unmittelbar nach ihrem Hervortreten aus der vorrückenden Randzone ihre vollkommene Ausbildung; eine spätere Veränderung findet nicht mehr statt. Es entstehen abwechselnd hellere, röthliche und dunklere, bläuliche. Letztere haben annähernd immer die gleiche Mächtigkeit; erstere aber erscheinen bald nur wie Grenzlinien zwischen jenen, bald erreichen sie deren Breite, bald sind sie sogar breiter. Wie ich mich viele Male überzeugt habe, ist dies abhängig von der Dicke der Flüssigkeitsschicht, in welcher die Krystallisation stattfindet, und zwar in der Weise, dass die Breite der helleren Schichten um so mehr zunimmt, je dünner die Flüssigkeitsschicht wird.

Die helleren Schichten, die ich schon jetzt als amorphe bezeichnen will, erscheinen öfters vollkommen homogen; in dem Maasse aber, als sie breiter werden, zeigen sie sich von unregelmässig vertheilten Körnchen und Flecken durchsetzt, die nach dem Aussenrande der Schichten immer häufiger auftreten. Die dichteren, krystallinischen Schichten haben im Allgemeinen das Aussehen des krystallinischen Inulins, zeigen auch nicht selten eine feine, radiale Streifung, wobei häufig über die Ränder der Schichten feine Spitzchen hervorstehen und in die anliegenden amorphen Schichten mehr oder weniger tief eindringen, wodurch die ganze Schicht das Ansehen eines fein gezackten Bandes gewinnen kann (Fig. 3, 10). Weist nun schon diese Structur auf eine Zusammensetzung aus dicht gedrängten, nadelförmigen (häufig ungleich langen) krystallinischen Elementen hin, so spricht dafür noch mehr ihr optisches Verhalten: es erscheinen nämlich zwischen gekreuzten Nicols diese Schichten als hell leuchtende Ringe, welche durch die vollkommen dunkel bleibenden amorphen Schichten von einander getrennt sind. Es wird im polarisirten Lichte die Schichtung nicht allein viel deutlicher, sie tritt dann häufig auch an Scheiben hervor, an welchen im einfachen Lichte auch bei stärkeren Vergrösserungen eine solche gar nicht zu bemerken ist.

Noch deutlicher tritt die physikalische Differenz der Schichten dann hervor, wenn nach Verdunstung der Flüssigkeit die Riss- und Spaltenbildung in den Schichten beginnt. In kleineren Scheibchen verlaufen diese Sprünge, wie bei den eigentlichen Sphäriten, vom Centrum bis zur Peripherie, durchsetzen also die ganze Masse; an grösseren aber bilden sie sich vorzüglich nur in den krystallinischen Schichten, so dass sie oft in äusserst regelmässiger Weise in concentrischen Kreisen angeordnet erscheinen. Ich habe in Fig. 4 und 5 versucht, derartig zerklüftete Scheiben, wie sie sich unmittelbar nach dem Sichtbarwerden der Spalten darstellen, wiederzugeben. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass diese radialen Spalten in den successiven concentrischen Zonen in der Regel nicht aufeinander treffen. Später allerdings, wenn die Austrocknung noch weiter fortschreitet, verlängern sich viele Spalten in radialer Richtung, durchsetzen dann die ursprünglich vollkommen spaltfreien amorphen Schichten, und es entstehen so durch Vereinigung der nahezu im gleichen Radius gelegenen Spältchen grössere, vom Centrum bis an die Peripherie reichende Risse, durch welche in Folge der damit in Zusammenhang stehenden Verschiebungen die concentrische Anordnung der primären Spalten immer undeutlicher wird (Fig. 7, 9).

Es wurde schon von HANSEN mitgetheilt, dass bei Behandlung geschichteter Inulinsphärite mit warmem Wasser zuerst die amorphen Schichten gelöst werden und dass die krystallinischen als concentrische Kugelschalen noch längere Zeit erhalten bleiben. Dies lässt sich nun an den geschichteten Scheiben mit überraschender Deutlichkeit verfolgen; auch ist es gar nicht nothwendig, erwärmtes Wasser anzuwenden, da die Lösung auch schon in Wasser von gewöhnlicher Zimmertemperatur erfolgt. Wendet man beim Wasserzusatz einige Vorsicht an, so gelingt es ohne Schwierigkeit, die amorphen Schichten herauszulösen, und ich habe in Fig. 11 ein Aggregat derart präparirter Scheibchen zur Darstellung gebracht.

Häufig geschieht es, dass die erhalten gebliebenen krystallinischen Ringe in Stücke zerbrechen, die, sich von einander trennend, durch Wasserströmungen fortgeschwemmt werden — ein Beweis, dass wirklich eine vollkommene Lösung jener Schichten (und nicht etwa bloss ein Unsichtbarwerden) stattgefunden hat. Derartig isolirte Ringstücke (wenn auch kleinster Dimensionen) bleiben in Wasser von Zimmertemperatur längere Zeit ungelöst und behalten ihre doppelbrechende Eigenschaft. Am schwierigsten löslich und auch optisch am wirksamsten zeigt sich, wenigstens an vielen Scheiben, die äusserste Schicht, die endlich allein erhalten bleibt. Der Grund dieses abweichenden Verhaltens ist wahrscheinlich das dichtere krystallinische Gefüge und die geringere Menge der miteingelagerten amorphen Substanz (für deren Vorhandensein die Entstehung der Spältchen spricht), und es scheint, dass ganz bestimmte Krystallisationsbedingungen zu dieser Ausbildung Veranlassung geben, da in auf gleiche Weise und mit demselben Material hergestellten Präparaten das eine Mal fast alle Scheibchen und Kugeln diese ausgezeichnete Randschicht zeigen, während sie ein andermal nicht nachgewiesen werden kann. Das längere Erhaltenbleiben der peripherischen Schicht beobachteten wir übrigens öfters auch bei Lösung der durch langsamen Absatz in grösseren Flüssigkeitsmengen gebildeten grösseren Sphärite; dieselbe Erscheinung zeigen gar nicht so selten auch die durch Alcohol in den Geweben niedergeschlagenen, und es ist auf dieselbe auch schon von anderer Seite aufmerksam gemacht worden. Ich zweifle nämlich nicht, dass die Angaben MARQUART's und ebenso diejenigen SCHACHT's von dem Vorhandensein einer hautartigen Hülle (SCHACHT's „doppelcontourirte Membran“) auf derartige Beobachtungen zurückzuführen sind.

Die Scheibchen sind häufig, sowohl in Bezug auf ihren Umriss

als auch auf die Lage des Centrums und den Verlauf der Schichtung vollkommen regelmässig ausgebildet (Fig. 4, 5); aber es finden sich ebenso häufig mannigfache Unregelmässigkeiten, welche sich aber sämmtlich durch das Appositionswachsthum erklären lassen, wie man denn auch die Entstehung der mannigfachsten Unregelmässigkeiten leicht direct verfolgen kann. Ich will hier nur einige der häufiger vorkommenden und auffälligeren Bildungen hervorheben. Bei den am Tropfenrande entstehenden Scheiben kann die Schichtenauflagerung natürlich nur einseitig stattfinden. Es bilden sich also Scheibenhälften, die mit den im Alcoholmateriale so häufig vorkommenden, der Zellwand aufsitzenden Halbkugeln verglichen werden können. In den ersten Stadien des Wachsthums solcher Halbscheiben ist die Auflagerung an allen Randstellen gleich, später erfolgt sie häufig nur mehr seitlich entlang dem Tropfenrande; die Scheibchen werden so zu breit gezogenen Bändern, in welchen jedoch der Schichtenverlauf noch immer deutlich auf das ursprüngliche Bildungscentrum hinweist. Dieses überwiegende Wachsthum entlang dem Tropfenrande ist offenbar die Folge der hier herrschenden grösseren Concentration, und diese erklärt uns auch die Thatsache, dass an Scheibchen, welche etwas innerhalb des Tropfenrandes entstehen, der spätere Zuwachs häufig nach jenem hin grösser ist, so dass das Schichtencentrum oft ganz nahe an den nach der Tropfenmitte sehenden Randtheil gerückt erscheint. Oefters, aber allerdings nicht häufig, konnte ich auch beobachten, dass die Richtung des bevorzugten Randwachsthums an demselben Scheibchen plötzlich wechselt, was wohl wieder in Concentrationsdifferenzen an verschiedenen Stellen der Mutterlauge seine Erklärung findet (Fig. 3).

Ebenso leicht wie das Wachsthum der Scheibchen lässt sich auch die Verwachsung zweier oder mehrerer derselben zu grösseren Aggregaten verfolgen. Stossen die Ränder an einander, so hört natürlich die Auflagerung an der Berührungsstelle auf, die sich nun bildenden Schichten werden unvollständig, und es erfolgt eine Abplattung. Derartige Verwachsungen kann man auch sehr leicht an frei schwimmenden Sphäriten beobachten. Sind dabei die verwachsenden Kügelchen ungleich gross, so erhält man häufig den Eindruck, als ob das kleinere zu Gunsten des grösseren an Substanz verlöre; es ist dies aber, wie Messungen und wiederholte Beobachtung verwachsender Scheibchen mich lehrten, nur eine Täuschung, wie ich überhaupt nie eine Auflösung auch des kleinsten krystallinischen Körnchens, auch nicht in unmittelbarer Nähe eines wachsenden Sphäriten, beobachten konnte.

In solchen Fällen findet immer eine Umwachsung, eigentlich eine Einschliessung, wie irgend eines anderen fremdartigen Körpers, statt, und das Wachstum des Sphäriten wird nur insofern alterirt, als dadurch der Schichtenverlauf Störungen erfährt, und ich glaube, dass der in Aggregaten so häufig zu beobachtende zickzackförmige Verlauf der Schichten zum grossen Theile auf solche durch Verwachsungen und Umwachsungen bewirkte Störungen der regelmässigen Ausbildung zurückzuführen ist.

Bei Herstellung der Inulinlösungen am Deckgläschen kommt es häufig vor, dass nach der Umkehrung desselben ausserhalb des Tropfenrandes und diesem entlang langgezogene Tropfen der Mutterlauge, dem Glase anhaftend, zurückbleiben. Ist die Flüssigkeitsschicht in diesen ölartig aussehenden Flecken und Bändern nicht zu flach, so kommt es auch in ihnen zur Bildung von krystallinischen Scheibchen, deren Wachstum und somit deren endliche Form aber natürlich durch den Contour der Flüssigkeitsschicht bestimmt wird. Hat diese, wie häufig, die Form eines schmalen Bandes, so kann natürlich, wenn das sich vergrössernde Scheibchen beiderseits an die Seitenränder stösst, die weitere Auflagerung nur mehr in der Richtung des Flüssigkeitsstreifens stattfinden, und das Scheibchen erscheint, nur nach zwei Seiten entwickelt, eigentlich wie ein aus der Mitte einer Scheibe herausgeschnittener Gürtel. Dabei erfolgt die Schichtenauflagerung ganz so, wie oben geschildert wurde, nur werden die successive sich auflagernden krystallinischen Schichten, wie die amorphen, augenscheinlich immer substanzärmer, so dass am Scheibchen eine scharfe Grenzcontour ganz fehlt und sein Rand ganz allmählich in die durchaus homogen erstarrende Grundmasse übergeht. Uebrigens erscheinen öfters auch nahe am Tropfenrande gebildete und scharf umgrenzte Sphärite und Sphäritaggregate von derartigen Zonen umsäumt, und ich habe in Fig. 12 eine derartige Bildung dargestellt, wo die Zugehörigkeit der einzelnen Zonensysteme zu bestimmten Scheiben und somit die Abhängigkeit jener von diesen auf das auffälligste hervortritt.

Ich habe schon pg. 277 vorübergehend erwähnt, dass die Inulin-ausscheidungen, wie sie in frischen Schnitten bei langsamem Zusatz von Glycerin auftreten, auch polygonalen Umriss zeigen können, den sie auch während ihres Wachstums längere Zeit beibehalten (Fig. 2). Auch die im Hängetropfen sich bildenden Scheiben haben gar nicht selten die Form hexagonaler Tafelchen. Ich beobachtete sie bei ver-

schiedenen Inulinsorten, aber es scheint mir, dass sie um so häufiger auftreten, je unreiner die Lösung ist.

In Bezug auf Entstehung, Wachstum, Structur, optische und allgemein-physikalische Eigenschaften verhalten sich die hexagonalen Täfelchen wie die Scheibchen: die randständigen sind so wie jene nur einseitig ausgebildet (Fig. 13), die weiter nach innen gelegenen sind vollständige Hexagone, theils vollkommen regelmässig und mit scharfen Winkeln, theils mehr oder weniger verzogen und abgerundet und alle Uebergänge zum kreisförmigen Umriss zeigend. Uebrigens verlieren auch die regelmässigsten Hexagone in dem Maasse, als die Schichtenauflagerung fortschreitet, immer mehr ihren polygonalen Umriss (Figur 7) und werden endlich vollkommen kreisrund. Diese allmähliche Formveränderung muss natürlich in ihren einzelnen Phasen auch in dem wechselndem Contour der Schichten zum Ausdruck gelangen, und so findet man in der That gar nicht selten Scheibchen, deren innere krystallinische Schichten hexagonalen Umriss haben, während die äusseren Schichten kreisförmig erscheinen.

Im Profil sind diese Täfelchen, wie die Scheibchen, theils halbkugelig erhaben, theils in der Mitte etwas vertieft, theils sind es wirkliche, beiderseits mit ebenen Flächen begrenzte, aber immer mit stark convexen Seitenrändern versehene Plättchen. Auch seitliche Verwachsungen sind sehr häufig, wobei aber weder die gegenseitige Orientirung der Täfelchen, noch der Abstand ihrer Mittelpunkte eine Regelmässigkeit erkennen lässt.

Es ist natürlich ganz selbstverständlich, dass diese hexagonalen Täfelchen keine Einzelkrystalle sind, sondern Wachstumsaggregate, welche sich eben, abgesehen von ihrer Form, in nichts von den Scheibchen unterscheiden, mit denen sie auch, wie schon erwähnt, durch Uebergangsformen verbunden sind. Es erinnern diese in einheitlicher Krystallform erscheinenden Aggregate an ähnliche, in Silicatgesteinen und künstlichen Gläsern sich findende Bildungen, und namentlich an jene interessanten Ausscheidungsformen des kohlen-sauren Kalkes, die VOGELSANG besonders dann häufig erhielt, wenn die Abscheidung bei höherer Temperatur erfolgt war. VOGELSANG spricht zwar immer von hexagonal gegliederten Sternen, aber mehrere der abgebildeten Formen können um so mehr auch als hexagonale Täfelchen bezeichnet werden, als er pg. 94 ihre innere Structur als eine sehr verschiedene bezeichnet, indem sie bald mehr strahlig gerippt, bald mehr concentrisch gekörnt erscheinen. Andererseits zeigen auch die hexagonalen Täfelchen des Inulins nicht selten Uebergänge

zur Sternbildung, wenigstens insoweit, als durch die Einbuchtung der Seiten einzelne Ecken stärker vorgezogen erscheinen, wie dies theilweise auch schon an einigen Stellen der in Figur 13 dargestellten Tafelchen ziemlich deutlich zu Tage tritt.

Bei dem Umstande, als bei Verwendung desselben Inulinmateriales das eine Mal vorwiegend oder ausschliesslich Scheibchen, ein andermal aber sehr reichlich hexagonale Tafelchen ausgeschieden werden, und dass zwischen diesen und jenen an demselben Präparate alle Uebergänge aufzufinden sind, und ferner, dass es mir gelang, solche Tafelchen durch Umkrystallisiren einzelner grosser, isolirter, nach den bekannten Methoden erzeugter Sphäriten zu erhalten, ist wohl nicht daran zu zweifeln, dass beiderlei Gebilde substantiell gleich sind, dass also auch die hexagonalen Formen im wesentlichen aus Inulin bestehen. Es wäre wohl möglich, dass in ihnen eine hexagonale Krystallisationstendenz dieser Substanz zum Ausdrucke gelangt ist; doch entbehrt bei dem Umstande, als wir entwickelte Inulinkrystalle noch nicht kennen und somit auch über das Krystallsystem im Unklaren sind, diese Vermuthung, wie ich gerne zugeben will, noch der weiteren Begründung.

Wenn es nach dem oben Mitgetheilten nicht zweifelhaft sein kann, dass die Schichtung der Scheibchen durch den Wechsel von krystallinischen und amorphen Schichten bedingt wird, so ist die Frage nicht von der Hand zu weisen, worin denn der Grund für die verschiedene und rythmisch wechselnde Molecularanordnung der aufgelagerten Schichten gelegen sei. Schon HANSEN hatte diese Frage discutirt und als möglich hingestellt, dass diese Verschiedenheit begründet sein könnte in einer chemischen Differenz, in der Weise etwa, dass die krystallinischen Schichten aus rein auskrystallisirter Inulinsubstanz beständen, während diese in den amorphen durch Beimengungen anderer Stoffe verunreinigt und dadurch an der Krystallisation verhindert worden sei.

Es könnte für diese Ansicht die oben mitgetheilte und auch von A. MEYER gemachte Beobachtung sprechen, dass unreine Lösungen in der That die Ausbildung deutlicher Schichtung begünstigen. Da nun aber auch die aus reinem Inulin dargestellten Sphärite und Scheibchen oft sehr deutlich geschichtet erscheinen, so könnte jene Vermuthung nur dann eine Berechtigung haben, wenn sich auch in ihnen ein solcher chemisch differenter Stoff nachweisen liesse. Dies ist nun in der That der Fall.

Schon DRAGENDORF hat darauf aufmerksam gemacht, dass das

Inulin auch bei sorgfältigster Reinigung immer etwas Stickstoff und, je nach der Darstellungsweise, grössere oder geringere Mengen von Calciumphosphat enthalte. In der That ist letztere Substanz in allen Inulinsorten vorhanden, und selbst das als Inulin puriss. in den Preislisten der chemischen Fabriken angekündigte blendend weisse Präparat enthält noch immer nicht unbedeutende Mengen dieses Stoffes, den man selbst in einzelnen grossen Sphärokrystallen, wie sie bei langsamer Ausscheidung entstehen, ohne Mühe nachweisen kann.

Herr College SCHWARZ hatte die grosse Güte, mir eine Quantität reinen *Dahlia*-Inulins darzustellen. Ein Theil des Präparates, durch raschen Niederschlag gebildet, stellte ein blendend weisses, aus äusserst kleinen Körnchen bestehendes Pulver dar. Ein anderer Theil, durch sehr langsamen Absatz entstanden, hatte sich an der Wand des Gefässes als eine ziemlich dichte und feste Kruste angesetzt, die aus dicht aneinanderliegenden und mit einander verwachsenen, ziemlich grossen Sphärokrystallen bestand und an deren freier, nach innen sehender Fläche einzelne solcher Sphärite da und dort aufgewachsen waren. Bei der Grösse derselben (bis 105 Mik. D.) war es leicht, sie vollkommen zu isoliren, einzeln zu verbrennen und in dem Aschenrückstande das Calciumphosphat nachzuweisen.

Ist somit in dem Sphärokrystalle immer auch dieses Salz vorhanden, so wäre es in der That wohl denkbar, dass die amorphen und leichter löslichen Schichten ebenso ihre unregelmässige Molecularanordnung wie ihre leichtere Löslichkeit der reichlicheren Beimengung dieses Salzes verdanken. Aber ich bemühte mich vergeblich, ebenso auf mikrochemischem Wege als durch vorsichtiges Glühen eine geschichtete Lagerung des Calciumphosphates nachzuweisen, und es muss jene oben ausgesprochene Ansicht vorderhand eine, wenn auch ziemlich wahrscheinliche, Annahme bleiben.

Vielleicht erklären sich überhaupt die so verschiedenen Angaben über die Löslichkeit des Inulins in kaltem Wasser aus dem wechselnden Gehalt an beigemengten Stoffen und besonders an Calciumphosphat. Ich meine hier nicht die diesbezüglich ja auch vorhandenen Differenzen zwischen dem „hornartigen“ und dem „körnigen“ Zustande; auch die Sphärokrystalle zeigen ganz auffallende Unterschiede: präparirt man im Alcoholmateriale gebildete Sphärite möglichst frei und legt sie in einen Tropfen Wasser von Zimmertemperatur, so werden zwar an ihrer Oberfläche einzelne Theilchen losgerissen und langsam gelöst, der grösste Theil bleibt bis zur vollen Verdunstung des Flüssigkeitstropfens unverändert und ungelöst, so dass also die Angaben über die

höchst geringe Löslichkeit desselben in kaltem Wasser vollkommen bestätigt erscheinen¹⁾). Ganz anders verhielten sich aber jene oben erwähnten schönen und grossen Sphärite, die durch langsamen Niederschlag aus wässriger Lösung sich gebildet hatten.

Sie bestanden in ihrem inneren Theile aus homogener und nur von wenigen grösseren, radial verlaufenden Spalten durchsetzter Substanz; nach aussen hin war diese aber zerrissen von zahllosen (öfters in concentrischen Kreisen geordneten) Sprüngen, die nach der Peripherie immer kleiner wurden und immer dichter gedrängt auftraten, so dass gewissermassen ein dichter Kern und eine grob poröse Schale unterschieden werden konnte, wie es ja so häufig auch bei den oben besprochenen Inulinscheibchen der Fall ist (vergl. Fig. 4, 5). Liess ich nun den in Alcohol und unter dem Deckgläschen liegenden Kugeln seitlich Wasser zufließen, so erfolgte in allen Fällen eine vollständige Lösung; die Vorgänge waren dabei aber nicht immer dieselben und hatten nur das Gemeinsame, dass ausnahmslos die Schale viel rascher gelöst wurde als der Kern, der nun scharf begrenzt und vollkommen isolirt, erst viel später in Lösung ging. Fast ausnahmslos tritt vor Beginn der Lösung ein Zerfall der Kugel in Sektoren ein, und zwar entweder so, dass dem Sector auch das entsprechende Stück des Kernes anhaftete, oder dass dieser intact blieb und sich nur Kugelschalenstücke bildeten. Weder die Lösung der Schale noch die des Kernes erfolgte ferner durch Abschmelzen, sondern die Masse wird bei vollem Erhaltenbleiben ihrer Form und ihrer radialen Streifung (die nun noch viel deutlicher sichtbar wird) immer durchsichtiger, bis sie endlich nicht mehr unterschieden werden kann. Dabei kann es an der Schale wie am Kern vorkommen, dass eine peripherische Schicht am längsten erhalten bleibt und noch deutlich erkennbar ist, wenn die Innenmasse nicht mehr wahrgenommen werden kann; ja selbst in dieser machen sich häufig Unterschiede in den Löslichkeitsverhältnissen bemerkbar, indem die Schale vorerst in eine Anzahl Secundärschälchen zerfällt, welche aber natürlich in Folge des schon früher eintretenden Zerfalles der Kugeln in Sektoren im Durchschnitt immer nur als Ringstücke erscheinen, deren gegenseitige Lagerung kaum mehr die ursprüngliche Verbindung derselben erkennen lässt und eher einen schuppigen Aufbau der Kugel vermuthen liesse (Fig. 14).

1) Uebrigens betont auch KRAUS (Bot. Ztg., 1877, p. 334), dass die Löslichkeitsverhältnisse der durch Alcohol ausgeschiedenen Inulinsphärite selbst innerhalb der *Compositen*-Familie äusserst schwankend sind.

An in Alcohol liegenden Kugeln war eine Schichtung nicht wahrzunehmen. Wohl aber trat im Beginne der Wassereinwirkung in der Schale sehr häufig (aber nicht immer) deutliche Schichtung auf. Zuerst erschienen stärkere, in ziemlich gleichen Abständen von einander gelegene Liniensysteme, so dass die Schale gewissermaassen wieder in ineinandergeschachtelte Kugelschalen getheilt erschien. Später erschienen öfters auch die Secundärschalen, namentlich die mehr peripherisch gelegenen, ungemein zart geschichtet¹⁾. Hervorheben möchte ich, dass die zunächst gelegenen — dicht neben einander der Kruste aufsitzenden oder mit einander verwachsenen — Kugeln immer ebenso in Bezug auf die Zahl als auch die Dicke der Primärschalen durchaus übereinstimmten, dass aber diese Gleichförmigkeit nicht bestand bezüglich der in den einzelnen Schalen auftretenden secundären Schichtung, die bald ganz fehlte, bald in verschiedenen, sich nicht entsprechenden Primärschalen hervortrat, wie auch die Zahl und Dicke der Secundärschalen vielfachen Schwankungen unterlag.

Wenn wir — und gewiss mit Recht — annehmen dürfen, dass die Schichtung durch einen Wechsel in den Krystallisationsbedingungen hervorgerufen wurde, so deutet der vollkommen übereinstimmende Aufbau benachbarter Sphärite in Bezug auf die Zahl der Primärschalen und auf die Dicke der einzelnen sich entsprechenden offenbar darauf hin, dass jene Bedingungen für diese in Frage kommenden Sphärite genau dieselben waren, d. h. dass die Aenderung jener gleichzeitig und in gleicher Stärke stattfand. Daraus aber dürfen wir weiter schliessen, dass die Ursache solcher Veränderungen nicht in dem Krystallisationsvorgang selbst zu suchen sei, sondern in Umständen, die unabhängig von dem Wachstume der Sphärite die Zusammensetzung der Mutterlauge betrafen, sei es, dass äussere Agentien oder innere Anstösse ihre Concentrationsverhältnisse in der Nähe jener Sphärite gleichmässig veränderten. Die Secundärschichtung der einzelnen Schalen aber, die in den sich entsprechenden Schalen benachbarter Sphärite so häufig nicht übereinstimmt, könnte in localen, vielleicht durch den Krystallisationsvorgang selbst bedingten Veränderungen des Lösungsverhältnisses der in Lösung befindlichen Stoffe seinen Grund haben oder vielleicht sogar mit den Krystallisationsvorgängen selbst zusammenhängen, da es trotz der Unwahrscheinlichkeit des Vorganges (vergl. pg. 287) noch immer zu erwägen bliebe,

1) Vergl. auch NÄGELI: Sphärokrystalle von *Acetabularia*, l. c.

ob die Molecularanordnung nicht auch noch nach erfolgter Auflagerung der Schichten Veränderungen erfahren könne.

Ich schliesse an diese die Sphärite des (*Dahlia*-)Inulins betreffenden Untersuchungen die Mittheilung einiger Beobachtungen über die „Sphärokrystalle“ von *Acetabularia*.

Das mir zur Verfügung gestandene, aus Rovigno stammende Alcoholmaterial war etwa ein Jahr alt und äusserst gut erhalten. Die Sphärite fanden sich in ungeheuren Massen im Schirme wie im Stiele bis an den Fuss hin. Manche Schirmstrahlen waren mit kleinen Sphäriten geradezu vollgepfropft, in anderen Strahlen fanden sich weniger, dafür aber um so grössere Kugeln (bis auf 100 Mik. D.), wenn ich auch so colossale Körper, wie sie NÄGELI beschreibt, die die ganze Breite eines Schirmstrahles einnehmen, nie gefunden habe. Die grossen Sphärite sitzen zum grossen Theile den Aussenwänden des Schirmes an, und ich habe schon an einem anderen Orte ¹⁾ darauf hingewiesen, dass bevorzugte Stellen für ihren Ansatz jene Membranpartien sind, welche durch gewisse Structureigenthümlichkeiten einen leichteren Durchtritt des Alcohols zu ermöglichen scheinen. Jedenfalls besteht zwischen beiden Erscheinungen eine Beziehung; denn es kann kein Zufall sein, dass so häufig Membranscheibchen und Basis des Sphäriten so genau über einander fallen, oder dass Gruppen kleinerer Sphärite vorzugsweise unter jenen Scheibchen der Membran anhaften.

Bezüglich ihrer Structur verhalten sie sich — wie ja schon SACHS hervorhob — genau so wie die Inulinsphärite, und ich möchte diesbezüglich nur bemerken, dass die Schichtung namentlich während der Einwirkung des molybdänsauren Ammoniaks sehr deutlich wird und die concentrischen Nadelkreise oft ungemein schön hervortreten.

Dass die Sphärite im Wesentlichen aus Inulin (oder wenigstens einem nahe verwandten Stoffe) bestehen, scheint mir nicht zweifelhaft. Nach ihrer Invertirung (mit Salzsäure) geben sie die Zuckerreaction, und gegenüber dem MOLISCH'schen Reagens auf Zucker (α -Naphthol + Schwefelsäure) verhalten sie sich genau so, wie das *Dahlia*-Inulin. Wenn man — was sich ohne grosse Mühe bewerkstelligen lässt — einzelne grössere Sphärite aufsammelt und in heissem Wasser löst, so bilden sich (im Hängetropfen), wie beim Inulin, am Tropfenrande wieder concentrisch geschichtete Scheibchen, die, wie dort, beim Austrocknen durch radiale Sprünge zerklüftet werden.

1) Die Incrustation der Membran von *Acetabularia*. Sitzungsber. der Wien. Akad., Bd. XCVI.

Mittheil. a. d. bot. Inst. zu Graz.

Auch am Platinblech verhalten sich diese Sphärite wie die des Inulins: sie schmelzen unter Bräunung, und es bleibt ein Aschenrückstand, der deutlich die Phosphorsäurereaction gibt. Ob dieselbe aber immer an Kalk gebunden ist, und ob nicht entweder neben diesem oder (öfters) ausschliesslich Magnesia vorkommt, wage ich nicht mit voller Sicherheit zu sagen. Oefters erhielt ich deutliche Reactionen auf Kalk, in anderen Fällen wiesen dieselben auf Magnesia hin, welcher Stoff, als im Zellinhalte vorkommend, ja auch makrochemisch nachgewiesen wurde.

Ich glaube nach diesen Beobachtungen aussprechen zu dürfen, dass auch die Sphärite von *Acetabularia* substantiell nicht homogen sind, sondern neben Inulin auch noch als constanten Begleiter ein Phosphat enthalten.

3. Die durch Alcohol bewirkten Abscheidungsformen des Calciumphosphates in den Geweben von *Galtonia candicans* Dec.

Die oberirdischen Organe von *Galtonia* (*Hyacinthus*) *candicans* sind ungemein reich an zähflüssigem Schleime, der bei der Schnittführung aus den verletzten Zellen hervortritt. Ueberträgt man diesen Schleim auf einen Objectträger, so trocknet er rasch zu einer gummiartigen Masse ein, an deren Rande krystallinische Ausscheidungen sichtbar werden. Es bestehen diese Ausscheidungen aus Calciumphosphat: bei Zusatz von verdünnter Schwefelsäure bilden sich nämlich Gypskrystalle (bei langsamer Einwirkung öfters in Form der charakteristischen Zwillingsgestalten), während bei Zusatz von Ammonmolybdat ein reicher Niederschlag von Phosphormolybdänsäure-Ammon (grössere und kleinere Dodekaeder und sternförmige Aggregate) die Anwesenheit von Phosphorsäure verräth.

Der Schleim enthält ferner — wie die Reaction mit FEHLING'scher Lösung anzeigt — Glycose, deren Menge aber nach Alter und Natur des Organes und der Tageszeit beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist.

Der Schleim findet sich in den Zellen des farblosen, dünnwandigen Parenchyms, das im Blatte den Raum zwischen dem beiderseits fast gleich ausgebildeten, grünen Assimilationsgewebe einnimmt, und in dem die Gefässbündel liegen. In älteren Blättern, wo zwischen den Bündeln durch Zerreissung der Zellen Lücken gebildet werden, sind nur die

dem grünen Gewebe anliegenden, intact gebliebenen Zellschichten schleimführend. Auch im Blütenstiel und im Schafte findet sich der Schleim in den Zellen des den Raum zwischen den Gefässbündeln ausfüllenden farblosen Parenchyms; er erfüllt aber auch die ausserhalb der die Bündel umschliessenden gemeinsamen Stärkeschicht liegenden Zellschichten, welche nach der Peripherie hin ohne scharfe Grenze in das reichlich chlorophyllführende, eigentliche Assimilationsgewebe übergehen.

Die schleimführenden Zellen erscheinen im frischen Zustande hyalin, da der zarte plasmatische Wandbeleg mit seinen Mikrosomen und spärlichen Chlorophyll- und (eventuell) Stärkekörnern gegen die das ganze Lumen erfüllende Schleimmasse zu sehr zurücktritt. Lässt man nun aber auf frisch angefertigte Schnitte Alcohol einwirken, so wird der Schleim in kurzer Zeit feinkörnig und zieht sich in der Mitte des Zelllumens zu verschieden geformten Klumpen zusammen, auf deren Bau ich später zu sprechen kommen werde. Hier sei nur so viel erwähnt, dass es leicht gelingt, diese Ballen frei zu präpariren und ihren Gehalt an Calciumphosphat durch die oben erwähnten Reactionen nachzuweisen. Bezüglich des Kalkes gelingt dies übrigens auch leicht innerhalb der Zelle, wogegen die Krystalle des phosphormolybdänsauren Ammon nur selten innerhalb der Zelle anschliessen, worauf auch schon HANSEN, der zuerst auf diese mikroskopische Reaction aufmerksam machte, hingewiesen hat.

Eine andere Art der Ausscheidung des Calciumphosphates — als die in Form von winzigen, dem Schleime eingebetteten Körnchen — lässt sich bei Behandlung frischer Schnitte mit Alcohol nicht erzielen, auch dann nicht, wenn man dieselben durch längere Zeit in grösseren Mengen von Alcohol aufbewahrt. Auch in grösseren Stücken von Pflanzentheilen (Blättern, Schäften, Blütenstielen, Blüten) ist diese Art der Ausscheidung weitaus die häufigste. Es kommen aber in diesem Falle nebenher noch Ausscheidungen anderer und mannigfacher Art vor, welche weder auf bestimmte Organe oder Gewebe beschränkt sind, noch einen gewissen Entwicklungs- oder Vegetationszustand des Organes voraussetzen, und ohne dass sich mit Bestimmtheit nachweisen liesse, dass ihre Bildung von dem Concentrationsgrade des zum Einlegen verwendeten Alcohol abhängig wäre.

Ein bevorzugter Ort des Auftretens derartiger Ausscheidungen sind die Athemböhlen. Meistens sind es Krystalldrüsen, bestehend aus garbenförmig verbundenen Krystallen, so dass aus einer gemeinsamen, stielförmigen, häufig ganz homogen erscheinenden und im

Hinterhof der Spaltöffnung ansetzenden Basis die einzelnen spiessigen Krystalle ausstrahlen. Es ist dies gewissermaassen die Grundform der Druse, welche aber mannigfachen Abänderungen unterliegt, sei es, dass die vorstehenden Krystallspitzen nur als Auszahnungen des stark entwickelten Stieles erscheinen, oder dass durch mannigfache Verwachsungen einzelner Drusen grössere, oft die ganze Athemhöhle ausfüllende Verbände entstehen. Auch finden sich öfters mehrere von einander isolirte Drusen, theils frei liegend, theils den die Athemhöhle begrenzenden Zellen aufsitzend. Seltener beobachtet man einzelne Krystalle, die, rhombische Plättchen darstellend, einer kleinen Naviculazelle¹⁾ nicht unähnlich sind.

Die grösste Mächtigkeit erreichen die Drusen in Stengeltheilen (Blüthenstielen und Schäften) dort, wo in Folge der durch den Alcohol bewirkten Contraction des Parenchyms zwischen diesem und der Oberhaut grössere Lücken entstanden sind. Diese Formen der Ausscheidung (Taf. III, Fig. 1), deren krystallinische Natur sich auf den ersten Blick ergibt, sind nun durch alle nur möglichen Uebergänge verbunden mit solchen, welche als kugelige oder aus kugeligen Theilen zusammengesetzte, gelblich gefärbte Körper ölartigen Aussehens erscheinen. Bald ist es eine in Kugelform geordnete Masse spiessiger, von einander getrennter, aber mehr oder weniger dicht zusammengelagerter Krystalle; bald ragen nur über die Oberfläche einer mehr oder weniger deutlich strahliges Gefüge zeigenden Kugel Krystallspitzen hervor, oder es erscheint der Kugelinhalt homogen und nur die Oberfläche kaum merklich erhaben punktirt. Auch diese structurlos scheinenden Kugeln zeigen sich stark doppelbrechend; bei Anwendung von Druck, desgleichen häufig in Folge Einwirkung von Reagentien, wie Wasser, Glycerin etc., bilden sich radial verlaufende Risse, wobei öfters auch eine faserige Structur sichtbar wird. Sie sind daher ebenfalls als radiaalfaserige, krystallinische Aggregate zu betrachten.

Es finden sich diese Kugeln — wie schon erwähnt — am häufigsten in den Athemhöhlen, und zwar in gleicher Lage wie die anderen Formen der Ausscheidung, aber ich beobachtete sie auch in natürlichen oder künstlichen Lücken des Parenchymgewebes, selbst in Gefässen werden sie gefunden, sind dort aber natürlich immer viel kleiner.

1) Aehnliche durch Alcohol gefällte Bildungen wurden auch von BORODIN (Bot. Ztg., 1882, p. 591) beobachtet, und sollen aus Kali bestehen. VOGELSSANG (l. c. p. 95) erhielt diatomeenähnliche Formen auch in den Niederschlägen des Calciumcarbonates.

Alle diese verschiedenen Formen der Ausscheidung, welche, wie ich zeigen werde, dieselbe stoffliche Zusammensetzung zeigen und im Wesentlichen aus Calciumphosphat bestehen, sind bezüglich ihres Vorkommens und ihrer gegenseitigen Vertheilung aber durchaus nicht auf bestimmte Organe oder gewisse Regionen derselben beschränkt, und ebensowenig lässt sich die Art der Ausscheidung mit dem Vegetationszustand des Pflanzentheiles oder der Concentration der Einlegetlüssigkeit in Beziehung bringen. Nur soviel lässt sich sagen, dass in zarteren Organen (wie in Blättern nicht blühreifer Pflanzen, in *Perigon*-Blättern) meist nur kleine Krystalldrusen gefunden werden, und dass ich die mächtigsten Drusen und Kugeln immer in den Stielen halbreifer Früchte nahe der Fruchtbasis beobachtete. Auch verdient hervorgehoben zu werden, dass in demselben Organe auf kürzere Entfernungen immer eine der Ausscheidungsformen vorherrscht, ja selbst allein vorhanden ist. Um bei einem bestimmten Beispiele zu bleiben, sei erwähnt, dass von zwei Fruchtstielen gleichen Entwicklungsstadiums, die zu gleicher Zeit von der lebenden Pflanze abgenommen und in dieselbe Einlegetlüssigkeit waren gebracht worden, nach einer Woche der eine die Ausscheidungen fast ausschliesslich in Form lockerer Drusen zeigte, während im anderen vorwiegend dichte Kugeln vorhanden waren. In einem anderen Fruchtstiele fand ich in seiner basalen Hälfte fast ausschliesslich Kugeln, in seiner apicalen aber unregelmässige Drusen mit grobfaserigem Gefüge.

Was nun die stoffliche Zusammensetzung aller dieser Ausscheidungsformen betrifft, so ist ihr reicher Gehalt an Calciumphosphat, wenigstens für die grösseren Formen, die sich leicht frei präpariren lassen¹⁾, unzweifelhaft — für die einzelnen Kryställchen und kleinen Krystalldrusen, für welche eine Freipräparirung nicht gelingt, zum mindesten wahrscheinlich.

Die frei präparirten Körper werden in verdünnter Schwefelsäure ohne Aufbrausen und unter Abscheidung von Gypskrystallen gelöst, und geben bei Zusatz von Ammonmolybdat die Phosphorsäurereaction. Doch bestehen dieselben nicht ausschliesslich aus Calciumphosphat, sondern enthalten immer auch noch eine organische Verbindung, deren wechselnder Gehalt, wie ich glaube, die Art der Ausscheidung (Form und Structur des Körpers) bestimmt.

Für ersteres sprechen folgende Beobachtungen:

Schon wenn man die Einwirkung verdünnter Schwefelsäure unter

1) Es gibt Kugeln bis zu 60 Mik. Durchmesser.

dem Mikroskope verfolgt, sieht man, wie an der gelblichen, ölar-
tlig glänzenden Kugel dieses Ansehen, von aussen nach innen fortschrei-
tend, verschwindet, während der Contour derselben vollkommen er-
halten bleibt. Ganz dieselbe Erscheinung beobachtet man bei Ein-
wirkung von Wasser: wieder sieht es aus, als ob eine ölar-
tige Masse, von aussen nach innen fortschreitend, herausgelöst würde, während
eine hyaline, grob poröse Masse, genau von der Form und Grösse des
ursprünglichen Körpers, erhalten bleibt. In dem Maasse, als die Lö-
sung fortschreitet, geht auch die doppelte Lichtbrechung verloren. Dass
der herausgelöste Körper das Calciumphosphat ist und die zurück-
bleibende Substanz nicht etwa eine schwieriger lösliche Modification
dieser Substanz und überhaupt keine Kalkverbindung ist, ergibt sich
daraus, dass die zurückbleibende Masse in verdünnter Schwefelsäure
nicht gelöst wird und dass somit natürlich auch keine Gypsnadeln
mehr auftreten. Dass ferner die zurückbleibende Substanz nicht etwa
bloss eine die Krystallkugel und die über die Oberfläche hervorstehenden
Einzelkrystalle überziehende Hülle erhärterter, organischer Substanz
darstellt, dafür spricht die Thatsache, dass an jenen Kugeln, welche
eine faserige Structur zeigen, diese auch nach Herauslösen des Kalk-
salzes erhalten bleibt, was man besonders dann auf das schönste sieht,
wenn man zur Reaction eine sehr verdünnte, wässrige Lösung von
Methylenblau (oder Carmin) benutzt, welche Farbstoffe in der restiren-
den Substanz sehr stark gespeichert werden, so dass sie dann viel
intensiver als die umgebende Flüssigkeit gefärbt erscheint. Wohl ist
es richtig, dass diese restirende Substanz nach der Mitte der Kugel
abnimmt, aber es ist unzweifelhaft, dass sie in manchen derselben bis
zur Kugelmitte vorhanden ist, was man bei Beobachtung der Lösung
von Kugelbruchstücken auf das deutlichste erkennt. Andererseits ist es
aber ebenso gewiss, dass an anderen Kugeln die restirende Substanz
nicht bis zur Kugelmitte reicht, wo also nach der Einwirkung des
Wassers ein Hohlraum erkennbar ist, und dass auch solche Kugeln
vorkommen, an welchen nur ein oberflächliches Häutchen erhalten
bleibt. Ein hautartiger, aus organischer Substanz bestehender Ueber-
zug ist übrigens auch an allen Ausscheidungsgebilden vorhanden, er
fehlt auch den kleinsten Drusen und selbst den Einzelkrystallen nicht
und tritt namentlich bei Anwendung von Methylenblau auf das deut-
lichste hervor.

Die Erscheinung des Herauslösens eines Stoffes beobachtet man
übrigens auch an in verdünntem Alcohol liegenden Kugeln, wenn in
Folge der Verdunstung derselbe den zur Lösung nothwendigen Grad

des Wassergehaltes erreicht hat. Nimmt man diese Operation an frei am Objectträger liegenden Schnitten vor, so bildet sich, wenn nun die Austrocknung des Schnittes beginnt, um jede Kugel ein aus kleinen Kryställchen bestehender Niederschlag (das herausgelöste Phosphorsalz), der bei Zusatz von Wasser wieder gelöst wird. Man sieht jetzt vollkommen deutlich, dass die faserige Structur der Kugel erhalten geblieben ist. Sie färbt sich nun bei Zusatz von Methylenblau sehr intensiv, während sie bei Kalieinwirkung verschwindet.

Dass in den drusigen und ebenso in den ganz homogen erscheinenden Kugeln organische Substanz vorhanden ist, zeigt auch ihr Verhalten beim Glühen, wobei sie vorerst durch ihre ganze Masse tief geschwärzt werden und noch zur Zeit, wo das ganze Gewebe schon weiss gebrannt ist, als tiefschwarze Punkte erscheinen. Werden die Kugeln im Stadium der Verkohlung untersucht, so ist ihr Aussehen unter dem Mikroskope, entsprechend ihrer früheren Structur, verschieden. Bei einigen bleibt ein Gerüst von Nadeln erhalten, die nur mit einer schwarzen Rinde überzogen erscheinen, andere scheinen durch ihre ganze Masse verkohlt, was namentlich beim Zerdrücken auf das deutlichste hervortritt.

Sind die Kugeln endlich, oft erst nach längere Zeit fortgesetztem Glühen, vollkommen weiss gebrannt, so erscheinen sie unter dem Mikroskope in ihrer Form zwar erhalten, aber als grob poröse, aus Körnchen und verbogenen Stäbchen zusammengesetzte Massen, welche, wie die Reactionen mittelst Schwefelsäure und Ammonmolybdat ergeben und die sich leicht an einzelnen isolirten Körpern anwenden lassen, aus Calciumphosphat bestehen. Es hat aber durch das Glühen die Substanz ihre Löslichkeit in Wasser verloren, bei dessen Einwirkung das die Kugel bildende Körnchen- und Stäbchenaggregat zwar in seine Theilchen zerfällt, diese Körperchen aber, wenigstens für längere Zeit, intact bleiben, was wohl in einer durch das Glühen bewirkten Umsetzung (in ein pyrophosphorsaures Salz?) seinen Grund haben wird¹⁾.

Ich habe schon oben bemerkt, dass die Krystalldrüsen, wie die sphärolithischen Ausscheidungsformen, in den Athenhöhlen besonders häufig auftreten und hier auch die grössten Dimensionen erreichen.

1) Auch starke Kalilauge scheint das H_2O lösliche Phosphat in ein unlösliches überzuführen. Die Kugeln bleiben in Kali unter Gelbfärbung unverändert, nur ihre Nadelstructur wird deutlicher. Wäscht man nun aus, so verändert Wasser den Körper nicht mehr, bei Schwefelsäurezusatz erhält man aber Gyps. Die Calcophosphatsphärite in den *Dahlia*-Knollen verhalten sich, wie ich seiner Zeit berichtete, ebenso.

Sie sind daher leicht frei zu präpariren und zum Studium ihrer chemischen Eigenschaften besonders geeignet. Kleinere Gebilde, namentlich jene Kugeln radialfaseriger Textur und ölartigen Aussehens, finden sich aber auch in den Gefässen, in grösseren Intercellularräumen aller Gewebe, öfters wohl auch in Zellen. So ist es ein häufiger Fall, dass die Schliesszellen oft ganz damit erfüllt sind. Bald sind es Aggregate dicht gedrängter, aber isolirter Nadelchen mit undeutlicher, radialer Anordnung, bald sind es anscheinend homogene (aber doppelbrechende) Kügelchen, welche den ganzen Raum der Schliesszellen ausfüllen, deren Plasmasäcke contrahirt und einseitig der Zellwand angedrückt erscheinen. Es zeigt uns dies, dass die Quantität der auskrystallisirten Substanzen unmöglich schon früher in diesen Zellen vorhanden gewesen sein konnte, sondern ihnen erst durch Diffusionsströme zugeführt wurde.

Die Ausscheidung kann auch in dem Spaltöffnungschanal selbst erfolgen, wobei sich die Form derselben oft vollkommen dem Contour des letzteren anschmiegt. Auch ausserhalb des Pflanzenkörpers und an seiner Oberfläche kommt es öfters zur Bildung geformter Niederschläge. Häufig findet man hier glänzend weisse, aus spröder Substanz bestehende Körnchen, welche, wie die Reactionen ergeben, dieselben Stoffe, wie jene in den Athemhöhlen vorkommenden Gebilde enthalten, und zwar regelmässig in der Vertheilung, dass in der Mitte der Kugel das Calciumphosphat, an der Peripherie die organische Substanz überwiegt. In einigen Fällen beobachtete ich, dass bei Behandlung der Asche mittelst Schwefelsäure die Lösung unter Aufbrausen erfolgte. Ich habe dies öfters auch an in den Athemhöhlen gebildeten Kugeln bemerkt, während vor dem Glühen diese Erscheinung nicht eintrat. Es scheint also, dass in diesen Gebilden neben dem Calciumphosphat öfters auch ein anderes Kalksalz (mit organischer Säure) zugegen sein kann.

Es kann kein Zweifel sein, dass die oben beschriebenen doppelbrechenden Kugeln mit radialfaseriger Structur unter den Begriff der „Sphärokrystalle“ fallen, wie er bis jetzt immer gefasst wurde. Sie stimmen in Bezug auf Vorkommen und Structur mit den von KOLDERUP-ROSENVINGE in Mesembryanthemumarten aufgefundenen vollkommen überein. Auch hier finden sich alle Uebergänge von Einzelkrystallen, Gruppen solcher und „Sphärokrystallen“; von solchen, bei denen einzelne nadelförmige Krystalle über die Oberfläche der Kugel hervorragen und bis ins Innere verfolgt werden können, bis zu solchen, wo nicht einmal eine radiale Streifung bemerkbar ist. Denselben

Bau, d. h. strahlig-faserige Structur mit mehr oder minder deutlich hervortretenden Einzelkrystallen ohne concentrische Schichtenbildung zeigen auch andere von verschiedenen Forschern als Sphärokrystalle beschriebene Ausscheidungen, sowie die von MIKA bei *Capsella bursa pastoris* aufgefundenen und die von KRAUS in den Epidermiszellen von *Cocculus laurifolius* beobachteten. Für die der beiden letzteren Pflanzen gibt HANSEN an, dass sie organischer Natur seien, während die von Mesembryanthemum aus Calciumphosphat bestehen sollen. Es wäre aber wohl möglich, dass auch bei den letzteren organische Substanz als wesentlicher Bestandtheil in die Bildung des Sphäriten eintrete, und dass andererseits in ersteren neben der organischen Substanz auch Calciumphosphat oder ein anderes Salz als nie fehlender Begleiter erschiene.

Ausser den eben besprochenen Sphäriten mit unzweifelhaft krystallinischer Structur fand ich aber — leider nur einige Male — im Alcoholmateriale noch andere sphäroidische Gebilde, welche bei gleichem chemischen Verhalten sich von jenen wesentlich dadurch unterscheiden, dass einmal bei undeutlicher Radialstructur deutliche concentrische Schichtung sichtbar war, und dass ferner eine Doppelbrechung an ihnen nur in den wenigsten Fällen und auch in diesen nur in höchst geringem Maasse beobachtet werden konnte. Ich fand diese Gebilde einige Male in dem die Gefässbündel umgebenden Parenchymgewebe an der Basis halbreifer Früchte, und einmal in besonders schöner Ausbildung in den basalen Theilen verwelkender *Perrigon*-Blätter und wieder in dem die Gefässbündel zunächst umgebenden Parenchym. In Betreff ihrer Lagerung in der Zelle und an der Zellwand, ihrer Verbindung zu Aggregaten etc. stimmten sie mit den Inulinsphäriten, und denen des Calcophosphates in den Geweben von *Dahlia*, der *Euphorbien* etc. vollkommen überein. In ihrer einfachsten Form erschienen sie als schwach gelblich gefärbte, scheinbar durchaus homogene Kugeln resp. Kugelabschnitte, theils mit vollkommen glattem, scharf umgrenzten Rande, theils mit aus grümeliger Masse bestehendem Randsaume. In anderen Fällen erschien diese locker grümelige Auflagerung zu einer dünnen, aber festen Kruste verdichtet, welche sich aber von dem homogenen Kern leicht lostrennte. Wieder an anderen erschien dieser Randsaum dicker und bildete eine ziemlich mächtige Schale (Fig. 2), so dass diese Gebilde die grösste Aehnlichkeit hatten mit den beschalteten Calcophosphatsphäriten der *Dahlia*-Knollen. Die Aehnlichkeit war dort um so grösser, wo in dieser Schale eine Radialstreifung erkennbar war, so dass sie ebenfalls aus radialgestellten

Nädelchen zusammengesetzt schien (Fig. 3). Aber es fehlte eine deutliche Doppelbrechung, die an gleich grossen (bis 0,05 Mm. D.) und mit gleich dicker Nadelschale versehenen Calcophosphatsphäriten immer auf das auffälligste hervortritt. Betrachtet man diese Schale während der Wassereinwirkung bei starken Vergrösserungen, so erkennt man, dass die in derselben sichtbare radiale Streifung dadurch hervorgebracht wird, dass ungemein kleine Körnchen in Radialreihen zu Stäbchen geordnet erscheinen. Während der Einwirkung des Wassers wird diese Schale immer hyaliner, indem die aus Körnchen bestehenden Stäbchen verschwinden. Je länger das Wasser einwirkt, desto breiter wird die Schale auf Kosten des Kernes, der endlich ganz verschwindet. Bei Lösung der Körnchenreihen in der Schale bleibt nichtsdestoweniger eine, freilich nur sehr schwache, Radialstreifung erhalten, die öfters in dem Maasse, als die Schale breiter wird, auch in dem inneren Theile des Sphäriten erkennbar wird.

Bei anderen Sphäriten macht sich auch schon vor Einwirkung des Wassers eine innere Structur bemerkbar. Bald erscheint nur ein secundärer, dichter Kern ausgeschieden (der öfters selbst wieder eine centrale hellere Partie erkennen lässt [Fig. 2, 3]), bald sind concentrische Schichten (bis zu 6) sichtbar, die, radial gestreift und dunkler erscheinend oder nur letztere Eigenschaft zeigend, sich oft ungemein scharf von den hellen homogenen, dazwischen liegenden Zonen abheben (Fig. 4). Das Bild ist ganz dasselbe, wie es so häufig die typischen Sphärokrystalle des Inulin zeigen, nur dass dort bestimmt krystallinische, deutlich doppelbrechende Nadelschalen vorhanden sind, während hier eine Polarisationswirkung nicht wahrnehmbar ist.

Eine radiale Structur ist hier aber wenigstens schichtenweise unzweifelhaft vorhanden. Es ergibt sich dies schon aus der Radialreihung der Körnchen, aber auch aus den Erscheinungen, welche sich beim Zerdrücken der ungemein spröden Sphärite erkennbar machen. Sind diese concentrisch geschichtet, so zerspringen sie immer mit radialen Rissen; erscheint nur eine peripherische Schale radial gestreift und der Kern homogen, so entstehen nur in jener radiale Sprünge, während sie in diesem, falls sie überhaupt auftreten, keine bestimmte Richtung einhalten. Aber auch in diesen Fällen ist der Kern vielleicht nie homogen. Man kann dies öfters schon an in Alcohol liegenden Kugeln bei stärkeren Vergrösserungen unmittelbar beobachten: die Substanz erscheint als ein dichtes Aggregat kleiner, verschiedene Grösse zeigender Körnchen, aber ohne irgend merkbare radiale Reihung derselben. — Wir finden also in diesen Sphäriten be-

zöglich ihrer Structur alle jene Modificationen wieder, wie sie VOGEL-SANG für die Kugelkrystalliten der Silicatgesteine unterschieden hat. Die aus dicht gedrängten Körnchen („Globuliten“) bestehenden Kugeln würden seinen „Cumuliten“, die mit centraler Reihung derselben seinen „Globosphäriten“ zuzurechnen sein; die strahlig-krystallinisch entwickelten Kugeln, wie sie namentlich in den Athemhöhlen auftreten, würden den „Belonosphäriten“ (Nadelsphärolithen) entsprechen. Aber so wie dort lassen sich diese kugeligen Aggregate häufig nicht mit Bestimmtheit weder der einen oder der anderen Modification zutheilen, weil in einem und demselben Sphärolithen der Entwicklungszustand nicht in der ganzen Masse derselbe ist und bald radiale, bald concentrische Abgrenzungen deutlicher hervortreten.

Dass auch diese Sphärite, sowie die in den Athemhöhlen gebildeten und deutlich krystallinische Structur zeigenden chemisch nicht homogen sind, zeigen schon die oben beschriebenen Erscheinungen bei Einwirkung des Wassers, wo in dem zurückbleibenden Substanzreste noch Form und Structur des Sphäriten erhalten bleibt. Setzt man dem Wasser etwas Farbstoff zu (Carmin, Methylenblau), so wird der Sphärit, von aussen nach innen fortschreitend, oft äusserst intensiv gefärbt, und es werden dabei häufig früher nicht beobachtete Structureigenthümlichkeiten sichtbar, welche offenbar mit der wechselnden Vertheilung der beiden am Aufbau beteiligten Substanzen zusammenhängen, wobei noch zu beachten ist, dass auch die restirende Substanz in Wasser — wenn auch schwieriger — löslich ist und theilweise vor Eintritt der Färbung entfernt worden sein kann. Ursprünglich homogen erscheinende Kugeln erscheinen bei Anwendung der genannten Tinctionsmittel der Structur nach bald ebenfalls homogen, aber die Intensität der Färbung ist an der Peripherie am grössten und nimmt nach innen ab, so dass sie fast wie Hohlkugeln aussehen; bald wieder zeigen sie sich von hellen, durch intensiv gefärbte Scheidewände abgegrenzte Kammern dicht durchsetzt und erhalten so ein grobporöses Aussehen. In jenen Sphäriten, in denen ein centraler Kern ausgeschieden erscheint, wird dieser immer sehr intensiv gefärbt (Fig. 5), und war früher eine concentrische Schichtung sichtbar, so bleibt diese dadurch auch noch weiter erkennbar, dass intensiver gefärbte Schalen mit heller bleibenden abwechseln (Fig. 6). Aber auch dort, wo die um den centralen Kern gelagerte Substanz vor Einwirkung des Reagens eine radiale oder concentrische Structur nicht erkennen lässt und cumulitische Anordnung der Einzelelemente (Körnchen) zeigt, erscheint nach der Färbung öfters eine Schichtung angedeutet.

Das Verhalten dieser Sphärite in Farbstofflösungen zeigt uns also nicht allein, dass dieselben aus zwei verschiedenen Substanzen bestehen, sondern auch, dass die Vertheilung derselben nach den einzelnen Kugeln eine ungemein wechselnde ist.

Dass die eine dieser Substanzen Calciumphosphat, die andere eine organische Verbindung ist, zeigt auch das Verhalten der Sphärite beim Glühen, und in besonders günstigen Fällen gestattet auch schon die Ausbildung der Aschenskelette einen Schluss auf die Vertheilung des Kalksalzes im Sphäritenkörper: ausnahmslos werden die Kugeln beim Glühen (am Deckgläschen) vorerst dunkelbraun, und erscheinen, wenn endlich die Zellhäute schon vollkommen weiss gebrannt sind, ohne ihre Form wesentlich verändert zu haben, tief schwarz. Aber wieder beobachten wir manche Unterschiede: bald erscheint die ganze Masse gleichförmig dunkel gekörnt, bald unterscheidet man einen dunklen Kern und eine schwarze, von jenem durch eine helle Zone getrennten Ring, an manchen ist wieder nur die Schale geschwärzt, so dass sie wie Hohlkugeln erscheinen. Glüht man das Präparat nun weiter, so werden die Kugeln endlich glänzend weiss, und wieder erscheint die Aschenkugel entweder durch ihre ganze Dicke grobporös, oder, was häufiger ist, als Hohlkugel; ja ich habe einige Male selbst Präparate erhalten, wo die Aschenkörnerchen in concentrischen, von einander getrennten Kugelschalen angeordnet waren.

Es lässt sich durch die bekannten Reactionen leicht nachweisen, dass die Asche aus Calciumphosphat besteht. Welcher Natur aber der verbrennliche Bestandtheil ist, lässt sich nicht sagen, und gewiss ist nur, dass es kein fettartiger Körper ist, da die Unveränderlichkeit der Sphärite in (kochendem) Alcohol und Aether entschieden dagegen spricht.

Ich habe schon eingangs erwähnt, dass in der lebenden Pflanze das Calciumphosphat in den schleimführenden Zellen des farblosen Parenchymgewebes enthalten ist. Im Alcoholmateriale erscheint dieser Schleim in der Zelle zu einem Klumpen contrahirt, der sich leicht frei präpariren und auf seinen Gehalt an dem Kalksalze untersuchen lässt.

Diese Schleimklumpen liegen in der Regel in der Mitte des Zelllumens und wiederholen in ihrer Form entweder nur annähernd oder vollkommen genau die Form der Zelle (Fig. 7—9). Sie stehen durch zahlreiche feine Fäden mit dem dünnen, nicht contrahirten, plasmatischen Wandbelege, in dem auch der Zellkern und eventuell Chlorophyll- und Stärkekörner liegen, in Verbindung¹⁾. Die

1) In jungen Stengeltheilen (Blüthenstiel und Schaft) findet man im Rindengewebe die Zellkerne immer an den Querwänden, und in sehr

Substanz des Schleimklumpens erscheint in den einfachsten Fällen glänzend gummiartig und fast homogen, doch erkennt man bei stärkerer Vergrößerung und namentlich während der durch Wassereinwirkung erfolgenden Quellung, dass sie von ungemein feinen Körnchen durchsetzt ist. In der Mitte solcher Klumpen ist öfters ein unregelmässig geformter Hohlraum (offenbar der Rest des Zellenlumens) erkennbar, in welchem manchmal ein krystallähnlicher Körper oder ein Aggregat kleiner Kügelchen liegt, welche Bildungen namentlich nach Quellung des Schleimes sehr deutlich hervortreten (Fig. 15). Diese Form haben die Schleimklumpen in den jungen Parenchymzellen des Blütenstiemes und des Schaftes vor vollendeter Streckung derselben. In älteren und sehr schleimreichen Geweben, wie besonders im Basaltheile junger Früchte, zeigen aber die Schleimklumpen eine deutlich geschichtete Zusammensetzung, welcher Bau dadurch hervorgebracht wird, dass körnchenreiche und körnchenarme Schalen mit einander ab-

kurzen (noch nicht in Streckung eingetretenen) Zellen immer so, dass sie, die ganze Höhe der Zelle durchsetzend, beiden Querwänden anliegen (Fig. 14). Wenn nun die Streckung beginnt, so wird der Kern, der beiderseits mit dem Plasmasacke fest an den Querwänden haften bleibt, in der Mitte fadenförmig ausgezogen (Fig. 15). Der die beiden (mit je einem Kernkörperchen versehenen) Kernhälften verbindende Faden wird später entweder zerrissen — die Zelle hat dann 2 oft noch die fädigen Fortsätze zeigende Kerne (deren einer aber später verschwindet) — oder er bleibt, indem sich eine Kernhälfte von der Zellwand lostrennt, erhalten, und es entstehen jene merkwürdigen Kernformen, wie sie namentlich in den schleimführenden Rindenzellen der Blütenstiele um die Zeit der Blütenentfaltung so häufig angetroffen werden (Fig. 13, 17). In jedem Falle reichen also Theile des Kernes bis mitten in die das Zelllumen erfüllende Schleimmasse (Fig. 16), und namentlich in jenen Fällen, wo die von der Wand abgehobene Kernhälfte mitten im Schleimklumpen liegt, kann man sich kaum des Gedankens erwehren, es könnte der Kern irgendwie zur Schleimbildung in Beziehung stehen. Aber es fehlt jeder thatsächliche Anhaltspunkt, um eine solche Beziehung auch nur vermuthungsweise hier auszusprechen, und ich möchte daher die Zahl der dem Zellkern und wohl auch ohne sichere Begründung schon aufocroirten Functionen nicht noch um eine neue vermehren.

Ich habe den Fall hier nur deshalb angeführt, weil an diesem Objecte die directe Kerntheilung unmittelbar verfolgt werden kann, und weil hier, wie mir scheint, auch die ausserhalb des Kernes liegende mechanische Ursache derselben ziemlich auffällig hervortritt.

Nach vollendeter Gewebestreckung findet man solche hantelförmige Zellkerne nur selten; ich weiss aber nicht zu sagen, ob der Grund in einer Auflösung der von der Zellwand abgezogenen Kernhälfte oder in einer späteren Wiedervereinigung beider Theile gelegen ist.

ms
zen
in-
ne
im
die
les
im
enn
ane
ler
nze
nen
one
rzt,
nun
eint
was
ate
ge-
sen,
ber
wiss
der
cht.
nze
sen
eser
frei
sst.
des
rd
hen
ra-
und
Die
man
sehr

wechseln, und dass im Centrum des Klumpens durch die dichteste Lagerung der Körnchen ein oft homogen erscheinender Kern entwickelt erscheint (Fig. 8, 11). Da die körnerreichen Schalen nach innen scharf abgegrenzt sind, nach aussen aber allmählich in die körnerarmen übergehen, so kann man eigentlich sagen, dass der Schleimklumpen aus Schalen besteht, in deren jeder der Körnchengehalt nach innen zunimmt. Setzt man diesen Schleimklumpen Wasser zu, so wird diese schichtweise Vertheilung der Körnchen noch deutlicher (Fig. 11). Nur gradweise verschieden ist von dieser Ausbildung der Schleimklumpen die, wie wir sie in minder schleimreichen Zellen, wie namentlich im Blatte finden (Fig. 7); die körnerreichen Partien bilden um den körnerreichen centralen Theil (Kern) dünne Schalen, welche von einander durch weite, hyaline Räume getrennt sind, die von körnerreichen Platten und Strängen durchsetzt werden. Dabei ist um den Kern entweder nur eine solche Körnerschicht vorhanden, oder es steigt die Zahl bis 4 und mehr. Immer hängt die äusserste Körnerschicht mit dem wandständigen Plasmabelege durch fein gekörnte Stränge und Balken zusammen (Fig. 7—11).

Der geschichtete Bau des contrahirten Schleimklumpens legt den Gedanken nahe, dass die Schichtung des Schleimes nicht erst der Einwirkung des Alcohols zuzuschreiben, sondern schon in der lebenden Zelle vorhanden sei, was um so möglicher wäre, wenn wir hier den Schleim in ähnlicher Weise, wie in so vielen anderen Zellen, als aus der Metamorphose der inneren Zellhautschichten hervorgegangen annehmen dürften. An eine solche Zellhautmetamorphose ist aber in unserem Falle natürlich aus dem Grunde nicht zu denken, weil ja der Schleim innerhalb des plasmatischen Wandbeleges gelegen ist. Andererseits ist es gewiss, dass die Körnchen nicht schon ursprünglich vorhanden sind, sondern erst durch die Wirkung des Alcohols aus dem Schleime niedergeschlagen werden. Auch wäre es mit der Annahme einer schon ursprünglichen Schichtung kaum vereinbar, dass, wie es — aber freilich selten und vorzüglich nur in sehr lang gestreckten Zellen — hie und da vorkommt, der Schleim sich in mehrere gesonderte Klumpen zusammenzieht, die aber selbst wieder und in gleicher Weise geschichteten Bau zeigen.

Man kann übrigens die Entstehung dieser geschichteten Schleimklumpen direct unter dem Mikroskope verfolgen: im frischen Zustande sind die farblosen Parenchymzellen mit Schleim erfüllt und vollkommen hyalin. Ein wandständiger, schöne Circulationsströmung zeigender Plasmabeleg enthält den Zellkern und einzelne Chlorophyll- eventuell

auch kleine Stärkekörner. In der Mitte der Zelle liegt öfters ein Aggregat kleiner Kügelchen, die sich nach einigen Beobachtungen als nicht aus Calciumoxalat bestehend erweisen. Setzt man nun dem frischen Schnitte Alcohol zu, so bildet sich in dem früher durchaus homogenen Schleime ein ungemein feinkörniger Niederschlag. Gleich darauf beginnt die Contraction der Schleimmasse zu einem Klumpen, der aber durch zahlreiche, meist ungemein feine Fäden mit dem Wandbelege in Verbindung bleibt. Nun erhält der früher verschwommen begrenzte Klumpen durch Verdichtung (und Erhärtung) der peripherisch gelegenen Schleimlagen und durch Zunahme der Körnchenausscheidung in ihnen eine schärfere Contour — es hat sich die äusserste Körnerschale gebildet, welche nun unverändert bleibt, wogegen die innerhalb gelegenen Schleimmassen die Contraction fortsetzen, mit der erhärteten Schale aber wieder durch Schleimstränge in Verbindung bleiben. Es kann sich dieser Process mehrere Male wiederholen, wir erhalten dann jene oben besprochenen mehrfach geschichteten Klumpen; oder es erfolgt nach Bildung der ersten Schale eine vollkommene und continuirliche Contraction zu einem centralen Klumpen. Es kann aber auch die Contraction ohne frühere Schalenbildung erfolgen — und die vom centralen Ballen ausstrahlenden Schleimstränge reichen unmittelbar bis zur Zellwandung. Die Form, unter welcher die Schleimcontraction erfolgt, ist offenbar abhängig von der Schnelligkeit und dem Contractionsgrade des centripetal in das Zelllumen vordringenden Alcohols, wird aber gewiss auch von der ursprünglichen Consistenz des Schleimes und von seinem Gehalte an dem in Körnchenform zur Ausfällung gelangenden Stoffe mit bestimmt (Fig. 7, 9, 10).

Dass dieser körnige Niederschlag vorwiegend aus Calciumphosphat besteht, darüber kann kein Zweifel sein. Ich erinnere daran, dass, wie ich eingangs mittheilte, die an isolirten Klumpen vorgenommenen Reactionen bestimmt dafür sprechen, und dass auch der frische, aus der Schnittfläche hervortretende Schleim reich an diesem Stoffe ist¹⁾. Wo die körner-(also calciumphosphat-)reichen Schichten dicht gedrängt liegen, da erhält man natürlich bei Einwirkung von Schwefelsäure keine der vorzugsweise schichtweisen Lagerung des Salzes entsprechende geschichtete Lagerung der sich bildenden Gypskristalle. Nimmt man

1) Setzt man dem frischen Schleime Ammoniummolybdat zu, so erhält man öfters statt der typischen Krystalle des Phosphormolybdänsäure-Ammons wunderschöne Sphärokrystalle, Scheiben, in denen die Radialstructur und namentlich die concentrische Schichtung auf das deutlichste hervortritt.

aber zum Versuche grosse Zellen des Blattes, in welchen sehr häufig nur eine vom centralen Schleimklumpen weit abstehende Körnchenschicht zur Ausscheidung gelangt ist (Fig. 7), so gelingt es unter der raschen Ausscheidung des sich bildenden Gypses besonders günstigen Umständen, an Stelle dieser Körnchenschicht eine aus Gypsnadeln bestehende Schale zu erhalten.

Der bei der Alcoholeinwirkung immer der Zellwand dicht angeschmiegt bleibende Plasmabeleg lässt sich, wo körnige Einschlüsse fehlen, sehr schwer sichtbar machen, und könnte öfters leicht übersehen werden, wenn nicht der immer wandständig bleibende Zellkern als Anhaltspunkt für die Beobachtung dienen würde. Man kann aber durch Anwendung anderer Reagentien denselben zur Contraction bringen: lässt man auf frische Schnitte eine stärkere Kochsalzlösung einwirken, so zieht sich der Plasmasack unter Mitnahme des Zellkernes von der Wand zurück, und der gesammte Zellinhalt erscheint nun in bekannter Weise im Zellenlumen zur glatten Kugel abgerundet. Der Schleim ist vorerst ganz hyalin geblieben, nur in der Mitte ist das maulbeerartige Körnchenaggregat sichtbar (Fig. 12). Lässt man nun Alcohol einwirken, so beginnt sogleich innerhalb des Plasmasackes in der früher beschriebenen Weise die Schleimcontraction, und man erkennt nun den unmittelbaren Ansatz der restirenden Schleimfäden am Plasmasacke. Es zeigt dieser sehr häufig netzartige Structur und es setzen jene Fäden in den Maschen des Netzwerkes an.

Als ich den Bau dieser Schleimklumpen und ihre Entstehung studirt hatte, war ich sehr geneigt, die dabei beobachteten Erscheinungen auf jene oben erwähnten isotropen Sphärite zu übertragen.

Man könnte annehmen, dass hier die zu grosse Viscosität des Schleimes die Abrundung zur Kugelform zwar verhindere, dass aber der nach innen fortschreitende Erstarrungs- und Ausfällungsprocess in beiden Fällen im wesentlichen gleich sei.

Es waren vor allem diese bei der Entstehung der geschichteten Schleimklumpen zu beobachtenden Erscheinungen und namentlich die centripetal fortschreitende, durch Ausscheidungsvorgänge bewirkte Schichtenbildung, welche mir die HANSEN'sche Anschauung über die Bildung der Sphärokrystalle (vergl. pg. 261) so plausibel erscheinen liessen, und welche mich veranlassten, eine ähnliche Entstehung auch für die Calcophosphatsphärite der *Dahlia*-Knollen für höchst wahrscheinlich zu halten, also anzunehmen, dass die Structur des Sphäriten Folge eines nachträglichen Differenzirungsvorganges des ausgeschiedenen

Flüssigkeitsstropfens sei¹⁾. Es waren mir damals noch keine Thatsachen bekannt, welche dieser Vorstellung widersprachen. Ich habe aber jetzt gegen die Annahme eines solchen nachträglichen Differenzirungsvorganges manche Bedenken und ich werde noch Gelegenheit haben, auf dieselben zurückzukommen. Hier will ich nur hervorheben, dass ich später auch bei *Galtonia* bei genauerem Studium der durch Verwachsungen einzelner Sphärite gebildeten Aggregate und des an ihnen zu beobachtenden Schichtenverlaufes (Fig. 4) Erscheinungen kennen lernte, welche, wie ich glaube, gar nicht anders als durch die Annahme einer successiven Auflagerung der Schichten erklärt werden können. Auch darf man nicht vergessen, dass in jenen geschichteten Schleimklumpen eben der quellbare Schleim als wesentlich formbildendes Element erscheint, während in den Sphäriten die am Aufbau der Kugel sich beteiligende organische Substanz keine Quellungserscheinungen zeigt.

Fassen wir nun das wesentlichste der im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen über die sphäritischen Ausscheidungsformen des Calciumphosphates bei *Galtonia* nochmals zusammen, so ergibt sich Folgendes:

1. Ausser den deutliche krystallinische Structur und radialfaserige Zusammensetzung zeigenden, namentlich in den Athemhöhlen zur Abscheidung gelangenden und durch starke Doppelbrechung ausgezeichneten Sphäriten findet man öfters auch solche, an denen trotz ihrer ansehnlichen Grösse eine Doppelbrechung in keiner Weise nachzuweisen ist (pg. 305).

2. Aber auch diese nicht doppeltbrechenden Sphärite erscheinen häufig deutlich concentrisch geschichtet. Diese Schichtung wird dadurch hervorgebracht, dass um einen anscheinend homogenen Kern Schalen gelagert erscheinen, die körnige Zusammensetzung zeigen. Die Differenz der Schalen wird durch eine dichtere oder lockere Gruppierung der Körnchen hervorgebracht (pg. 306).

3. Die Körnchen in den einzelnen Schalen sind häufig ganz regellos geordnet. In anderen Fällen aber zeigen sie radiale Reihung. Es erhält dadurch die Schicht eine gewisse radialfaserige Structur, als wäre sie aus radialgestellten Stäbchen aufgebaut.

4. In allen sphäritischen Ausscheidungsformen, ob sie nun deutlich krystallinische Structur zeigen oder nicht, ist neben dem Calciumphosphat noch als wesentlicher Bestandtheil eine organische Substanz

1) Bot. Ztg., 1887, No. 10.

am Aufbau des Sphäritenkörpers beteiligt. Es ergibt sich dies aus dem Verhalten der Sphärite beim Glühen, wie in wässrigen Farbstofflösungen (pg. 307).

5. Die Vertheilung der organischen Substanz im Sphäritenkörper ist verschieden. Sie ist bald in den peripherischen, bald in den centralen Partien reichlicher vorhanden. Wo ein homogen erscheinender centraler Kern ausgeschieden ist, da scheint derselbe ausschliesslich aus organischer Substanz zu bestehen.

6. In den isotropen geschichteten Sphäriten (2) sind die körnerärmeren Schichten reicher, die körnerreicheren ärmer an organischer Substanz, so dass es wahrscheinlich ist, dass die körnigen (und ebenso die krystallinisch ausgebildeten) Bestandtheile des Sphäritenkörpers aus Calciumphosphat bestehen und in der organischen Grundsubstanz eingebettet erscheinen.

7. Der Verlauf der gemeinsamen Schichten an den Sphäritenaggregaten kann nur durch die Annahme einer successiven Schichtenauflagerung erklärt werden.

4. Die Sphärite der cactusartigen *Euphorbien* und *Asclepiadeen*.

In den Caulomen vieler — vielleicht aller — cactusähnlichen Arten der Gattung *Euphorbia* und ebenso in denen von *Stapelia* und *Ceropegia* ruft die Einwirkung des Alcohols die Abscheidung von Sphäriten hervor.

Die der *Euphorbien* wurden bekanntlich von HANSEN auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften genauer untersucht. Ich werde noch später Veranlassung haben, auf diese Beobachtungen zurückzukommen, und will hier nur anführen, dass HANSEN an vielen dieser Sphärite einen amorphen Kern und eine demselben aufgelagerte, aus feinen, radial gestellten Krystallnadelchen zusammengesetzte Schale unterscheiden konnte. Doch sollten Kern wie Schale im wesentlichen (d. h. abgesehen von den zufälligen Einschlüssen) aus Calciumphosphat bestehen.

Ich habe später in den in Alcohol aufbewahrten *Dahlia*-Knollen (neben den Sphärokrystallen des Inulins) ganz ähnlich gebaute Sphärite aufgefunden, die sich ebenfalls durch einen reichen Gehalt an Calciumphosphat auszeichneten. Es hatten aber die genaueren Untersuchungen ergeben, dass neben diesem Salze auch noch eine organische Substanz an dem Aufbau des Sphäritenkörpers wesentlichen Antheil

nimmt, und dass in jenen Sphäriten, in denen die Differenz zwischen einem amorphen Kern und einer krystallinischen Schale deutlich hervortrat, jener wesentlich aus organischer Substanz, diese aber und speciell die sie aufbauenden Krystallnadelchen, aus Calciumphosphat bestehen ¹⁾.

Es zeigten also diese *Dahlia*-Sphärite weit mehr Uebereinstimmung mit denen von *Galtonia*, und es schien mir nun geboten, auch die *Euphorbien*-Sphärite, und namentlich in Bezug auf obigen, ihre chemische Constitution betreffenden Punkt, neuerdings zu untersuchen. Es haben sich dabei aber auch mit Rücksicht auf ihr morphologisches Verhalten manche neue und für die Theorie der Sphäritenbildung nicht unwichtige Thatsachen ergeben, so dass ich eine etwas ausführlichere Mittheilung über diese Sphärite für nicht überflüssig halte.

Ich möchte vorerst über den Ort der Ausscheidung der Sphärite einige Bemerkungen machen:

Bei allen cactusähnlichen *Euphorbien*, desgleichen bei *Stapelien* und *Ceropegien* (*C. stapeliaeformis*) trennt der Gefässcyylinder ein grosszelliges, fast keinen körnigen Inhalt führendes Mark von Rindenparenchym, dessen Zellen nach der Peripherie immer chlorophyllreicher werden. In den inneren, dem Gefässcyylinder angrenzenden Theilen ist ziemlich viel Stärke vorhanden, und bei *E. nereifolia* fand ich diese innere, sehr grosse Stärkekörner führende Rinde so scharf von der äusseren geschieden, dass sie an in verdünnte Jodlösung gelegten Querschnitten als tief blau gefärbtes Band ganz auffällig hervortritt ²⁾.

1) Ich verweise auf meine Abhandlung in der Bot. Zeitg., 1887, No. 9, 10.

2) Bei mehreren *Euphorbien* (namentlich bei *E. grandidens* und *E. trigona*) fanden sich im peripherischen Rindengewebe, und zwar ausnahmslos innerhalb der contrahirten Plasmasäcke, hellglänzende, kugelige Körper, bald einzelne grössere, bis 16 Mik. Durchm. erreichende, bald paarweise verwachsene, bald zahlreichere kleinere, die zu maulbeerartigen Gruppen verbunden waren (Taf. IX, Fig. 18). Sie erschienen fast regelmässig in den äussersten Zellenlagen am grössten und waren dort in jeder Zelle nur in der Einzahl vorhanden, weiter nach innen fanden sich mehrere und kleinere in jeder Zelle. Sie sehen den Stärkekörnern (*E. nereifolia*) oft täuschend ähnlich, und die grösseren könnten wohl auch zu den sphäroidalen calciumphosphathaltigen Ausscheidungsformen in Beziehung gebracht werden, da wir sehen werden, dass auch bei diesen eine Doppelbrechung öfters nicht nachgewiesen werden kann. Nicht der Mangel an Anisotropie also, wohl aber ihr anderweitiges physikalisches und chemisches Verhalten zeigte unzweifelhaft, dass hier Körper ganz anderer chemischer Natur vorlagen. Sie waren unlöslich in Wasser, Al-

Man kann sich durch Isolirung der Gewebe leicht überzeugen, dass die die Sphäriten bildenden Substanzen ebenso im Marke wie in der Rinde vorhanden sind, und ebenso findet man im Alcoholmateriale, das nicht in zu grossen Stücken eingelegt wurde, die Sphärite in beiden Geweben. Doch tritt gewöhnlich auch in diesen Fällen ein grösserer Reichthum der Rinde an Ausscheidungen ganz unverkennbar hervor. In grösseren Caulomstücken aber, namentlich ganzen Sprossgliedern, sucht man im Marke häufig ganz vergebens nach Sphäriten, die dann vorzugsweise in dem äussersten Rindengewebe und nicht selten so nahe an der Oberfläche auftreten; dass, wie so häufig bei den an den Zellwänden haftenden Sphäriten, nur Kugelabschnitte ausgebildet erscheinen. Diese, oft ganze Zellgruppen einschliessenden sphäritischen

alcohol und Aether, und ebenso in verdünnter Schwefelsäure, nahmen Farbstoffe (Methylgrün, Methylenblau, Carmin) begierig auf, wurden durch Jod gelb bis braun gefärbt. In Kalilauge quollen sie vor ihrem Verschwinden unter Gelbfärbung sehr stark auf, wobei ein peripherisches Häutchen am längsten erhalten blieb. Es wiesen diese Reactionen auf eine eiweissartige Substanz hin, und da die spätere Untersuchung zeigte, dass sie auch schon in der lebenden Zelle vorhanden sind (*E. grandidens*), und nicht erst durch die Einwirkung des Alcohols gebildet wurden, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass wir diese kugeligen Körper den Proteinkörnern beizählen müssen.

Weder im frischen Zustande, noch nach Alcoholbehandlung ist an diesen Kugeln irgend welche Structur bemerkbar, wohl aber finden sich in ihnen öfters Vacuolen, bald einige wenige grössere oder zahlreiche kleinere, durch welche die Masse des Kornes öfters ein schaumiges Aussehen gewinnt. Nach Einwirkung schwacher Salzsäure werden die Vacuolen, wo vorhanden, grösser; auch früher homogene Kugeln werden durch dieses Reagens angegriffen und erscheinen nun mit ungemein zahlreichen, kleinen Vacuolen durchsetzt, die endlich zu einer einzigen grossen Vacuole zusammenfliessen. Die Körner stellen nun Blasen dar, deren Wand öfters geschichtet erscheint und die, wie die unbehandelten Körner, durch Jodlösungen gelb gefärbt wird.

Die durch Salzsäure aus den Körnern herausgelöste Substanz dürfte von der des übrig bleibenden Kornes chemisch wohl nicht verschieden sein, zum mindesten ist sie nicht Calciumphosphat. Dagegen spricht schon das Verhalten der Körner in Schwefelsäure und in Ammonmolybdat, welche Reagentien zwar constant und häufig selbst in den Körner führenden Zellen die charakteristischen Niederschläge geben, aber die Körner selbst vollkommen unverändert lassen. Im Alcoholmateriale lässt sich denn auch das ausgeschiedene Calciumphosphat direct nachweisen: die Proteinkugeln erscheinen von eckigen Körnern und kleineren Kügelchen umlagert, die durch die starke Anisotropie sich von jenen leicht unterscheiden lassen und bei Anwendung jener Reagentien verschwinden.

Aggregate werden an der Aussenfläche derartiger Caulome schon mit freiem Auge sichtbar, und erscheinen als glänzend weisse, meist kreisrunde Flecken und sind oft so dicht gestellt, dass die ganze Oberfläche des Sprosses ein geflecktes Ansehen erhält (*E. canariensis*, *E. virosa*, *Stapelia patula*, *Ceropegia stapeliaeformis*). Ich habe auf diese so häufig zu beobachtende peripherische Lage der Ausscheidungsproducte schon pg. 272 hingewiesen, und glaube dort auch die richtige Erklärung dafür gegeben zu haben.

Einige Bemerkungen erfordert auch die Lage der Sphäriten in der Zelle und namentlich gegenüber dem Protoplasmasacke:

In den Zellen des Markes erscheint der ungemein dünne protoplasmatische Wandbeleg entweder gar nicht contrahirt oder nur lokal und im geringeren Maasse von der Wand abgehoben. Anders in den Zellen der Rinde. Hier ist die Contraction in der Regel so vollständig, dass die Plasmasäcke vollkommen frei im Zelllumen liegen und durch Zerreißen der Zellen in Mengen freigelegt werden können. In grösseren Caulomstücken ist die Contraction immer vollständiger und findet dort stellenweise, aber in geringerem Maasse, auch in den Markzellen statt, während es in kleineren Stücken und dünneren Querscheiben nicht selten auch in den Rindenzellen nur zu einer unvollkommenen Contraction kommen kann. Offenbar hängt dies von dem Grade der Schnelligkeit der Einwirkung des Alcohols ab, und es findet — wie in anderen Fällen — eine um so vollständigere Ablösung des Wandbeleges von der Zellhaut, also eine um so vollständigere Contraction statt, je langsamer die Einwirkung des Alcohols sich geltend machen kann.

Die Lage der Sphäriten gegenüber den Plasmasäcken ist nun von den letzteren durchaus unabhängig, wird aber natürlich durch den Grad der Contraction derselben und somit auch durch Schnelligkeit der Alcoholeinwirkung mit bestimmt. Die rasche Einwirkung des Alcohols, bei welcher keine oder nur eine geringe und lokale Abhebung des Plasmasackes stattfindet, bewirkt aber gleichzeitig eine rasche Fällung der im Zellsafte gelösten Stoffe, und wir finden dementsprechend die Sphärite vorzüglich innerhalb des Plasmasackes ausgeschieden. So ist es, wenn dünnere Querscheiben eingelegt werden, wo dann zahlreiche kleine Sphärite auftreten. Gelangen aber — wie beim Einlegen grösserer Caulomstücke — die Plasmasäcke zu mehr oder weniger vollkommener Contraction, so bilden sich selten mehrere Sphärite in einer Zelle, sondern die zur Ausfällung gelangenden Substanzen diffundiren nach einzelnen Stellen hin, und die Sphärite erscheinen nur ver-

einzelnt und sind um so grösser, je weniger deren vorhanden sind. Liegt nun ein solcher Sphärit ganz innerhalb einer Zelle, so erscheint er bei auch nur etwas contrahirtem Plasmasacke wohl höchst selten vollkommen in diesen eingeschlossen, sondern er liegt bald ganz ausserhalb desselben (also zwischen Wand und Plasmasack), bald ist er wieder von diesem durchsetzt, ja es kann vorkommen, dass der (stark) contrahierte Plasmasack selbst vollkommen im Sphäriten eingeschlossen ist. Wir finden hier also ganz dieselbe Mannigfaltigkeit der Lagerung der Sphäriten, wie ich sie schon für *Dahlia* seinerzeit beschrieben und an einigen schematisirten Holzschnitten zur Ansicht gebracht habe (vergl. auch Taf. IV, Fig. 19 u. 20).

So wie bei den Ausscheidungen des Inulins kommt es auch hier häufig vor, dass die Sphärite Zellwände in sich einschliessen, sei es, dass sie nur von einer Zellwand durchsetzt werden oder, in den Zellecken liegend, in drei Zellen hineinragen, wo sie dann wieder entweder ganz ausserhalb der Plasmasäcke liegen oder Theile derselben einschliessen. Umfasst der Sphärit ganze Zellgruppen, so sind natürlich zahlreiche Plasmasäcke innerhalb des Sphäritenkörpers und wir sehen den Raum der einzelnen Zellen von der Sphäritensubstanz so erfüllt, als ob der Plasmasack eben gar nicht vorhanden wäre.

Was nun den Bau der Sphäriten betrifft, so muss vorerst hervorgehoben werden, dass, wie ja schon HANSEN betont hat, alle Uebergänge von typischen Sphärokrystallen zu wirklichen Drusen, wo die einzelnen Krystallspitzen isolirt über die Gesamtoberfläche hervorragen, aufzufinden sind. Es ist dies, wie ich glaube, für die Beurtheilung der Ansichten über die Sphäritenbildung von einiger Bedeutung, weil es im Vorhinein wenig wahrscheinlich ist, dass Gebilden, welche durch alle nur denkbaren Uebergänge mit einander verbunden sind, nicht sollte im wesentlichen dieselbe Entstehungsweise zu Grunde liegen. —

Der Bau der Sphäriten ist häufig genau so, wie er von HANSEN zuerst erkannt und beschrieben wurde und wie ich ihn später auch für die Calcophosphatsphärite der *Dahlia*-Knollen angegeben habe: Eine aus feinen, radialgestellten, nadelförmigen Kryställchen gebildete Schale umschliesst einen anscheinend structurlosen Kern, der entsprechend der Gestalt des Sphäriten bald kugelig, bald halbkugelig ist, bald — bei verwachsenen Sphäriten — nur einen grösseren Kugelabschnitt darstellt. Dabei ist die Grösse des Sphäriten wesentlich nur von der Grösse des Kernes abhängig, da die Dicke der Nadelchale und somit die Länge der Krystallnadelchen nicht im Verhält-

nisse zur Grösse des Kernes steigt und fällt und in ziemlich engen Grenzen schwankt. So hatten Sphärite von 135 Mik. Durchmesser nur eine Schale von 7 Mik. Dicke, und die gleiche Dicke der Nadelschale zeigten daneben liegende Sphärite mit nur 50 Mik. Durchm. Bleibt so die Dicke der Nadelschale also die Länge der Krystallnadelchen an allen Sphäriten eines Präparates, ja selbst eines nicht zu grossen Caulomstückes nahezu gleich, so wechselt sie doch an den Sphäriten verschiedener, aber zugleich eingelegter Stücke in nicht unbedeutendem Grade. So zeigten in einem anderen Stücke desselben Caulomes (von *Stapelia patula*) die Sphärite bei einem zwischen 40 und 80 Mik. schwankenden Gesamtdurchmesser sämtlich eine Nadelschale von 9 Mik. Dicke. Die Nadelschale ist häufig vom Kern mit vollkommen scharfer Contour abgegrenzt, was man namentlich dann deutlich sieht, wenn es absichtlich oder durch Zufall gelungen ist, erstere stellenweise abzusprennen. An solchen lokal entschalteten Sphäriten aber, ebenso an durch Zerdrücken der ungemein spröden Gebilde gewonnenen Bruchstücken lässt sich nun das verschiedene optische Verhalten von Kern und Schale auf das überzeugendste nachweisen, da der starken Doppelbrechung der letzteren gegenüber ersterer auch bei Einschaltung eines empfindlichen Gypsplättchens optisch vollkommen unwirksam erscheint. Ich stimme also bezüglich der verschiedenen Molecularstructur in Kern und Schale für diese Sphärite, wie ich es auch schon seinerzeit für die gleichgebauten der *Dahlia*-Knollen angegeben habe, vollkommen mit HANSEN überein, und halte den Kern aus amorpher Substanz bestehend¹⁾.

Ich habe schon gelegentlich der Beschreibung der *Dahlia*-Sphärite darauf hingewiesen, dass öfters auch Gebilde gefunden werden, an denen eine krystallinische Schale nicht beobachtet werden kann, und wo der ganze Sphärit gewissermaassen auf den Kern reducirt erscheint. Auch bei den *Euphorbien* findet man unter den zu gleicher Zeit in

1) Ich will aber nicht unerwähnt lassen, dass in selteneren Fällen auch am Kern eine schwache Doppelbrechung bemerkbar wird. In der Regel ist dann die Nadelschale nicht mit scharfem Contour vom Kerne abgegrenzt.

Ich brauche den Ausdruck amorph, möchte jedoch bemerken, dass mit demselben, wenigstens für viele Fälle, der Aggregatzustand vielleicht nicht präcis bezeichnet ist. Es dürften hier ebenfalls Uebergangsstadien — verschiedene Entwicklungsgrade des Krystallzustandes — anzunehmen sein, wie es VOGELSAW für die Krystalliten thut, welche bei einheitlicher Form nicht physikalisch, öfters auch nicht chemisch homogen sind.

Alcohol eingelegten Caulomstücken desselben Sprosses öfters solche, wo sämtlichen Sphäriten die Nadelschale fehlt, während diese an den Sphäriten anderer Caulomstücke auf das deutlichste hervortritt.

Auch HANSEN hat derartige Sphärite schon gesehen, ebenso bei den *Euphorbien* als bei den *Marattiaceen*. Er beobachtete sie immer schon einige Tage nach dem Einlegen, und hielt sie für in Bildung begriffene Sphärokrystalle, welche aber ihre volle Ausbildung oft erst nach Monaten erhalten sollten. Ich werde noch später Gelegenheit haben, meine Bedenken gegen diese Anschauung vorzubringen, und will hier nur erwähnen, dass ich derartige isotrope Sphärite auch in Caulomstücken fand, welche über ein Jahr in Alcohol eingelegt waren, wo denn an eine noch zu erfolgende Structurveränderung wohl kaum zu denken ist.

Die bis nun beschriebenen Ausscheidungsformen sind weitaus die häufigsten, nicht bloss bei den *Euphorbien*, sondern auch bei *Stapelien* und *Ceropegia*. Eine Ausnahme fand ich nur bei *Euphorbia grandidens*, deren Caulome, in kürzere, 1—3 Ctm. lange Stücke zerschnitten, fast ein Jahr in starkem Alcohol gelegen waren. An den Schnittflächen fanden sich zahlreiche kugelige, aus locker gefügten Nadeln bestehende Krystalldrüsen von Calciumphosphat. Im Gewebe waren aber auffallend wenig Sphärite und fast ausschliesslich nur im Parenchym der inneren Rinde vorhanden. In den Zellen der äusseren Rinde fanden sich jene oben pg. 315 erwähnten Proteinkugeln in besonderer Grösse, umgeben von Krystallen, die sich als Calciumphosphat erwiesen. Auch in weiter nach innen liegenden Rindenzellen waren drusige Ausscheidungen dieses Salzes häufig, ebenso in den Zellen des Markes, wo sie sich durch ihr Verhalten gegen Essigsäure leicht von den schon in der lebenden Pflanze in grosser Menge vorkommenden Krystallen und Krystalldrüsen des Calciumoxalates unterscheiden liessen. Die relative Seltenheit der Sphärite und das reichliche Vorkommen echter Krystalldrüsen zeigte, dass in diesen von mir untersuchten Caulomstücken das Calciumphosphat zum grössten Theile nicht in Form von Sphäriten zur Ausscheidung gelangt war.

Die Sphärite fanden sich, wie schon erwähnt, fast nur in der inneren Rinde und waren an wenigen Stellen des Querschnittes zu Nestern zusammengedrängt, welche schon dem freien Auge als glänzend weisse Flecken erkennbar wurden.

Die einzelnen Sphärite zeigten sich nun bezüglich ihres Baues von den bei anderen *Euphorbien* beobachteten in bemerkenswerther Weise verschieden. Dabei sind sie aber auch unter sich durchaus nicht

gleichartig ausgebildet, wenn auch in jedem der einzelnen Nester ein Typus stets vorzuherrschen scheint. Allen gemeinsam ist aber die ungemein schwache Lichtbrechung, was so weit geht, dass sie trotz ihrer oft ganz bedeutenden Grösse (bis 0,2 Mm. D.) sehr leicht übersehen werden können und bei schwächeren Vergrösserungen nur als schwach gelblich gefärbte Flecken, deren Berandung öfters gar nicht wahrnehmbar ist, sich von dem übrigen Gewebe abheben. Bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen tritt jedoch regelmässig ein stärker lichtbrechender Kern hervor, dessen Durchmesser selbst die Hälfte des Gesamtdurchmessers des Sphäriten erreichen kann. Die diesen Kern umgebende Schale ist entweder in ihrer ganzen Dicke von gleicher Lichtbrechung, oder es nimmt diese ganz allmählich nach der Peripherie hin ab, so dass selbst eine scharfe Abgrenzung vollkommen fehlen kann. Auch treten hie und da innerhalb der Schale hellere Ringe hervor, durch welche dieselbe in ineinander geschachtelte Kugelschalen gesondert erscheint. Was das optische Verhalten betrifft, so gibt es zweifellos Sphärite, an denen auch bei ansehnlicher Grösse eine Doppelbrechung in keiner Weise nachgewiesen werden kann. Bei anderen aber erscheint der Kern entweder seiner ganzen Masse nach doppelbrechend, oder er besitzt nur eine doppelbrechende Hülle, welche dann weiters von der oben erwähnten isotropen Schale überlagert wird. Wo Doppelbrechung nachgewiesen werden kann, da erkennt man in der Regel auch den strahlig-faserigen Aufbau, und es stellt sich dem entsprechend der ganze Kern als eine Krystalldruse — einen Sphärokrystall — dar, so dass also hier die Lagerung der krystallinischen und amorphen Partien gegenüber der bei den anderen *Euphorbien* beobachteten gerade umgekehrt erscheint (Taf. IX, Fig. 21).

Unter den vielen zur Beobachtung gelangten Sphäriten dieser Caulomstücke, die im wesentlichen alle dem eben charakterisirten Typus der verkehrten Lagerung der amorphen und krystallinischen Schichten folgten, fand ich aber, freilich nur in seltenen Fällen, ein Paar bemerkenswerthe Abweichungen. Die eine derselben bestand darin, dass die dem stark doppelbrechenden Kern aufgelagerte isotrope Schicht nach aussen wieder durch eine Nadelschale begrenzt (Fig. 24) und durchaus in gleicher Weise, wie an den beschalteten Sphäriten anderer *Euphorbiaceen* ausgebildet war. Noch merkwürdiger war die Ausbildung der zweiten Art, die ich in Fig. 23 darzustellen versucht habe: Um den grossen, völlig isotropen Kern war eine mächtige Schale gelagert, welche schon bei schwächerer Vergrösserung eine undeutliche Radialstructur erkennen liess. Diese hatte aber — wie die An-

wendung stärkerer Vergrößerungen zeigte — ihren Grund in der vorwiegend radialen Reihung von Körnchen, welche sich an manchen Stellen durch die ganze Dicke der Schale deutlich verfolgen liess. Die Lagerung der Körnchen und Körnchenreihen war ferner in den inneren Theilen der Schale viel dichter als in den äusseren und wurde in diesen nach der Peripherie hin immer lockerer. Es erschien somit der eigentliche Schalenkörper noch von einem hyalinen, körnerarmen Saum umgeben, dem stellenweise eine scharfe peripherische Abgrenzung vollkommen fehlte. Wir haben hier offenbar eine ähnliche Bildung vor uns, wie ich sie für manche Sphärite bei *Galtonia* beschrieb, und ebenso muss man an jene kugelförmigen Anhäufungen des Inulin-niederschlages denken, die ich in Taf. VIII, Fig. 1, Zelle *h* abgebildet habe.

Das Verhalten der Schale im polarisirten Lichte war nicht an allen derart gebauten Sphäriten gleich. An einigen gelang es mir durchaus nicht, eine Polarisationswirkung nachzuweisen, an den meisten aber war — jedoch immer erst bei Anwendung empfindlicher Gypsplättchen — eine freilich sehr schwache Doppelbrechung wahrzunehmen.

Betreffend die Lagerung dieser Sphärite in der Zelle ist dem schon anderorts Erwähnten nichts wesentliches hinzuzufügen. Auch hier erscheint der contrahirte Plasmasack mehr oder weniger vollständig im Sphäritenkörper eingebettet, und namentlich kommt es häufig vor, dass Theile desselben der Peripherie auf grössere Strecken dicht anliegen und so stellenweise eine hautartige Umhüllung an derselben bilden. Bei sehr grossen Sphäriten, ob sie nun ganz in einer Zelle liegen oder deren mehrere durchsetzen, findet man öfters die den kugeligen Kern umgebende Schale nicht ebenfalls durch eine Kugelfläche abgeschlossen, sondern die Zelle vollkommen ausfüllend, so dass nun der Sphärit mehr oder weniger deutlich, und einseitig oder allseitig polyedrischen Umriss erhält. Auch sieht man öfters, dass der vollkommen kugelige, in zwei oder mehr Zellen hineinreichende Kern nicht allseitig von einer gleich dicken Schale überlagert wird, und dass diese stellenweise oft doppelte Dicke erreichen kann. Dieser Fall ist, wie ich glaube, ein ganz untrüglicher Beweis für die nachträgliche Auflagerung der Schale auf den früher gebildeten Kern.

Es ist schwer zu sagen, worin wohl der Grund gelegen war, dass die Sphärite in diesem speciellen Falle, gegenüber ihrer Ausbildung bei den anderen *Euphorbien*, in so abweichender Weise ausgeschieden wurden. Waren es nur ganz bestimmte, von der Art des Eindringens des Alcohols abhängige Bedingungen, unter denen die Ausfällung er-

folgte, oder war dabei ein anderes Mengenverhältniss der zur Ausscheidung gelangenden Stoffe oder eine andere Vertheilung derselben, also allgemein innere Ursachen maassgebend?

Ich habe später wiederholt versucht, durch Einlegen von Caulomstücken verschiedener Grösse und in wenig oder stärker verdünnten Alcohol eine ähnliche Ausbildung der Sphärite zu erzielen. Waren die Caulomscheiben zu dünn (allgemein unter 1 Mm. Dicke), so bildeten sich überhaupt keine grösseren Sphärite, und die Zellen waren — wie beim Einlegen dünnerer Schnitte — mit einem feinkörnigen Niederschlage erfüllt. In grösseren, 1—2 Ctm. langen Caulomstücken fanden sich an den beiderseitigen Schnittflächen und in den ihnen nahen Geweben schon nach zwei Tagen neben Drusen kleine Sphärite, denen ähnlich, wie sie auch bei anderen *Euphorbien* vorkommen. Nur in einer Caulomscheibe von etwa 2 Mm. Dicke schienen die Bedingungen gegeben gewesen, welche eine ähnliche Ausbildung der Sphärite hervorrufen: Es waren massenhaft kugelige, lockere Krystalldrusen, aber nur wenige Sphärite gefunden worden, und es bestanden dieselben aus einer den „Kern“ bildenden, aus strahlig angeordneten Nadeln bestehenden, starke Doppelbrechung zeigenden Krystalldruse von 10 Mik. Durchmesser, welche von einer hellen, anscheinend structurlosen und keine Doppelbrechung zeigenden Schale von 5 Mik. Dicke umschlossen war. Solche Krystalldrusen, aber ohne die amorphe Schale, erhält man öfters auch — wie schon HANSEN angibt — beim Einlegen dünner Schnitte in Alcohol, und schon aus diesem Grunde wäre der Wahrscheinlichkeitsschluss erlaubt, dass dieselben als primäre Bildungen auftreten, denen erst secundär die Schale aufgelagert würde. Aber es gelang mir auch, diese secundäre Auflagerung der Schale direct nachzuweisen, da an nach später zu besprechenden Methoden am Objectträger behandelten Schnitten zuerst die Krystalldrusen sichtbar und die Schalen erst mehrere Stunden später beobachtet wurden. Aber diese Sphärite zeigten auch noch eine andere merkwürdige Eigenthümlichkeit: die die Krystalldruse umschliessende Schale war nicht structurlos, sondern war zusammengesetzt aus hyalinen, isotropen Kügelchen, und es erinnern somit diese Sphärite ihrem Baue nach an die von VOGELSANG¹⁾ in Stolberger-Gläsern gefundenen und beschriebenen Sternkrystalliten (vergl. Taf. VIII, Fig. 19).

Eine kurze Besprechung erfordern noch jene grossen, so nahe der Peripherie des Pflanzentheiles zur Ausscheidung gelangenden sphäri-

1) l. c. pg. 65, und Taf. IX, X.

tischen Bildungen, auf welche ich schon pg. 316 hingewiesen habe. Bei den mit ebener Fläche an die Oberfläche des Pflanzentheiles ansetzenden und halbkugelig in das Gewebe vorspringenden Gebilden bildet sehr häufig eine Spaltöffnung das Centrum der kreisförmigen Basalfläche (vergl. pg. 272). Die im Innern der Gewebe liegenden erscheinen sehr häufig von einer Milchröhre oder einem Leitbündel durchsetzt, was, wie ich glaube, nicht darin seinen Grund hat, dass hier die zur Ausscheidung gelangenden Stoffe a priori in grösserer Menge vorhanden sind, sondern daher rührt, dass in diesen Organen von den Schnittflächen aus ein rascheres Vordringen des Alcohols ermöglicht war. Es ist dies ganz dieselbe Erscheinung, wie die in den *Dahlia*-Knollen zu beobachtende, wo die Inulinsphärite ebenfalls vorzüglich um die Tracheenzüge angehäuft sind.

Der Bau dieser Sphärite stimmt in vielen Fällen genau mit dem der beschalten überein, und sie zeigen auch im polarisirten Lichte dieselben Erscheinungen. Sehr häufig, und namentlich grössere Aggregate zeigen aber innerhalb der hell aufleuchtenden Quadrantenränder ebenfalls zahlreiche, unregelmässig vertheilte, erhellte Flecken. Es rührt diese Erscheinung daher, dass auch innerhalb der Nadelschale und an zahlreichen Stellen die nach aussen liegenden Theile der die Zellenlumina ausfüllenden Substanz zu Nadelschalstücken ausgebildet sind, so dass gewissermaassen die gemeinsame Nadelschale zahlreiche kugelsectorförmige, um das gemeinsame Centrum gruppirte Stücke beschalter Sphärite umschliesst.

Alle Sphärite, mögen sie nun wie immer ausgebildet sein, sind immer in allen ihren Theilen fein porös. Es gilt dies ebenso für den isotropen Kern der beschalten Sphärite, als auch für jene, an denen eine Nadelschale nicht ausgebildet ist. Man sieht dies an der sogleich erfolgenden Luftinjection beim Abtrocknen der in Alcohol liegenden Präparate. Die dadurch bewirkte Abdunklung lässt nun natürlich auch jene oben erwähnten schwach lichtbrechenden und bei geringen Vergrösserungen sehr leicht zu übersehenden Sphärite der *E. grandidens* sogleich hervortreten, und es hat denn auch bei ihnen keine Schwierigkeit, sie behufs weiterer Untersuchung frei zu präpariren.

An den beschalten Sphäriten habe ich in dem von der Nadelschale umschlossenen Kern eine concentrische Schichtung nie zu beobachten Gelegenheit gehabt, wenn nicht etwa, wie in dem oben erwähnten Falle, ausnahmsweise das Centrum des Kerns wieder durch einen kleinen

Sphäriten gebildet wird¹⁾. Vollends eine Structur, wie sie die Inulin-sphärite zeigen, mit concentrischen, durch amorphe Substanz getrennten Nadelschalen, habe ich unter den Tausenden von Sphäriten, die ich von den eingangs genannten Pflanzen gesehen habe, nie beobachtet²⁾. An jenen Sphäriten aber, mit inverser Lagerung der krystallinischen und amorphen Partien, sieht man öfters die peripherisch gelegene, den krystallinischen Kern umgebende Hülle in der That in concentrische Schichten gesondert (Taf. IX, Fig. 21, 22). Es hat den Anschein, es wären ineinander geschachtelte, aber nicht dicht aneinander liegende Kugelschalen gleicher Lichtbrechung vorhanden. Jedenfalls besteht an diesen Stellen zwischen den Schichten kein fester Zusammenhang und es gelingt durch Druck ganz leicht, die Schichten nach diesen „Contactflächen“ zu trennen und in von einander gesonderte Stücke zu zerbrechen, welche Trennung auch zwischen dem krystallinischen Kern und der Hülle leicht gelingt.

Nach HANSEN ist jeder Sphärit von einem „wahrscheinlich aus Eiweisssubstanz bestehenden“ feinen Häutchen, dem „Hüllhäutchen“, umschlossen. Ich habe schon gelegentlich der Besprechung der *Dahlia*-Sphärite³⁾ angegeben, dass ein solches Häutchen an vielen Sphäriten nicht vorkommt, da man häufig genug beobachten kann, dass während der Lösung der Nadelschale die einzelnen Nadelchen sich isoliren und in der umgebenden Flüssigkeit vertheilen. Wo aber nach Lösung der Nadelschale eine Hülle in der That erhalten bleibe, da rühre dieselbe

1) Erst nachträglich habe ich derartige Sphärite mit krystallinischer Ausbildung des Kerncentrums öfters beobachtet. Dieser krystallinische Centalkern zeigt öfters polygonalen Umriss; es schien also ein einziger Krystall ausgebildet, wie es Russow bei den *Marattiaceen*-Sphäriten so häufig gefunden hat. Zwischen gekreuzten Nikols erschien in demselben aber in voller Deutlichkeit das dunkle orthogonale Kreuz, so dass wir es hier wohl zweifellos mit einer den hexagonalen Täfelchen des Inulins und des Calciumcarbonates analogen Bildung zu thun haben (vgl. p. 292). Eine Verwechslung mit anderen zufälligen Einschlüssen, Chlorophyllkörnern, Calciumoxalatkristallen etc., ist natürlich ganz ausgeschlossen.

2) Es kommt häufig vor, dass die beiderseits einer Zellwand an-sitzenden Sphärite, als Halbkugeln ausgebildet, bei gemeinsamem Centrum verschiedenen Radius besitzen (vergl. Fig. 19). Liegt nun der kleinere Sphärit vom Beobachter abgekehrt und stellt man auf die Basis des grösseren Sphäriten ein, so erscheint nun im optischen Querschnitte auch die Schale des kleineren Sphäriten und man sieht zwei concentrische Nadelschalen. Bei einiger Aufmerksamkeit ist aber natürlich eine Täuschung gar nicht möglich.

3) Bot. Ztg., 1887, Nr. 10.

entweder von dem contrahirten Plasmasacke her, der häufig auf grössere oder kleinere Strecken dem Sphäriten aufliegt, oder es sei dieselbe überhaupt kein continuirliches Häutchen, sondern bestehe aus einem unzusammenhängenden Gerinsel, das theils von der in der Nadelschale und zwischen den Nadelchen vorhandenen Grundsubstanz herrühre, theils wohl auch secundär erfolgenden Ausfällungen aus dem Zellinhalte sein Entstehen verdanke. Solche hautartige Umhüllungen beobachtet man ja auch an echten Krystalldrusen und Krystallen, wie sie sich z. B. bei *Galtonia* in den Athemhöhlen manchmal finden und wo über ihre Natur und Herkunft wohl nicht der geringste Zweifel sein kann.

Bei Beantwortung der Frage nach dem Fehlen oder Vorhandensein eines solchen Hüllhäutchens, speciell bei den *Euphorbien*-Sphäriten, handelt es sich also nicht darum, ob da oder dort an der Oberfläche eines Sphäriten ein hautartiger Ueberzug vorhanden sei, sondern ob ein continuirliches Häutchen die ganze Oberfläche jedes Sphäriten überziehe und einen integrierenden Bestandtheil desselben bilde. Nach HANSEN'S Ansicht erklären sich ja eine ganze Reihe von Erscheinungen an fertigen wie an in Bildung begriffenen („noch im Tropfenstadium befindlichen“) Sphäriten nur unter der Annahme eines solchen Häutchens, so die Verwachsung zu zusammengesetzten Körpern, das verschiedene Verhalten der fertigen und der noch im Tropfenstadium befindlichen gegen Lösungsmittel, die Carminfärbung derselben nur an ihrer Oberfläche etc. etc.

Ich möchte die oben gestellte Frage im Zusammenhange mit der nach der Tinctionsfähigkeit der Sphärite beantworten. Da sich alle Sphärite im wesentlichen gleich verhalten, werde ich die an den beschalteten Sphäriten zu beobachtenden Erscheinungen besprechen, an welchen ja auch HANSEN vorzüglich seine Untersuchungen angestellt hatte, und wo die bei ihrer Lösung und eventuellen Färbung sich abspielenden Vorgänge am leichtesten verfolgt werden können.

Legt man Schnitte sphäritenhaltigen Alcoholmaterials beliebiger eingangs erwähnter Pflanzen in einen genügend grossen Wassertropfen, so sind sie nach kürzerer oder längerer Zeit spurlos verschwunden, und das gleiche ist der Fall, wenn man dem Wasser geringe Mengen von Farbstoffen (Anilinblau, Methylenblau oder Carminpräparate) zusetzt. Beobachtet man die Einwirkung des Reagens unter dem Mikroskope (am besten im Hängetropfen), so bemerkt man, wie die Sphärite allmählich abblassen und endlich, ohne irgend einen Contour zu hinterlassen, verschwinden. Die Vorgänge bei dieser Lösung sind

aber nicht immer gleich, und nur insoweit übereinstimmend, als in der Regel zwischen Nadelschale und Kern sich ein Zwischenraum bildet, der aber nicht von einem beginnenden Abschmelzen des Kerns herzurühren scheint, sondern einer Abhebung der Schale seine Entstehung verdanken dürfte, da die Erscheinung besonders an verletzten Sphäriten eintritt. Nun kann es vorkommen, dass zuerst der Kern verschwindet und die Nadelschale noch einige Zeit erhalten bleibt, oder es wird auch diese sogleich von dem Lösungsmittel angegriffen. Dies geschieht in der Weise, dass die Nadeln abschmelzend sich von einander trennen; es entsteht eine locker grümelige Masse, die, sich vertheilend, endlich verschwindet. Ganz anders sind die Erscheinungen, wenn die Lösung der Sphärite sehr langsam erfolgt, was am leichtesten zu erreichen ist, wenn man den unter Deckglas in Alcohol liegenden Präparaten die wässerige Farbstofflösung zusetzt. Fast ausnahmslos beobachten wir nun vorerst eine Färbung der Kernsubstanz, während die Schale vorerst noch ungefärbt erscheint. Dabei wird der Farbenton immer dunkler und die Sphärite erscheinen nun gegenüber der farblos erscheinenden Einlegeflüssigkeit und den noch kaum gefärbten Protoplasmasäcken als intensiv gefärbte Körper. Meist später erst tritt auch in der Nadelschale die Färbung ein, wobei die radiale Structur undeutlicher wird und die Doppelbrechung allmählich verschwindet. Man erhält so Präparate, wo an dem gefärbten Sphäriten vollkommen deutlich der Kern und die durch eine hellere Zone (vergl. oben) getrennte Schale unterschieden werden kann; wohl ein untrüglicher Beweis, dass die Färbung nicht von einem oberflächlichen, die Nadelschale überziehenden Häutchen herrührt. In anderen Fällen ist eine solche Abgrenzung zwischen Kern und Schale nicht vorhanden, und der Sphärit ist dann von einem grümeligen Saume umgrenzt, der aber fast immer heller gefärbt ist, als die Innenmasse, wie überhaupt in der Regel die Tiefe des Farbentones nach der Mitte hin zunimmt. Ja es kommt gar nicht selten vor, dass eine scharfe Randbegrenzung überhaupt nicht vorhanden ist und der gefärbte Sphärit dann als ein verschwommener, nach der Peripherie hin allmählich heller gefärbter Fleck in die Erscheinung tritt. Es ist dies dann der Fall, wenn, wie schon oben erwähnt, die wässerige Lösung sehr rasch einwirkt, dabei die ganze Schale zerstört und auch den Kern von aussen angreift. Diese so häufig zu beobachtende schwächere Färbung des Randes gegenüber der Mitte zeigt wieder auf das Untrüglichsste, dass die Färbung nicht von einem restierenden Hüllhäutchen herrühren könne, da sonst ja gerade das umgekehrte beobachtet werden müsste. Ganz zu denselben Resultaten

össere
ieselbe
einem
schale
rühre,
Zell-
en be-
n, wie
n und
Zweifel

anden-
äriten,
e eines
ob ein
über-
Nach
nungen
tadium
Häut-
as ver-
tadium
nur an

mit der
ch alle
en be-
en, an
gestellt
ich ab-

liebiger
ropfen,
wunden,
Mengen
te) zu-
em Mi-
wie die
Contour
ng sind

führt die Beobachtung zersprungener Sphärite, wo die Sprünge nach der Färbung durch die ganze Masse erhalten bleiben, und ebenso die Beobachtung isolirter Kugelsectoren, und es ist mir ganz unbegreiflich, wie HANSEN dies nicht hat sehen können. Wäre es richtig, dass die Sphärite anfangs, d. h. in ihrem hypothetischen Tropfenstadium, von einem Häutchen umgeben wären, welches bei deren Berührung das Ineinanderfließen derselben hindere und die Abplattung ermögliche, so müsste an den verwachsenen Sphäriten gerade an ihren Berührungsflächen ein doppeltes Grenzhäutchen sichtbar werden, und es müsste dieses nach erfolgter Färbung um so deutlicher hervortreten. Ein solches Grenzhäutchen ist aber nie zu beobachten. Wohl erscheinen die Kerne an in Alcohol liegenden Objecten durch eine im Durchschnitt als helle Linie erscheinende dünne Lage homogener (nicht poröser) Substanz getrennt. Es verschwindet dieselbe aber ausnahmslos, wenn die Kernfärbung eintritt, während sie, wenn die Färbung nur vom Hüllhäutchen herrühren würde, nur um so deutlicher hervortreten müsste.

Es ist also auch an diesen Sphäriten, so wenig als an den früher untersuchten von *Dahlia*, ein einen nie fehlenden Bestandtheil derselben bildendes Hüllhäutchen vorhanden. Die Erscheinungen, welche man bei langsamer Lösung derselben (in Wasser) und bei Einwirkung färbender Reagentien beobachtet, bedürfen zu ihrer Erklärung auch gar nicht der Annahme eines solchen Häutchens; sie werden vollkommen verständlich, wenn man sich erinnert, dass der Sphärit in seiner ganzen Masse fein porös ist und aus zwei, bezüglich ihrer Löslichkeit (in Wasser) sich verschieden verhaltenden Verbindungen besteht. Spricht für das Erstere die so leicht zu beobachtende Luftinjection, so ergibt sich Letzteres aus der schon oben erwähnten Thatsache, dass in gewissen Fällen die Schale nach Verschwinden der Nadelchen und der von ihnen herrührenden Doppelbrechung in ihrem Contour noch längere Zeit deutlich hervortritt, und dass auch der Kern nach erfolgter Färbung mit wässerigen Farbstofflösungen so lange als feste gefärbte Kugel erhalten bleiben kann.

Die Porosität der Substanz bedingt es, dass das in die Poren eindringende und langsam lösende Medium (Wasser) auch innerhalb des Sphäritenkörpers die leichter löslichen Bestandtheile angreift. Während der Sphärit so substanzärmer wird, wird von der restirenden, schwieriger löslichen Verbindung der mit dem Wasser eingeführte Farbstoff der Lösung entzogen und gespeichert. Dass die Färbung des Sphäriten nicht von einer gefärbten Verbindung des Farbstoffes herrührt, dafür

spricht einmal der Umstand, dass die verschiedenen Farbstoffe sich gleich verhalten, und weiter die Thatsache, dass es auch hier manchmal gelingt, den gefärbten Kern zu entfärben und wieder zu färben.

Die *Euphorbien*-Sphärite stimmen also auch bezüglich ihres Verhaltens gegen färbende Reagentien vollkommen mit denen von *Dahlia* überein. Ein Unterschied besteht nur darin, dass die Differenzen in der Löslichkeit der beiden den Sphäritenkörper aufbauenden Verbindungen bei *Dahlia* viel grösser sind als hier, was aber möglicherweise darin seinen Grund hat, dass von jener Pflanze mir sehr altes, mehrjähriges Alcoholmaterial zur Untersuchung vorlag, während ich hier viel jüngeres zu verwenden gezwungen war (?). Bei *Dahlia* bleiben die Kerne der Sphäriten auch nach stundenlangem Liegen der Präparate in Wasser erhalten und treten nach Färbung auf das deutlichste hervor, und dies ist auch der Fall, wenn man die Schnitte einige Zeit in Wasser kocht. Dies gelingt nun bei den *Euphorbien*-Sphäriten in keiner Weise, und selbst das Einlegen der Schnitte in stärker verdünnte alcoholische Farbstofflösungen genügt, um die Sphärite vollkommen in Lösung überzuführen.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung nimmt HANSEN an, dass die Sphärite aus Calciumphosphat beständen. Kern und Schale sollen sich nur dadurch von einander unterscheiden, dass diese Verbindung im ersteren in einem anderen Molecularzustande, höchst wahrscheinlich amorph, vorhanden wäre und nur die Schale krystallinische Structur besässe. Dies erkläre auch die leichtere Löslichkeit der Kernsubstanz gegenüber der Nadelschale.

Der grosse Gehalt der Sphärite aller eingangs erwähnten Pflanzen an unverbrennlichen Bestandtheilen lässt sich leicht nachweisen. Sie schmelzen am Platinblech unter starkem Aufblähen, und es bleibt endlich eine locker schwammige Masse von ungefähr derselben Form zurück. Es lassen sich diese Ballen leicht isoliren und geben die Reactionen auf Calcium und Phosphorsäure. Ich habe nun durch die aus dem Studium der calciumphosphathaltigen Sphärite bei *Galtonia (Hyacinthus) candicans* und derer in den *Dahlia*-Knollen gewonnenen Erfahrungen geleitet, auch die der *Euphorbien* und *Asclepiadeen* hinsichtlich des Vorkommens einer organischen Verbindung untersucht. Natürlich kann es sich auch hier nicht um zufällig vorhandene Einschlüsse organischer Substanz handeln, die bei dem Umstande, als ja Theile der Membranen und des Protoplasmakörpers so häufig eingeschlossen gefunden werden, bei unvollständiger Verbrennung natürlich als Kohle zurückbleiben müssen; sondern darum, ob nicht die organische

Substanz als integrierender Bestandtheil des Sphäritenkörpers erscheint und namentlich in den amorphen Schichten in grösserer Menge vorhanden sei. Dies ist nun in der That der Fall; nur ist der Nachweis schwieriger als bei den *Dahlia*-Sphäriten oder gar bei denen von *Galtonia*, wo die Sphärite noch zur Zeit, wo die Gewebe schon vollkommen weiss gebrannt sind, als tief schwarz gefärbte Kugeln hervortreten und auch nach Behandlung mit Salzsäure sich nicht wesentlich verändern. Es wird hier nämlich das Stadium der Verkohlung sehr leicht überschritten, was theilweise in der Natur der organischen Verbindung, aber auch darin seinen Grund haben wird, dass ihre ungemein feine Vertheilung innerhalb des porösen Sphäritenkörpers einer raschen Verbrennung im hohen Grade förderlich sein muss.

Ich habe die Verkohlungsversuche an den beschalteten Sphäriten von *Ceropegia stapeliaeformis*, *Stapelia patula*, *Euphorbia trigona* und *E. canariensis* und ebenso an den oben beschriebenen, durch inverse Lagerung der krystallinischen und amorphen Schichten ausgezeichneten der *E. grandidens* vorgenommen. Feine Schnitte wurden in Alcohol auf ein grösseres Deckgläschen gelegt, bestimmte Sphärite nach ihrem Bau und ihrer Lagerung gegenüber den Zellmembranen und Protoplasmasäcken studirt und nach ihrer örtlichen Lage im Präparate fixirt. Nach vollkommener Verdunstung des Alcohol wurde das Präparat mit einem kleineren Deckgläschen überdeckt und das als Objectträger fungirende Deckglas auf dem Platinbleche einer sehr allmählich sich steigenden Temperatur ausgesetzt. In kurzen Zwischenräumen wurden die früher fixirten Sphärite wiederholt beobachtet, um eventuelle Veränderungen an ihnen wahrzunehmen. Die Sphärite hellen sich vorerst auf und nehmen einen gelblichen Ton an, der später in ein tiefes Braun und endlich Schwarz übergeht. Das kleinere Deckgläschen wird nun entfernt und das grössere mit dem darauf festklebenden Präparate umgekehrt auf einen Objectträger gelegt. Setzt man zur Entfernung der Luft Alcohol zu und ersetzt man diesen später durch verdünnte Salzsäure, so bleiben die geschwärzten Kugeln erhalten. Sie zeigen genau die Form der Sphärite. Manche erscheinen vollkommen compact und undurchsichtig; andere bestehen aus grümeliger Masse, die bald nach der Mitte, bald nach der Peripherie dichter wird, in welcher letzterem Falle das Gebilde das Ansehen einer Hohlkugel gewinnt. Wieder andere — und dies sind die besonders instructiven Objecte — erscheinen als tief schwarze, von einem aus locker grümeliger Masse bestehenden Saume umgebene Kugeln. Dieser scharf contourirte Saum entspricht seiner Breite nach der früher vorhandenen

Nadelschale und ist offenbar gebildet aus den Resten der auch zwischen den Nadelchen vorhandenen und wahrscheinlich an ihnen einen Ueberzug bildenden verkohlbaren Substanz; der dunkle Kern entspricht der amorphen Kernmasse. Gerade solche, gar nicht so selten zu erhaltende Objecte, an welchen die gröbere Structur der Sphärite erhalten geblieben ist, zeigen auf das Ueberzeugendste, dass die Kohle weder von dem, problematischen Hüllhäutchen, noch von zufällig eingeschlossenen Theilen des Protoplasmakörpers herrühren kann.

Ich halte es also auch bezüglich dieser Sphärite für zweifellos, dass in ihnen neben dem Calciumphosphat noch eine organische Verbindung vorhanden ist. In den beschalteten Sphäriten bildet sie den Hauptbestandtheil der amorphen Schichten; sie ist aber auch in den krystallinischen Partien vorhanden, seien diese nun entweder nur als Nadelschale ausgebildet oder bestehe nur der Kern oder der ganze Sphärit aus ihnen, in welchen allen Fällen sie wahrscheinlich an den einzelnen krystallinischen Elementen in Form eines krustenartigen Ueberzuges auftritt.

Ueber die Natur dieser Verbindung möchte ich nicht einmal eine Vermuthung aussprechen. Man kann, um mit NÄGELI zu sprechen, nur sagen, was sie alles nicht sein kann (nicht der Gruppe von Fetten und Wachsen angehörig), nicht aber, was sie wirklich ist.

Schon bei Gelegenheit der Untersuchung der *Dahlia*-Sphärite hatte ich die Beobachtung gemacht, dass an einzelnen Sphäriten die Nadelschale bei Zusatz von Schwefelsäure unverändert geblieben war, was auf eine andere chemische Verbindung (Calciumsulfat?) hinwies. Auch theilte ich mit, dass an einigen geglühten Sphäriten nach Zusatz von Schwefelsäure eine Gasentwicklung zu beobachten war. Mindestens ein Theil der entweichenden Kohlensäure — sagte ich damals — rührt von den in den Geweben oft in reichlicher Menge vorhandenen Calciumoxalatkrystallen her, die öfters selbst im Kerne der Sphäriten vorkommen und schon an den unveränderten Sphäriten unmittelbar gesehen werden können.

Eine Gasentwicklung aus verkohlten oder veraschten Sphäriten nach Zusatz von Säuren habe ich auch bei den hier in Rede stehenden Pflanzen viele Male beobachtet. So bei *Stapelia* an einigen markständigen Sphäriten, bei *Euphorbien* (*canariensis*, *trigona*) an rindenständigen. Wohl kommen auch bei allen diesen Pflanzen im Marke wie in der Rinde sehr häufig Krystalle von Calciumoxalat vor und werden natürlich öfters auch in den Sphäriten eingeschlossen. An manchen Sphäriten aber ist die Gasentwicklung eine so reichliche und so lange

andauernde, dass ich dieselbe nicht ausschliesslich auf solche zufällige Einschlüsse zurückführen möchte und vielmehr glaube, annehmen zu müssen, dass in manchen Sphäriten noch eine andere organische Säure vorhanden sein muss, die, wahrscheinlich an Kalk gebunden, entweder neben dem Calciumphosphat nur als Verunreinigung erscheine oder in manchen Sphäriten das letztere vollkommen vertrete.

Wenn es nach allen Erfahrungen nicht zweifelhaft sein kann, dass die Abscheidung in Sphäritenform nicht von der chemischen Natur der Verbindung, sondern nur von der Viscosität des Mediums abhängig ist, in welchem die Abscheidung resp. die Krystallisation erfolgt, so ist in der That nicht einzusehen, warum nicht auch andere in den Pflanzensäften in Lösung befindliche Salze in dieser Form zur Ausscheidung gelangen, warum sich also nicht in demselben Pflanzenteile Sphärite verschiedener chemischer Constitution finden sollten!

Die Bildung der Calcophosphatsphärite der *Euphorbien* in frischen Schnitten am Objectträger hervorzurufen und somit ihre Entstehung direct zu verfolgen, wurde von HANSEN vergeblich versucht. Behandelt man einen Schnitt mit Alcohol, so entsteht in den meisten Zellen ein feinkörniger Niederschlag, der aber nach einiger Zeit theilweise wieder verschwindet. Es ist dies, wie schon HANSEN bemerkt, Folge des zunehmenden Wassergehaltes des Alcohols, wodurch die ausgeschiedenen Stoffe wieder in Lösung gehen. Wenn man jedoch durch Durchziehen des Alcohols mittelst Saugpapier für seine stetige Erneuerung Sorge trägt, so bleibt der Niederschlag erhalten und man erkennt häufig, dass er zum grossen Theile aus ungemein feinen Körnchen (nicht Tröpfchen) besteht. Legt man derart behandelte oder frische Schnitte in eine grössere Menge Alcohol, so bleibt der feinkörnige Niederschlag grossentheils erhalten; auch findet man häufig Krystalldrusen. Sphärite bilden sich unter diesen Umständen nicht.

Es kann kein Zweifel darüber sein, dass der Grund des Unterbleibens der Sphäritenbildung in diesen Fällen darin gelegen ist, dass die Ausfällung der in Lösung befindlichen Stoffe zu rasch erfolgt. Da durch Glycerineinwirkung diese Sphärite sich nicht bilden, so musste eine Methode erdacht werden, um die Concentration des auf das Präparat einwirkenden Alcohols möglichst langsam und stetig zu steigern. Ich suchte dies zuerst durch Herstellung einer Vorrichtung zu ermöglichen, welche gestatten würde, den Alcohol durch eine diosmo-

tisch wirkende Membran auf das Präparat einwirken zu lassen: Ein auf einem Objectträger aufgeklebter, etwa 3 Mm. tiefer Rahmen wurde mit Schweinsblase überklebt, und es wurde so eine Kammer geschaffen, in welche zwei nach aufwärts gebogene Röhrchen mündeten, von denen die eine zur Ein- und Nachfüllung des Alcohols diente, die andere das Entweichen der Luft ermöglichte. Der frisch angefertigte Schnitt wurde nun, schwach befeuchtet, auf die als eigentlicher Objectträger dienende Membran gelegt, mit einem Deckgläschen überdeckt und nun die Kammer mit Alcohol gefüllt. In der That erhielt ich ein paar Mal Sphärite, aber es tritt bei dieser Art der Versuchsanstellung der Uebelstand ein, dass dem Präparate durch die Membran hindurch das Wasser zu rasch entzogen wird und dasselbe daher sehr bald vertrocknet. Die Anwendung einer Kautschukmembran hilft diesem Uebelstande allerdings ab, aber es ist erstens schwierig, die Membran festzukleben, anderseits ist dieselbe zu unrein, um eine deutliche Beobachtung zuzulassen. Ich zweifle allerdings nicht, dass es möglich sein wird, auf dem hier angedeuteten Wege ganz brauchbare Apparate herzustellen. Ich verzichtete aber auf diesbezügliche Versuche, da mich ein weit einfacheres Verfahren zu dem erwünschten Ziele führte. Bei Anwendung von mit Alcohol gefüllten SMITH'schen Objectträgern¹⁾ nämlich ist für einen allmählichen und continuirlichen Zufluss von Alcohol zu dem ursprünglich in Wasser liegenden Präparate gesorgt, und in der That gelingt es fast regelmässig, die Entstehung der Sphärite hervorzurufen. Die Methode hat nur den Uebelstand, dass man häufig in die sich allmählich entleerende Kammer Alcohol nachfüllen muss, wodurch das gleichmässige Zuströmen desselben leicht gestört wird. Diesem Uebelstande ist freilich, wenn man nicht unausgesetzt beobachten will, leicht abzuhelfen, wenn man die rasche Verdunstung des Alcohols dadurch hemmt, dass man den Objectträger in der Zwischenzeit in einen mit Alcoholdämpfen erfüllten Raum bringt. Für Durchführung unausgesetzter Beobachtung ist es daher empfehlenswerther, den in gewöhnlicher Weise mit dem Präparate beschickten einfachen Objectträger auf ein mit Alcohol gefülltes sehr flaches Glasgefäss zu legen, und von diesem aus durch einen unter das Deckglas geschobenen Streifen Saugpapier Alcohol zuströmen zu lassen. Der Apparat kann halbe Tage lang ohne weitere Nachhilfe functioniren

1) Eine sehr flache, aus zwei Objectträgern gebildete Glaskammer, aus welcher durch eine feine Oeffnung dem unter Deckglas liegenden Präparate Flüssigkeit capillar zugeführt wird.

und ist eine Nachfüllung von Alcohol nothwendig, so kann diese leicht bewerkstelligt werden. Bei diesem Verfahren ist der Erfolg fast noch sicherer, als bei Anwendung der SMITH'schen Objectträger, auch die ganze Vorrichtung leichter zu handhaben.

Will man die Sphärite unmittelbar am Schnitte und im Gewebe erzeugen, so ist es nothwendig, den Schnitt sehr wenig mit Wasser zu befeuchten; es genügt auch, den Streifen Saugpapier vor seiner Anwendung ein wenig nass zu machen. Legt man aber die Schnitte in Wasser, so entstehen am Schnitte in der Regel keine oder nur sehr vereinzelte Sphärite, welche dafür aber am Rande des Deckgläschens sich bilden. Es diffundiren nämlich in der anfangs sehr verdünnten Einlegeflüssigkeit die Stoffe sehr rasch aus den Zellen heraus und werden nach den Rändern des Deckgläschens geführt.

Ich habe nach den im Vorstehenden geschilderten Methoden die Bildung der Sphärite zuerst bei *Euphorbia grandidens* studirt, später aber ausschliesslich *Stapelia patula*¹⁾ verwendet, bei welcher Pflanze ebenfalls in ungemein reichlicher Menge Calciumphosphatsphärite gebildet werden und von der mir reichlicher frisches Material zu Gebote stand.

Die Vorgänge stimmen bei beiden Pflanzen im wesentlichen vollkommen überein.

Der Beginn der Alcoholeinwirkung macht sich dadurch erkenntlich, dass die Luft aus den Intercellularen zu entweichen beginnt. Einige Zellen werden später — wie bei directer Einwirkung des Alcohols — durch einen feinkörnigen Niederschlag dunkler, der grösste Theil derselben aber bleibt hell, sei es, dass überhaupt kein Niederschlag sichtbar wird oder dass nicht zu dicht gehäufte, kleine, ölarartige Tröpfchen sich in denselben bilden. Auch über dem Schnitte und um denselben und in dem Maasse, als der Raum unter den Deckgläsern sich mit Flüssigkeit füllt, treten nun massenhaft kleine, ölarartige Tröpfchen und Körnchen auf, so dass die Flüssigkeit nun wie eine Emulsion aussieht. In vielen Zellen heben sich während dieses Vorganges die Plasmasäcke von den Wänden ab, was namentlich an den vom Eintrittsorte des Alcohols entfernten Theilen des Schnittes der Fall ist, während zunächst der Eintrittsstelle, wo der Alcohol rasch einwirken kann, eine Contraction des Wandbeleges nicht stattfindet.

1) Das Vorkommen von Sphärokrystallen in *Stapelia*-Material hat SCHAARSCHMIDT beobachtet. (Vergl. Just's Bot. Jahresbericht pro 1884, pg. 236.)

Die Sphärite werden immer erst nach einigen Stunden sichtbar oder wenigstens als solche erkennbar. Nur einmal beobachtete ich sie schon nach 2, in der Regel erst nach 5—6 Stunden. Die über dem Schnitte lagernde Flüssigkeit hat grossentheils den Gehalt an kugeligen Bildungen verloren, welche theils lokal über dem Schnitte oder am Rande desselben zu grümelig-flockigen Massen zusammengetreten (die körnigen Ausscheidungen), theils am Rande des Deckgläschens und über diesen hinaus zu grösseren Tropfen zusammengeflossen sind (die ölartigen Ausscheidungströpfchen). Ueber dem Schnitte, diesem oder dem Deckgläschen anhaftend, aber auch im Gewebe erscheinen nun helle, ungewein schwach lichtbrechende Kügelchen, theils einzeln, theils schon zu Gruppen verwachsen, und in der bekannten und vielfach beschriebenen Art der Sphärokrystalle bald halbkugelig und der Membran oder dem Plasmasack ansitzend, bald diese durchsetzend oder die Ecken mehrerer zusammenstossender Zellen ausfüllend. Die meisten von ihnen erscheinen durchaus structurlos, bei einigen tritt ein anscheinend dichter Kern hervor. Nie beobachtete ich an ihnen eine Spur von Doppelbrechung, doch konnte ich mich oft überzeugen, dass sie keine Tröpfchen sind, da es gelingt, sie durch Druck zu zersprengen, wobei aber die Sprünge nicht ausschliesslich radiale Richtung einhalten. Im Allgemeinen verhalten sich also diese Bildungen wie die Kerne der mit einer Nadelschale versehenen Calciophosphatsphärite der *Dahlia*-Knollen und der *Euphorbien*, und unwillkürlich wird man zur Ansicht gedrängt, dass man es hier mit Anfangsbildungen zu thun habe, an denen erst später die Nadelschale zur Ausbildung gelange. Ich habe gelegentlich der Studien der *Dahlia*-Sphärite, der Ansicht HANSEN's folgend, die Vermuthung ausgesprochen, es würde die Nadelschale in Folge einer inneren Differenzirung dieser primären Sphäritenanlagen vor ihrer völligen Erstarrung zur Abscheidung gelangen. Ich bin aber nun wieder zweifelhaft geworden und möchte auch hier lieber eine secundäre Auflagerung der Nadelschale annehmen. Es sprechen dafür mehrere und, wie ich glaube, gewichtige Gründe: Es ist mir erstens nie gelungen, eine spätere Ausbildung einer Nadelschale an derartigen Gebilden zu beobachten. Es bleiben dieselben, wenn man den Apparat auch tagelang im Gange erhält oder wenn man die Schnitte in ein Fläschchen mit Alcohol überträgt, absolut unverändert, und man beobachtet an ihnen weder eine Grössenzunahme noch irgend eine Spur einer späteren Differenzirung, und was namentlich wichtig ist, nie tritt an ihnen später eine Doppelbrechung ein, mögen die Präparate auch wochenlang der Einwirkung des Alcohols

cht
och
die
ebe
ser
ner
tte
ur
ck-
ehr
len
die
ter
ze
ge-
ie-
oll-
nt-
nt.
Al-
ste
er-
ige
um
nen
pf-
ion
die
in-
ist,
ken
hat
84,

ausgesetzt bleiben. Es ist dies um so bemerkenswerther, wenn man erwägt, dass in anderen Fällen mit einer Nadelschale versehene Sphärite so rasch gebildet werden können: Ein Sprossende von *Stapelia patula* wurde so eingelegt, dass nur die Schnittfläche unter Alcohol tauchte, der also unverzüglich von dieser aus in das Gewebe eindrang. Am nächsten Tage schon waren in der Nähe der Schnittfläche massenhaft Sphärite zur Ausscheidung gelangt, die in aller Deutlichkeit eine doppelbrechende Nadelschale zeigten. Würde weiters die Nadelschale aus der Substanz des schon gebildeten und noch nicht völlig erstarrten Kügelchens durch nachträgliche Krystallisation hervorgehen, die bei Vorhandensein mehrerer Nadelschalen centripetal fortschreiten würde, so müsste doch jedenfalls die Zahl der dadurch gebildeten Schichten in allen Sektoren gleich gross sein. Dies ist freilich in der Regel — aber nicht ausschliesslich — der Fall, und ich habe bei *Euphorbia grandidens* einige Male Sphärite beobachtet, welche die Ecken der zusammenstossenden Zellen ausgefüllt hatten, wo aber der in die eine Zelle reichende Sector ausser den ringsum gemeinsamen Schichten noch eine weitere aufliegende Schicht zeigte, was wohl kaum anders als durch eine nachträgliche einseitige Auflagerung erklärt werden kann.

Die ersten Anfänge dieser Sphärite habe ich leider nie beobachten können. Es wurden mir dieselben immer erst bemerkbar, wenn sie einen Durchmesser von 0,012 Mm. hatten. An den meisten Präparaten kamen sie erst bei 0,015 Mm. D. zur Beobachtung. Auch will ich gleich hier beifügen, dass dieselben nie im ganzen Schnitte, sondern immer nur in einem Theile desselben sich bilden, und dass sie in demselben Präparate sämmtlich annähernd von gleicher Grösse sind. Ersterer Umstand erschwert nun natürlich sehr die Beobachtung und ich vermag in der That nicht mit Sicherheit anzugeben, ob diese Gebilde von ihren ersten Anfängen an als feste Körperchen und durch Auflagerung zu jener Grösse heranwachsen, oder ob sie zuerst als Tröpfchen ausgeschieden werden und als solche sich vergrössernd endlich amorph erstarren. Für ersteren Vorgang, für ein im Sinne VOGELSANG'S krystallitisches Wachsthum würde nur allein sprechen die gleiche Grösse der Kügelchen eines Präparates und ihr plötzliches Auftreten, welche beide Erscheinungen man bei Bildung krystallinischer Niederschläge unter dem Mikroskope häufig zu beobachten Gelegenheit hat. Würden diese sphäritischen Gebilde als Tröpfchen entstehen, welche sich durch Zusammenfliessen vergrössern und endlich erstarren, so wäre es einmal schwer verständlich, warum die Grösse der Tröpfchen und somit nach ihrer Erstarrung auch die Grösse der

späteren Sphärite nicht dicht neben einander alle möglichen Abstufungen zeigen sollte. Auch sollte man glauben, dass dieses vorangehende Tropfenstadium denn doch der Beobachtung kaum entgehen könnte, dass ein Zusammenfliessen kleinerer Tröpfchen zu den immerhin schon grossen, in den Erstarrungszustand übergehenden, und ebenso ein Wechsel in der Lichtbrechung beim Eintreten der Erstarrung beobachtet werden müsste. Dass die Sphärite von dem Momente an, wo sie als solche erkennbar sind, nie mehr eine Grössenzunahme zeigen (und ich habe mir viele Mühe gegeben, eine solche nachzuweisen), kann nicht als zwingender Beweis für ihre ursprüngliche Tropfennatur angesehen werden, denn, um bei den sphäritischen Abscheidungsformen zu bleiben, auch bei den unzweifelhaft durch Apposition wachsenden Inulinsphäriten hat man viele Mühe, an frei schwimmenden Kügelchen eine Vergrösserung durch Messung nachzuweisen, und ebenso ist es bei der Bildung der künstlichen Calciophosphatsphärite im Hühnereiweiss, auf welche ich später noch zu sprechen kommen werde. Der Grund liegt eben darin, dass wenigstens unter den am Objectträger herzustellenden Verhältnissen das Wachsthum eines Kügelchens eben nur sehr kurze Zeit dauert. Auch die stets vorhandene Kugelform kann nicht als zwingender Beweis für einen vorhergegangenen Tropfenzustand der Sphärite geltend gemacht werden, da gerade bei Bildung der Inulinsphärite und bei der des Calciumphosphates und des Calciumcarbonates im Hühnereiweiss ebenfalls ausnahmslos die Kugelform eingehalten wird.

Was die chemische Zusammensetzung dieser Gebilde betrifft, so ist ihr grosser Gehalt an organischer Substanz leicht nachweisbar. Sie schwärzen sich am Platinblech, wobei häufig ein dunklerer Kern deutlich hervortritt. Setzt man nun verdünnte Schwefelsäure zu, so bleibt der Contour, aber auch die eventuell vorhandene Structur (Kern) unverändert erhalten. Ebenso lassen sich die Sphärite mit Carmin färben, wobei der etwa vorhandene Kern tiefer gefärbt wird und öfters selbst wieder eine weitere Differenzirung erkennen lässt. Wahrscheinlich — zum wenigsten nach aller Analogie zu schliessen — enthalten auch diese Sphärite geringe Mengen von Calciumphosphat. Eine Sicherheit ist kaum zu erlangen, da man auch bei sorgfältiger Isolirung der die Sphärite enthaltenden Theile des Schnittes nie sicher ist, ob der phosphorsaure Kalk, dessen Vorhandensein die Reactionen anzeigen, aus den Sphäriten stammt oder aus den anderweitigen körnigen Niederschlägen, die ja immer neben ihnen in den Zellen vorhanden sind.

Ich möchte nun noch der Vorgänge gedenken, die sich am Rande

des Deckgläschens abspielen, wohin natürlich ein grosser Theil der aus den Zellen herausdiffundirenden Stoffe geführt wird, und wo, wie ich schon erwähnte, unter Umständen ebenfalls Sphärite gebildet werden.

Bald nach dem Beginne des Versuches treten am Rande des Deckgläschens ölartige (anfangs durch den extrahirten Chlorophyllfarbstoff grün gefärbte) Tropfen aus, die sich durch Zusammenfliessen vergrössern und wo sie dem Glase adhären, zu grösseren Flecken auseinandergezogen werden, aber häufig wieder in grössere und kleinere Tropfen zerfallen. Es ist ganz das Bild, welches man erhält, wenn man frisches ölhaltiges Gewebe der Einwirkung verdünnten Alcohols aussetzt. Es sind diese Tropfen substantiell nicht homogen, sondern enthalten neben der Grundsubstanz, welcher sie ihr ölartiges Aussehen verdanken, noch gelöste Salze, unter diesen wohl in vorwiegender Menge Calciumphosphat. Nach einiger Zeit nämlich werden in den allmählich erhärtenden Massen krystallinische Körner ausgeschieden, welche im polarisirten Lichte gegenüber der dunkel bleibenden Grundmasse hell aufleuchten. Aber auch in solchen Tropfen, in denen selbst nach längerer Zeit solche Ausscheidungen nicht sichtbar werden, treten häufig krystallinische Abscheidungen und oft sehr schön ausgebildete Krystalle dann auf, wenn man auf dieselben verdünnteren Alcohol einwirken lässt. Ueber die Tropfen bildende Grundsubstanz kann nur soviel gesagt werden, dass sie, wenn auch fetthaltig, aus keinem fettartigen Stoffe besteht. Lässt man nämlich das Präparat endlich trocknen, so erhält man um den Rand des Deckgläschens einen aus einer spröden, gummiartigen, durch zahlreiche Klüfte zerrissenen Masse bestehenden Saum, der nach Behandlung mit Aether im wesentlichen erhalten bleibt. Wenn man nun diese gummiartige Masse zu einem Klümpchen zusammenschabt und in einen Tropfen Wasser bringt, so geht ein grosser Theil derselben, wenn auch langsam, in Lösung, und trocknet endlich am Tropfenrande wieder zu einer gummiartigen Masse ein.

Zwischen diesen Tropfen, aber immer innerhalb des Deckglasrandes und dem Objectträger oder dem Deckgläschen ansitzend, bilden sich nun die Sphärite. Die Kügelchen (eigentlich Halbkügelchen) unterscheiden sich von den ebenfalls dazwischen vorkommenden farblosen Tropfen durch ihr mattglänzendes Ansehen, so dass man bei einiger Uebung beide Gebilde leicht auseinander hält, namentlich dann, wenn in dem Sphäriten eine innere Structur (Kern event. Schichtung) erkennbar ist. In physikalischer Beziehung verhalten sie sich durchaus

so, wie die am Schnitte sich bildenden. Auch die grösseren von ihnen zeigen in der Regel keine Spur einer Doppelbrechung und erhalten diese auch nicht, wenn der Versuch tagelang im Gang erhalten wird. Ich kann dies aussprechen auf Grund länger fortgesetzter Beobachtung einzelner Sphärite. Richtig ist es, dass später öfters auch zwischen ihnen doppelbrechende und das dunkle Kreuz zeigende Sphärite gefunden werden. Sie treten namentlich dann auf, wenn man dem Präparate ein wenig Wasser zusetzt. Aber so weit meine Beobachtungen reichen, entstehen dieselben nie aus jenen isotropen Sphäriten, sondern sind selbständige secundäre Bildungen, deren Entstehen, wie ich später zeigen werde, man auch hervorrufen kann, wenn man dünne, lange Zeit in Alcohol gelegene Schnitte, in denen bekanntlich nie Sphäritenbildung auftritt, in einen Tropfen Wasser legt (vergl. später).

Ueber die Entstehung jener isotropen Sphärite kann ich leider ebenso wenig Sicheres mittheilen, als über die am und im Schnitte gebildeten. Wieder treten der genauen ununterbrochenen Beobachtung dieselben Schwierigkeiten entgegen. Auch hier ist es möglich, dass die durchaus homogen erscheinenden durch Erstarrung von Tröpfchen sich bilden, wenn ich auch diesen Vorgang bei längere Zeit fortgesetzter Beobachtung an unzweifelhaft im Tropfenzustand befindlichen Kügelchen nie verfolgen konnte. Es machen sich hier aber ganz dieselben Bedenken geltend, wie ich sie schon oben vorgebracht habe, und namentlich würde sich das so häufige Auftreten der dichteren Kerne bei Annahme der Erstarrung von Tröpfchen schwer erklären lassen.

Bleibt somit die Frage nach der Entstehung dieser isotropen Sphärite vorläufig ungelöst, so glaube ich doch die Hoffnung aussprechen zu können, dass in den von mir befolgten Methoden der Weg gegeben ist, in Verfolgung dessen es gelingen wird, auch diese Frage einer befriedigenden Lösung zuzuführen.

Ich habe schon oben erwähnt, dass beim Einlegen dünner Schnitte in Alcohol keine Sphärite gebildet werden. Doch können derartige, wenn auch lange Zeit in Alcohol gelegene Schnitte sehr gut benutzt werden, um die Entstehung und das Wachsthum der Sphärite zu studiren. Legt man solche Schnitte (*Stapelia patula*) auf den Objectträger, setzt ihnen, nachdem sie etwas getrocknet, einen Tropfen Wasser auf, bedeckt sie nun mit einem Deckgläschen so, dass dieses nur mit einem Rande dem Objectträger aufliegt, und lässt das Präparat nun austrocknen, bis nur noch ein schmaler Tropfen Flüssigkeit unter dem Deckgläschen vorhanden ist, so erfolgt in der Regel in

dieser viscosen Flüssigkeit die Bildung von Sphäriten. Sie entstehen — wie die Inulinsphärite — als Pünktchen, die ich bei 0,002 Mm. schon deutlich doppelbrechend fand und die bei 0,003 Mm. im polarisirten Lichte das dunkle Kreuz zeigten. In der Regel nehmen sie nicht weiter an Grösse zu, aber man wird bei einiger Ausdauer immer auch solche finden, welche noch weiter heranwachsen, und ich habe einmal die Vergrößerung eines bei 0,003 Mm. das dunkle Kreuz zeigenden Sphäriten bis auf 0,009 Mm. binnen 20 Minuten unmittelbar verfolgen können.

Es kommt allerdings nicht in jedem Präparate zur Bildung sphäritischer Abscheidungen. Oefters trocknet der Rest der Flüssigkeit zu einer scheinbar homogenen, gummiartigen Masse ein. Setzt man nun aber eine sehr geringe Menge Wasser zu, so kann jetzt die Bildung der Sphärite beim Wiederverdunsten desselben doch erfolgen, und ebenso gelang es mir einige Male, in obiger Weise entstandene Sphärite durch Zusatz von wenig Wasser wieder zu lösen und wieder zu erzeugen.

Die Bildung deutlich doppelbrechender Sphärite lässt sich auch durch Umkrystallisiren der durch Alcohol in den Geweben ausgeschiedenen hervorrufen. Ich habe oben schon jener grossen Sphärite Erwähnung gethan, welche im peripherischen Gewebe unter gewissen Umständen gebildet werden. Da sie gar nicht selten einen Durchmesser bis zu $\frac{1}{2}$ Mm. erreichen, so lassen sie sich ohne Schwierigkeit frei präpariren. Legt man eine Gruppe solcher in einen grösseren Hängetropfen und lässt man nun das Präparat (um die zu rasche Verdunstung zu verhindern) im feuchten Raume durch mehrere Stunden, so findet man später am Tropfenrande zahlreiche Sphärite, oft mit concentrischer Schichtung, die namentlich im polarisirten Lichte neben dem dunklen Kreuze deutlich hervortritt. Viel rascher lassen sich diese Sphärite erzeugen, wenn man die Lösung der primären durch gelindes Erwärmen beschleunigt. Die Erscheinungen sind genau denen ähnlich, wie ich sie oben für die im Hängetropfen erfolgende Bildung der Inulinsphärite geschildert habe (vergl. p. 282 u. f.), und ich verzichte daher auf eine weitere Beschreibung der diesbezüglichen Vorgänge.

Die auf diese Weise am Tropfenrande gebildeten, oft bis 0,07 Mm. D. erreichenden Sphärite können sehr bequem zum Nachweise dienen, dass an ihrem Aufbau neben dem Calciumphosphat auch eine organische Substanz betheiligt ist. Legt man dieselben in mit Carmin oder anderen Farbstoffen gefärbtes Wasser, so beobachtet man, wie mit dem

Verschwinden der Doppelbrechung eine Substanz herausgelöst wird, wobei aber eine grümelige, tiefer als die umgebende Flüssigkeit gefärbte Masse genau in Form der ursprünglichen Kugel zurückbleibt und in der häufig wieder eine centrale Partie intensiver gefärbt erscheint. Ebenso schwärzen sich die Sphärite beim Glühen, hinterlassen aber endlich einen Aschenrückstand, der Kalk und Phosphorsäure enthält. Auch hier gelingt es, aus den halb verkohlten Sphäriten das Calciumphosphat durch Wasser zu extrahiren und in schönen Krystallen zur Abscheidung zu bringen.

Uebrigens ist es gar nicht nothwendig, die Sphärite vor ihrer Lösung frei zu präpariren, und jeder Schnitt aus sphäritenhaltigem Alcoholmaterial kann, in der oben für Schnitte angegebenen Weise behandelt, zur Wiedererzeugung von Sphäriten benutzt werden. Ich habe dies bei *Euphorbien*, *Stapelien* und *Ceropégia* zu wiederholten Malen und fast immer mit Erfolg versucht. Ist der Schnitt dicker, so entstehen häufig sehr grosse und der dünnen Flüssigkeitsschicht entsprechende, beiderseits abgeplattete oder wohl gar flach-scheibenförmige Gebilde, immer stark doppelbrechend, häufig mit deutlich strahlig-faseriger Structur, seltener auch concentrisch geschichtet. Bald sind es vollkommen kreisrunde Scheiben, bald Verwachsungen solcher, unter denen wieder die paarweisen die häufigsten sind. Es sind genau dieselben Formen, wie sie von HARTING und Anderen in den Niederschlägen des Calciumcarbonates und ebenso von HANSEN in denen des Calciumphosphates beobachtet wurden. Wie dort finden sich auch hier öfters alle Uebergänge zu regelmässigen polyedriscen Formen, und ich gebe in Fig. 20 eine Auswahl derartiger dicht neben einander entstandener Bildungen, aus deren Vergleichung, wie mir scheint, auch auf ihren Zusammenhang und speciell die Entstehung der Scheiben (und Kugeln) geschlossen werden kann. Das Zwillingengebilde *a* (sit venia verbo!) ist — wie gewöhnlich — nicht vollkommen kreisrund, sondern immer etwas in einer Richtung verlängert, die Centra der beiden Kugelabschnitte liegen eben wohl nahe aneinander, fallen aber nie zusammen. Je weiter sie sich nun von einander entfernen, je grössere Stücke der Kugeln also ausgebildet erscheinen, desto mehr bekommt der Zwilling biskuitförmigen Umriss, und diese Form geht wieder ganz allmählich in die Sanduhrform über (*b, c, d*), die in der bei Bildung nadelförmiger Krystalle so häufigen Drusenform der „Doppelnadelbüschel“ gewissermaassen ihr Analogon hat. Aber diese Sanduhrformen (*d, e, f*) sind auch noch in anderer Beziehung lehrreich. Der Umriss der beiden Hälften ist nämlich selten vollkommen kreis-

förmig, sondern zeigt mehr oder weniger deutlich drei vorspringende Ecken. Ein allmählicher Uebergang verbindet diese Formen wieder mit den sechsstrahligen Sternen und Hexagonen. So wie an den eigentlichen Kugelverwachsungen und den biskuitförmigen Gebilden die beiden Kugelabschnitte so häufig ungleich gross sind, so sehen wir auch bei den sechsstrahligen Sternen häufig drei Strahlen verkürzt (*g*). Wer je alle diese Gebilde dicht neben einander gesehen und mit einander verglichen hat, wird nicht zweifeln, dass in allen der gleiche Wachstumsvorgang eingehalten erscheint und die gleiche Krystallisationstendenz zum Ausdruck gelangt ist.

5. Künstliche Sphärite.

Ich gebrauche diesen von HANSEN angewendeten Ausdruck zur kurzen Bezeichnung der ausserhalb der Pflanze und aus künstlich bereiteten Lösungen zur Abscheidung gelangenden Sphärite.

Nach den schon in der Einleitung berührten genauen und eingehenden Untersuchungen von HARTING und VOGELSANG schien es a priori nicht zweifelhaft zu sein, dass die Sphärokrystalle des Calciumcarbonates eines Wachstums durch Apposition fähig sind, wobei es dahingestellt bleiben mag, ob die ersten Anfänge derselben in Form von kleinen Körnchen, an denen eine Doppelbrechung noch nicht erkennbar ist, schon krystallinische Structur besitzen oder zuerst Tröpfchen einer übersättigten Lösung darstellen, in denen erst secundär Krystallisation stattfindet. Ein solches Wachstum durch Auflagerung nimmt auch FAMINTZIN an, wenn auch nach seinen Beobachtungen die den erst entstehenden Niederschlag bildenden „Kügelchen“ zu beträchtlicher Grösse heranwachsen können, bevor in ihnen eine Differenzirung der Substanz in einen Kern und in concentrische, diesen umlagernde Schichten bemerkbar wird. Dass eine solche nachträgliche Differenzirung möglich ist, ist schon mit Rücksicht auf einige p. 285 erwähnte, die Bildung der Inulinsphärite betreffende Beobachtungen gewiss nicht zu verneinen, wenn es mir auch nie gelang, diesen Vorgang an künstlichen Calcosphäriten zu beobachten. Doch nicht um dies handelt es sich hier, sondern um die Frage, ob Körner, welche schon alle Merkmale von Sphärokrystallen an sich tragen, noch eines weiteren Wachstums fähig sind oder nicht.

HANSEN verneint dies ebenso für die Sphärite des Calciumcarbonates, als auch für die des Calciumphosphates, deren künstliche

Darstellung ihm durch Anwendung eines höchst einfachen und sinnreichen Verfahrens auf das vollständigste gelang, während HARTING es in der verschiedensten Weise und immer vergeblich versucht hatte.

Nach dem Vorgange HARTING's benutzte HANSEN als schleimiges Medium Hühnereiweiss, welches zuerst mit Calciumchloridlösung gemischt und dem dann Natriumphosphat zugesetzt wurde. HANSEN erhielt auf diese Weise nach einiger Zeit (einem Tage) zahlreiche, bis 0,025 Mm. grosse Sphärokrystalle.

Da es mir vor allem darum zu thun war, die Entstehung dieser Gebilde direct zu beobachten, so versuchte ich, ihre Abscheidung im Hängetropfen hervorzurufen. Es gelingt dies ausnahmslos und in der kürzesten Zeit, wenn man einem dem Deckglase aufgesetzten Tropfen Hühnereiweiss seitlich ein Körnchen Calciumchlorid zusetzt. Die Beigabe eines Phosphates ist, wie ebenfalls schon HANSEN bemerkt, überflüssig, da das Hühnereiweiss immer lösliche Phosphate enthält. Bald nach beginnender Lösung bildet sich im Eiweiss um das Körnchen von Calciumchlorid ein Hof in Form eines wolkenartigen Niederschlages, der aus Kryställchen und krystallinischen Körnchen besteht, die zwischen gekreuzten Nikols hell aufleuchten. Beobachtet man nun bei gleicher Stellung der Nikols den rasch im Eiweiss fortschreitenden Rand dieses Niederschlages, so erscheinen nun in den noch dunklen Theilen des Gesichtsfeldes anfangs ungemein schwach aufleuchtende Pünktchen. Viele von ihnen werden unter geringer Grössenzunahme zu jenen oben erwähnten Krystallen (meist rhombische Plättchen) und Körnern. Andere von ihnen aber erscheinen durch das dunkle Kreuz in vier helle Quadranten getheilt. Ich beobachtete dies schon an Kügelchen von 0,003 Mm. D. Viele von ihnen, und an manchen Stellen des Randes ausnahmslos, nehmen sehr wenig an Grösse zu. Andere aber — namentlich an jenen Randstellen, wo der körnige Niederschlag lockerer ist — kann man nun sehr rasch heranwachsen sehen und ich beobachtete häufig ihre Vergrösserung bis auf 0,012 Mm., wobei die doppelte Lichtbrechung stetig zunimmt. Das Wachsthum hört immer schon in kürzester Zeit auf, dafür aber entstehen vor ihnen im Eiweiss immer neue Gebilde.

Es kann nach diesen Beobachtungen wohl nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass die Sphärokrystalle des Calciumphosphates, ganz so, wie ich es oben für die unter ähnlichen Verhältnissen entstehenden des Inulins nachgewiesen habe, sich noch durch Apposition vergrössern, wenn sie schon deutliche krystallinische Structur besitzen.

Die Sphärite sind meist von einander vollkommen isolirt; doch

kommen auch Verwachsungen vor, unter denen wieder die zu zweien die häufigsten sind.

Eine Structur konnte ich an den kleineren Individuen in keiner Weise sichtbar machen; an den grösseren Formen aber tritt öfters ein Kern deutlich hervor. Er zeigte sich an meinen Objecten immer stark doppelbrechend. Zwischen gekreuzten Nikols erscheint sein durch die helleuchtenden Quadranten gebildetes Kreuz von dem der Schale durch einen dunklen Ring getrennt.

Eigenthümlich verhalten sich diese Sphärite bei Behandlung mit verdünnten Säuren: Zum Zwecke der genaueren Beobachtung ist es vortheilhaft, das Eiweiss, in welchem sich grössere Sphärite gebildet haben, in möglichst dünner Schicht am Objectträger aufzustreichen und eintrocknen zu lassen. Man legt nun das Deckgläschen auf, unterschiebt ihm aber noch einen Glassplitter, um so einen Wechsel der Reagentien leichter vornehmen zu können. Setzt man nun verdünnte Salzsäure (oder Essigsäure) zu und beobachtet die Einwirkung auf den Sphäriten, so sieht man vollkommen deutlich, wie von aussen nach innen fortschreitend die Lösung des Kalksalzes vor sich geht: Die früher glänzende Kugel wird successive kleiner, verschwindet endlich, wobei auch die Doppelbrechung verloren geht. Bei kleinen Sphäriten scheint nun allerdings ihre ganze Substanz in Lösung gegangen; es scheinen Hohlräume gebildet. Auch die Einwirkung von Tinctionsflüssigkeiten scheint dafür zu sprechen, da die betreffenden Stellen heller gefärbt bleiben als das umliegende Eiweiss. Es ist dies immer dann der Fall, wenn die Dicke der Eiweisschicht grösser ist, als die Sphärite, weil dadurch der Contrast der Farbentöne natürlich zunimmt. Waren aber die Sphärite gross und die Eiweisschicht sehr dünn, so tritt der entgegengesetzte Lichteffect hervor und es gelingt, ebenso mit Carmin- wie mit Jodlösungen, Farbentöne zu erzielen, die bedeutend tiefer sind als die der Tinctionsflüssigkeit und des umliegenden Eiweisses. Spricht schon diese Beobachtung dafür, dass die Säure nicht die ganze Sphäritensubstanz gelöst hat, sondern nur einen Theil derselben, d. i. das in diesen Kugeln enthaltene Phosphorsalz, so wird dies zur vollen Gewissheit, wenn man die Beobachtung an Sphäriten anstellt, in denen früher ein Kern sichtbar ist. Nach Einwirkung der Säure bleibt dieser häufig vollkommen deutlich sichtbar, ebenso erkennt man die ihn umgebende meist etwas abgehobene Schale und bei sehr langsamer Einwirkung des Reagens gelang es mir häufig, in der Schale wie im Kern eine zarte Schichtung zu erkennen. Waren, was häufig vorkommt, radiale Sprünge vorhanden, so blieben diese er-

halten, wenn sie auch nun in der Regel viel weniger deutlich hervortreten.

Wenn man — was überhaupt zweckmässig ist, um die Tinction der im Eiweiss lagernden Sphäriten leichter bewerkstelligen zu können — auf das mit den verdünnten Säuren behandelte Präparat vorerst Alcohol einwirken lässt, so entsteht nun in Folge der Contraction der Substanz sehr häufig um den Sphäriten ein Hohlraum — ein weiterer Beweis, dass derselbe durch die Säure nicht vollständig gelöst wurde.

Das hier geschilderte Verhalten der Sphärite beobachtet man aber nur, wenn die Einwirkung der Säure sehr langsam stattfindet. Bei rascher Einwirkung dagegen bleibt die Form und Structur derselben meist nicht erhalten; sie zieht sich entweder zu einem formlosen Klümpchen zusammen oder wird einseitig eingedrückt, so dass Gebilde entstehen, die in ihrer Form mit jenen Aehnlichkeit haben, die seinerzeit von HARTING beim kohlen-sauren Kalke beobachtet und als „Conostaten“ bezeichnet wurden.

Uebrigens ist es richtig, dass im Eiweiss nach Einwirkung der Säure auch wirkliche Hohlräume aufgefunden werden. Ein Theil derselben verdankt unzweifelhaft Luftblasen seine Entstehung, die theils ursprünglich vorhanden sind, vielleicht aber auch von einer durch die Säureeinwirkung erfolgten Zersetzung eines Carbonates herrühren. Auch finden sich unter den Phosphatausscheidungen ja häufig genug Krystalle und wirkliche Krystalldrüsen, nach deren Lösung Hohlräume zurückbleiben müssen. Andererseits scheint es in der That, als ob die relative Menge der beiden den Sphäriten aufbauenden Stoffe ziemlichen Schwankungen unterliegen kann, da die nach Lösung des Calciumphosphates restirende Substanzmenge bei gleich grossen Kugeln häufig sehr verschieden ist. Dass aber — wenigstens die grösseren Sphärite — nicht bloss aus Calciumphosphat bestehen, sondern auch eine Eiweissverbindung (Calcoglobulin HARTING's) enthalten, scheint mir nach den oben mitgetheilten Beobachtungen unzweifelhaft zu sein.

Ich versuchte nun auch die Bildung der Calcocarbonat-sphärite zu verfolgen. Da es mir nur um den morphologischen Theil der Frage zu thun war, so vermied ich die Anwendung von Hühnereiweiss, das wegen seines Gehaltes an Phosphaten ohnedies unsichere Resultate geben muss, und suchte diese Gebilde einfach durch Zusammenbringen von Chlorcalcium und Kaliumcarbonat zu erzeugen. Ich befolgte anfangs die von FAMINTZIN angegebene Methode des Zusammenbringens der concentrirten Lösungen beider Salze im Hängetropfen. Ich überzeugte mich aber später, dass die Beobachtung noch

sicherer und weit einfacher wird, wenn man die Mischung geradezu unter dem Deckgläschen vornimmt: Ein mässig grosser Tropfen concentrirter Chlorcalciumlösung wird von dem einseitig unterlegten Deckgläschen bedeckt, so dass die Flüssigkeit etwa bis zur Hälfte desselben reicht. Nun wird seitlich ein Tropfen concentrirter Kaliumcarbonatlösung und zwar in den noch mit Luft erfüllten Raum zugesetzt. Im Momente der Berührung beider Flüssigkeiten entsteht an dieser Stelle ein membranartiger körniger Niederschlag, der unter dem Mikroskope als ein tief braun gefärbter Saum erscheint. Bald schiebt sich vor denselben ein hellerer Saum vor, der von jenem sich einfach durch eine minder dichtere Lagerung der Körnchen unterscheidet, die auch meist etwas grösser sind. Dieser scharf begrenzte Saum ist immer nach der Chlorcalciumlösung gekehrt, während der Niederschlag nach der Seite des Kaliumcarbonates immer ohne scharfe Begrenzung und flockig ist. In der Chlorcalciumlösung, und zwar unmittelbar vor jenem hellen Saume, entstehen nun vorerst Krystalle und bald darauf auch die Sphärite, und zwar, wie schon FAMINTZIN hervorhob, immer in dem dem Niederschlagssaume nächsten Theile des Tropfens. Ich will noch beifügen, dass unter dem Deckgläschen die Abscheidung der Sphärite fast ausschliesslich in den höheren, dem Deckgläschen nahen Flüssigkeitsschichten stattfindet, während in den unteren Theilen vorzüglich Krystalle gebildet werden. Dass die Bildung der Sphärite ausschliesslich im Chlorcalcium vor sich geht, hat, wie gar nicht zu zweifeln, seinen Grund in der schleimartigen Beschaffenheit seiner Lösung, während die des Kaliumcarbonates dünnflüssig ist und so als ein die Krystallisation erschwerendes Medium nicht in Wirksamkeit treten kann, worin auch der Grund liegt, dass sich hier, und zwar wieder zunächst dem Niederschlagssaume, schöne und grosse Krystalle ausbilden können. Ebenso erklärlich ist es, dass die Sphärite sich zunächst des primären Niederschlages bilden und diesem zunächst am grössten sind. Hier herrscht eben die grösste Concentration des Kaliumcarbonates und es erfolgt die reichlichste Abscheidung des kohlensauren Kalkes. Auch ist es wahrscheinlich, dass aus diesem körnigen Niederschlage die Sphärite die zu ihrem Wachstume erforderliche Substanz beziehen. Wenigstens sieht man öfters, namentlich an Stellen, wo der Niederschlag nicht zu dicht ist, dass derselbe in dem Maasse, als die zunächst liegenden Sphärite heranwachsen, immer lockerer wird und stellenweise ganz verschwindet.

Das Wachsthum der Sphärite lässt sich am besten zunächst dieses Niederschlagssaumes verfolgen. Ich beobachtete direct und ohne Unter-

brechung das Heranwachsen und Verwachsen zweier benachbarter Kügelchen von je 0,006 Mm., die im polarisirten Lichte vollkommen deutlich das dunkle orthogonale Kreuz erkennen liessen, bis auf je 0,015 Mm. binnen 15 Minuten. Es ist dies die durchschnittliche Grösse der dem Niederschlagsaume zunächst entstehenden Sphärite.

Lässt man aber das Präparat durch einige Stunden frei stehen, so findet man dann immer einzelne bedeutend grössere Kugeln, und mehrere Male fand ich an Präparaten, die über Nacht am Objecttische verblieben waren, bis zu 0,04 Mm. grosse, die schönst ausgebildete Schichtung und Streifung in voller Deutlichkeit zeigende Sphärite.

Ausser den vollkommen regelmässig entwickelten Sphäriten und Sphäritenverwachsungen einerseits und den mehr oder weniger schön ausgebildeten Krystallen und Krystalldrusen andererseits findet man zahlreiche andere Bildungen, welche gewissermaassen als Uebergangsformen zwischen den beiden Endgliedern der Reihe, in welcher die Krystallisationstendenz der Substanz zum Ausdrucke gelangt, angesehen werden können. Ich habe die meisten Formen, wie sie in den Werken von ROBIN und VERDEIL, HARTING, VOGELSANG beschrieben und abgebildet erscheinen, selbst gesehen und zum grossen Theile unter dem Deckgläschen auf die oben beschriebene Weise erhalten. Ich verzichte aber auf eine Beschreibung derselben und verweise auf jene Werke, namentlich auf die im Atlas der ersteren Autoren in geradezu künstlerischer Weise ausgeführten Tafeln ¹⁾.

6. Uebersicht der Ergebnisse.

Ich will nun versuchen, die in den vorhergehenden Abschnitten mitgetheilten, auf Grund des Studiums einiger Objecte gewonnenen Resultate, insoweit sie einer Verallgemeinerung fähig sind, hier in Kürze nochmals zusammenzufassen:

Was zuerst den Bau der Sphärite betrifft, so können wir von den am längsten bekannten „Sphärokrystallen“ des Inulins ausgehen. Wo an denselben deutliche Schichtung zu beobachten ist, da wird diese, wie zuerst HANSEN zeigte, dadurch hervorgebracht, dass krystallinische, aus feinen, radial gestellten Nadelchen zusammengesetzte Kugelschalen mit solchen ohne sichtbare Radialstructur abwechseln. HANSEN betrachtet letztere als aus amorpher Substanz bestehend, während

1) ROBIN und VERDEIL, *Traité de chimie anatomique et phys.* Taf. III, IV, V, XIII, XV.

ZIMMERMANN¹⁾ auch diese für krystallinisch hält. Hier sei nun die Substanz nicht porös („compacte Schichten“); in den aus Nadelchen aufgebauten aber wären durch die lockere Stellung der Nadelchen Zwischenräume gegeben, in welche beim Austrocknen Luft eindringe. Diese „porösen Schichten“ erscheinen daher dunkel, während die dazwischen liegenden Schichten vollkommen durchsichtig bleiben. Meine Beobachtungen, die ich an den künstlich erzeugten Inulinscheiben (vgl. pg. 284) anstellte (welche gewiss nicht mit Unrecht dünnen Durchschnitten durch Sphärokrystalle verglichen werden können), bestätigen in Bezug auf letzteren Punkt die Angaben ZIMMERMANN'S: Die beim Austrocknen sichtbar werdenden radialen Spalten sind in concentrischen Kreisen geordnet und in denselben Schichten beobachtet man auch schon früher deutliche Radialstructur. Es zeigten aber nur diese Schichten deutliche Doppelbrechung, während in den compacten Schichten auch bei Anwendung empfindlicher Gypsplättchen eine solche nie hervortrat. Ich muss daher der Ansicht HANSEN'S beistimmen und betrachte diese Schichten als aus amorpher Substanz bestehend.

Von dieser Form der Sphärite führt ein ganz allmählicher Uebergang zu den kugeligen Krystalldrüsen: Vorerst erscheinen noch die feinen Krystallnadelchen als wesentliches Element des Aufbaues; auch behalten sie ihre radiale Lage; doch liegen sie nicht mehr in Schalen geordnet, sondern sind unregelmässig vertheilt. Das radiaifaserige Gefüge wird um so deutlicher, je lockerer die Nadelchen gestellt sind je grösser sie werden, welcher Uebergang öfters an demselben Sphäriten in centrifugaler Richtung fortschreitend zu beobachten ist. Mit der lockereren Stellung der Kryställchen an der Peripherie ist immer auch eine mehr oder minder bedeutende Abweichung von der radialen Lage und ungleiche Länge derselben verbunden. Dadurch verliert der Sphärit die glatte Oberfläche und der typische Charakter der Druse tritt immer auffälliger hervor. Wir finden alle diese Uebergangsbildungen schon an den Inulinsphäriten, wo öfters einzelne Nadeln, ja selbst Pyramidenspitzen über die gemeinsame Oberfläche hervortreten und ihr ein stacheliges Aussehen verleihen; ebenso bei den Calcoposphatsphäriten der *Dahlia*-Knollen, der *Euphorbien* etc., und zwar in besonderer Reichhaltigkeit an und zunächst der Schnittfläche dünner, in Alcohol gelegter Caulomscheiben.

Einen weiteren sehr charakteristischen Typus der Ausbildung re-

1) *Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle*. Breslau 1887, pg. 88.

präsentiren die „beschalten“ Sphärite, wie sie zuerst HANSEN beschrieb. Die amorphe ¹⁾ Substanz erscheint hier in der Mitte des Sphäriten zu einem mächtigen Kern zusammengedrängt, die zur Krystallisation gelangte bildet eine einzige, den Kern umschliessende, peripherische Nadelschale. Wir finden diese Form hauptsächlich in grösseren Caulomstücken und in vollkommener Ausbildung immer nur in den von der Peripherie entfernteren Geweben, so dass es scheint, als ob eine langsame Einwirkung des Alcohols eine Bedingung für ihre Bildung wäre.

Eine weit seltenere Bildung — und von mir nur ein paar Male beobachtet — sind die Sphärite mit krystallinischem Kern und amorpher Hülle. Ersterer ist gebildet durch eine Krystalldruse, die entweder aus dicht gedrängten und nur wenig über die gemeinsame Oberfläche hervortretenden Nadeln besteht oder die aus grösseren, locker gestellten, prismatischen Krystallen zusammengesetzt ist, welche von verschiedener Länge oft weit in die homogene Hülle hineinragen (Taf. IX, Fig. 21). Auch kommt es vor, dass der Kern überhaupt keinen strahlig-faserigen Aufbau erkennen lässt, auf welchen aber nach dem Verhalten im polarisirten Lichte geschlossen werden muss.

Einen Uebergang von diesen Sphäriten mit inverser Lagerung der krystallinischen und amorphen Partien zu den beschalten Sphäriten bilden jene seltenen Formen, wo die den krystallinischen Kern umgebende amorphe Schicht nach aussen wieder durch eine Nadelschale begrenzt wird (Taf. IX, Fig. 24). Zwischen gekreuzten Nikols geben Kern und Schale, ihrer strahlig-faserigen Structur entsprechend, vollkommen selbständige, durch eine dunkle Kreiszone getrennte Polarisationsbilder. Ich fand derartige Sphärite, die natürlich auch als Uebergangsformen zu den mehrfach geschichteten Inulinsphäriten angesehen werden können, bei den *Euphorbien* und ebenso bei den im Hühnereiweiss künstlich erzeugten (vergl. pg. 344), und auch HARTING hat ähnliche Formen beschrieben und in ihrer Polarisationswirkung abgebildet.

War bei den bis jetzt besprochenen Sphäriten wenigstens ein Theil der Kugel deutlich krystallinisch entwickelt, so begegnen uns anderseits gar nicht selten Ausscheidungsformen, an denen eine krystallinische Structur in keiner Weise hervortritt. Schon RUSSOW fand derartige Kugeln in Wedelstücken von *Agiopterys evecta*, die mehrere Monate in Alcohol eingelegt waren, und auch HANSEN hat dieselben

1) Man vergleiche die Anmerkung pg. 259.

bei *Euphorbien* gesehen. Ich habe sie bei *Dahlia*, den *Euphorbien* und den eingangs erwähnten *Asclepiadeen* gefunden und habe ihr Auftreten auch in frischen Schnitten in Folge Alcoholeinwirkung beobachtet. Beide Forscher halten diese Bildungen für Anfangszustände, welche sich später durch nachträgliche Krystallisation im Innern zu wahren Sphärokrystallen umzuwandeln vermöchten. Ich kann dieser Ansicht nicht beistimmen und zwar aus dem Grunde, weil ich diese Gebilde in mehrtägigem Alcoholmaterial zu wiederholten Malen gefunden habe, und auch an den ähnlichen in frischen Schnitten und unter dem Deckglase erzeugten Formen eine solche Umwandlung nie beobachten konnte, während Sphärite mit deutlich krystallinischer Structur in der kürzesten Zeit entstehen können (vergl. später).

Eine weitere höchst merkwürdige Form wird durch jene Sphärite dargestellt, an denen zwar in einzelnen Partien eine deutliche Radialstructur erkennbar wird, wo aber eine krystallinische Gestaltung der Einzelemente in keiner Weise nachgewiesen werden kann. Bald zeigt nur eine den Kern umgebende mächtige Schale die radiale Streifung (Taf. IX, Fig. 23), bald wiederholen sich derartige Schichten, die dann mit solchen ohne merkbare Radialstructur abwechseln (Taf. IX, Fig. 4). In allen diesen Fällen lösen sich bei stärkeren Vergrößerungen die radialen Linien in Körnerreihen auf, die häufig nach der Peripherie der Schicht lockerer gestellt sind. Dadurch verliert der Sphärit seine scharfe Umgrenzung, und ich habe Fälle beobachtet, wo eine solche überhaupt nicht mehr erkannt werden konnte.

Es haben diese Gebilde die grösste Aehnlichkeit mit vielen von VOGELSANG in Silicatgesteinen aufgefundenen Sphärolithen, die er unter den Begriff der Globosphäriten zusammenfasst, wo in gleicher Weise eine Polarisationswirkung entweder überhaupt nicht wahrzunehmen ist, oder wenn vorhanden, über das Auftreten eines schwachen verschwommenen Lichtscheines nicht hinauskommt.

Bei der zuletzt betrachteten Sphäritenform tritt also wenigstens in einem Theile der Substanz ganz deutlich eine körnige Structur hervor. Aber auch in jenen Theilen dieser und anderer Sphäritenformen, wo die nicht krystallinisch entwickelten Partien anscheinend homogen erscheinen, dürfte wohl in der Regel ein körniger — im Sinne VOGELSANG's globulitischer — Aufbau anzunehmen sein. Manchmal — wie öfters in den Kernen der beschalteten Sphärite — kann man mit stärkeren Vergrößerungen unmittelbar eine feine Körnelung erkennen, an anderen tritt sie erst nach Anwendung langsam lösender Reagentien hervor. Vielleicht spricht auch für einen solchen globuli-

tischen Aufbau die fast nie fehlende Porosität der Substanz: Lässt man in Alcohol liegende beschaltete Sphärite austrocknen, so dringt die Luft nicht bloß in die Nadelschale, sondern auch in den Kern ein, der ebenfalls — höchstens mit Ausnahme einer centralen Partie — vollkommen dunkel wird. Die Luftinjection beobachten wir in gleicher Weise an den unbeschalteten Sphäriten und ebenso in den peripherischen Schichten der invers geschichteten, welche, wie ich im speciellen Theile erwähnt (pg. 324), oft so schwach lichtbrechend sind, dass sie in ihrer Umgrenzung häufig erst nach erfolgter Luftefüllung deutlich hervortreten.

Bei der Porosität der Substanz ist es eigentlich selbstverständlich, dass die Sphärite die Farbe der Einlegeflüssigkeit annehmen. Aber nicht bloß dies findet statt; bei vielen tritt auch eine Speicherung des Farbstoffes ein und häufig beobachtet man, dass die Sphärite schon einen sehr tiefen Farbenton angenommen haben, wenn die Protoplasmasäcke noch vollkommen ungefärbt sind. In der Regel ist es zuerst die nicht krystallinische Substanz, an den beschalteten Sphäriten also der Kern, der gefärbt wird und es nimmt die Färbung nach innen zu; später erst erfolgt auch die Färbung der Nadelschale, die unter Verschwinden der Doppelbrechung sich zu einer locker-grümeligen Masse von verschiedener Grösse umgestaltet.

Am schönsten beobachtet man die Tinction der Kerne bei den Calcophosphatsphäriten der *Dahlia*-Knollen, da sie — namentlich im alten Alcoholmateriale — der lösenden Wirkung des Wassers viel länger widerstehen als die Nadelschale. Bei den *Euphorbiaceen* und *Asclepiadeen* ist aber die Differenz in der Löslichkeit zwischen Kern und Schale bedeutend geringer und es kann — wie es auch HANSEN beobachtet hat — in manchen Fällen sogar vorkommen, dass der erstere früher als die Schale gelöst wird, deren grümelige Reste, durch den verwendeten Farbstoff tingirt, noch längere Zeit erhalten bleiben, so dass man selbst den Eindruck gewinnen kann, es sei nur ein den Sphäriten ursprünglich umhüllendes Häutchen erhalten geblieben. In der Regel bleiben aber auch bei Anwendung sehr wässriger Farbstofflösungen (Methylenblau, Boraxcarmin etc.) die centralen Partien des Kernes längere Zeit erhalten; manchmal, so wie in den *Dahlia*-Sphäriten, mit scharfer Randbegrenzung, häufiger aber in Form eines tief tingirten, verschwommen veränderten Fleckens, wie es bei den *Euphorbiaceen* in der Regel der Fall ist.

Die Eigenschaft der Farbstoffspeicherung hatte auch schon RUSSOW an den *Marattiaceen*-Sphäriten beobachtet; ebenso hatte sie HARTING

an seinen im Hühnereiweiss erzeugten Calcosphäriten aufgefunden. Bezüglich der letzteren finden HARTING's Beobachtungen durch meine im speciellen Theile mitgetheilten Untersuchungen ihre Bestätigung, und ich zweifle nicht, dass sich die Sache auch bei den *Marattiaceen*-Sphäriten so verhält, wie Russow angegeben. Die Möglichkeit, dass die Färbung etwa nur von einem sich nicht auflösenden Hüllhäutchen herrühre, ist ja nach den schon von diesen Forschern beobachteten Erscheinungen, wie der tieferen Färbung der centralen Partien, des Erhaltenbleibens eventuell vorhandener Structuren (Schichtung) oder der durch Druck erzeugter Sprünge, natürlich vollkommen ausgeschlossen.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der Sphärite haben die vorstehenden Untersuchungen ergeben, dass dieselben chemisch nicht homogen sind. Für die im Hühnereiweiss sich bildenden Calcosphärite hatte schon HARTING dies behauptet (vgl. pg. 264) und es finden seine Angaben durch meine Untersuchungen (pg. 344) ihre volle Bestätigung. Dasselbe glaube ich nun auch für die Inulinsphärite nachgewiesen zu haben, in denen immer auch Calciumphosphat vorhanden ist (p. 293), wobei es scheint, dass die Schichtung derselben um so deutlicher hervortritt, je mehr von diesem Salze im Sphäritenkörper vorkommt. Für die Calcophosphatsphärite der *Dahlia*-Knollen habe ich schon früher angegeben, dass der amorphe Kern derselben vorzüglich aus einer organischen Verbindung besteht, und dieselbe Zusammensetzung zeigen die oben besprochenen Sphäritenformen von *Galtonia* (pg. 301) und ebenso die der *Euphorbien* und *Asclepiadeen* (pg. 331). Für die Sphärite der *Marattiaceen* hatte Russow es für wahrscheinlich erachtet, dass die dieselben bildende Substanz aus einer Combination von einer anorganischen und einer organischen Verbindung zusammengesetzt sei, wogegen HANSEN dieselben, abgesehen von zufälligen Einschlüssen (Chlorophyllkörnern, Plasmakörperchen des Zellinhaltes, Gypskryställchen) als aus Calciumphosphat bestehend erklärt. Ich aber möchte glauben, dass auch hier die Verhältnisse so liegen, wie bei den oben aufgeführten Pflanzen, dass also auch in diesen Sphäriten neben dem Calciumphosphat noch organische (tingirbare) Substanz vorkommt.

Kann man nun in diesem letzteren Falle mit einiger Wahrscheinlichkeit auf eine Uebereinstimmung mit den von mir untersuchten Sphäriten schliessen, so gestatten die zahlreichen Angaben über andere Sphärokrystalle, namentlich solche, welche organischer Natur sein sollen, nicht einmal eine diesbezügliche Vermuthung, und es muss Aufgabe

späterer Untersuchungen bleiben, zu entscheiden, ob die von mir freilich nur für einige Fälle nachgewiesene Ungleichförmigkeit in der chemischen Zusammensetzung als Ausnahme oder für alle pflanzlichen sphäroidalen Ausscheidungsformen als Regel zu gelten hat.

Bei den Inulinsphäriten ist es mir nicht gelungen, die Vertheilung beider Substanzen mit der Schichtung in einen nachweisbaren Zusammenhang zu bringen. In den geschichteten Sphäriten von *Galtonia* aber lässt sich bei vorsichtiger Behandlung derselben in der Hitze eine geschichtete Lagerung der verkohlbaren und ebenso der Aschenbestandtheile oft mit aller Deutlichkeit nachweisen: Behandelt man diese Sphärite im Stadium der Verkohlung mit verdünnter Salzsäure, so zeigt sich die verkohlte Substanz in Schichten gelagert, und dasselbe beobachtet man bezüglich der Aschenbestandtheile, wenn die Sphärite bis zur vollen Zerstörung der organischen Substanz der Hitze ausgesetzt werden. Auch in jenen Sphäriten, wo die Partien verschiedener Molecularstructur nicht in Form dünner Schichten mit einander alterniren, sondern als Kern und Schale differenzirt erscheinen, lässt sich unschwer nachweisen, dass die amorph erscheinenden Partien vorzüglich organische Substanz enthalten, während die krystallinischen wesentlich aus Calciumphosphat bestehen. Schon bei Besprechung der beschalteten Sphärite von *Dahlia* habe ich mitgetheilt, dass beim vorsichtigen Verbrennen einzelner grösserer Kugeln es leicht gelingt, ein Stadium zu erreichen, wo die Innenmasse verkohlt ist und entweder grobschwammige Structur zeigt oder in Form einer compacten Kugel den Innenraum nicht vollkommen erfüllend, durch die erhalten gebliebene Schale hindurchscheint und nach späterer Lösung der Schale durch verdünnte Salzsäure ungelöst zurückbleibt. Ganz so ist es bei den Sphäriten der *Euphorbien* und *Asclepiadeen*. In besonders günstigen Fällen erscheint nach eingetretener Verkohlung und späterer Behandlung mit verdünnter Salzsäure um die ziemlich compacten, den amorphen Kernen entsprechenden Kugeln ein aus grümeliger Masse bestehender Hof von der Breite der ursprünglichen Nadelchale erhalten, der offenbar von der zwischen den Nadelchen eingelagerten Substanz herrührt.

Ist somit in allen diesen Sphäriten das Vorhandensein einer organischen Substanz neben Kalk und Phosphorsäure unzweifelhaft und scheint ferner die Structur mit der Vertheilung der Stoffe in Beziehung zu stehen, so bleibt doch die Natur der organischen Verbindung wie ihre Beziehung zu den Aschenbestandtheilen ungewiss. Möglich, dass eine organische Kalkverbindung vorliegt; man könnte aber auch

an Verhältnisse denken, wie sie in den Globoiden vorkommen, welche vielleicht ebenfalls als kleinste Sphärite und Sphäritaggregate betrachtet werden können.

Was das Wachstum der Sphärite betrifft, so konnte für einige derselben das Appositionswachstum durch directe Beobachtung festgestellt werden. Es gilt dies für die Sphärite des Inulins, und zwar ebenso für die im lebenden Gewebe als für die aus künstlich bereiteten Lösungen zur Ausscheidung gelangenden. Das gleiche Wachstum zeigten die im Hühnereiweiss nach Zusatz von Calciumchlorid sich bildenden und ebenso die in Niederschlägen des kohlensauren Kalkes entstehenden Calcosphärite, welche nach HANSEN ebenfalls als Tropfen entstehen sollen, die später erst krystallinisch erstarren. Abgesehen davon, dass ich einen solchen Vorgang nie beobachtet habe, spricht gegen denselben auch der Verlauf der peripherischen Schichten an verwachsenen Sphäriten, wofür ich den in der HANSEN'schen Figur 3 abgebildeten „zusammengesetzten Sphärokrystall“ *a* als Beispiel nehme. Wären die beiden verwachsenen Halbkugeln aus Tropfen gleicher Grösse hervorgegangen (deren innige Berührung bis zur Fläche des grössten Kreises bei freier Lage aber schwer verständlich wäre), so müsste die sie trennende, durch Abplattung der die Tropfen umhüllenden Grenzhäutchen entstandene Doppellamelle natürlich bis an den Umfang der Doppelkugel reichen, und nach eingetretener Bildung der ersten peripherischen Nadelschale auch diese durchsetzen. Dies ist aber in der besagten Abbildung nicht der Fall; der Zwilling ist durch eine continuirliche gemeinsame Nadelschale abgeschlossen. Eine den ganzen Zwilling durchsetzende Trennungslinie ist nur dort vorhanden, wo sich zwischen den Kugelstücken ein einspringender Winkel befindet; sie wird um so undeutlicher, je stumpfer dieser Winkel wird, und ist, wo ein solcher nicht mehr erkennbar ist, ebenfalls verschwunden, so dass nun der Zwilling von gemeinsamen Schichten umschlossen erscheint.

Die Entstehung und das Wachstum der beschalteten Sphärite (amorpher Kern und Nadelschale) und der übrigen ähnlichen Bildungen, wie sie in *Dahlia*-Knollen, in *Euphorbien* und *Asclepiadeen* zur Abscheidung gelangen, konnte durch directe Beobachtung leider nicht festgestellt werden. Für jene Formen, wo der krystallinische Kern von amorphen Schalen umgeben ist, deren Lichtbrechung nach der Peripherie immer schwächer wird, so dass selbst ein scharfer Randcontour vollkommen fehlen kann, ist die Annahme eines vorangehenden Tropfenstadiums und einer von aussen nach innen fort-

schreitenden krystallinischen oder krystallitischen Erstarrung ohnedies nicht möglich; sie ist aber auch für die mit einer Nadelschale umhüllten und so nach aussen scharf abgegrenzten Kugeln durch keine mir bekannt gewordene Thatsache geboten. Allerdings ist es richtig, dass man bald nach dem Einlegen frischer Sprosstheile in den Zellen zahlreiche zart contourirte Kugeln findet, aber es ist weder mir noch meinen Vorgängern je gelungen, die Bildung einer Nadelschale an denselben durch unmittelbare Beobachtung zu verfolgen. Solche schwach lichtbrechende isotrope Kugeln finden sich, wie schon erwähnt, auch in Sprosstücken, die jahrelang in Alcohol eingelegt waren — es sind definitive Zustände, welche einer weiteren Umwandlung nicht mehr fähig sind. Ich habe oben (pg. 333) eine Methode angegeben, nach welcher es gelingt, die Bildung solcher Kugeln in frischen Schnitten binnen wenigen Stunden hervorzurufen. Es sind diese Kugeln unmittelbar nach ihrem Sichtbarwerden keine Flüssigkeitsstropfen, denn sie zerspringen bei Druck (wobei die Risse nach allen Richtungen verlaufen), auch kann man sie verkohlen, ohne dass ihre Gestalt geändert würde. Ebenso werden sie beim Austrocknen dunkel, bei späterem Alcoholzusatz wieder hell, sind also porös, wie die Kerne der beschalten Sphärite, mit denen sie überhaupt die grösste Aehnlichkeit haben. Ich habe einzelne solcher Kugeln stundenlang beobachtet, habe die Schnitte in Alcohol gelegt, nach Monaten wieder untersucht und habe eine Veränderung an ihnen nicht wahrgenommen, während in eingelegten Sprosstücken beschaltete Sphärite oft schon nach wenigen Tagen aufgefunden werden können. An manchen derartigen am Objectträger entstandenen Kugeln tritt öfters eine centrale Partie in Form eines scharf begrenzten Kernes entweder unmittelbar oder erst nach Anwendung färbender Reagentien hervor (wie dies ja auch an dem von der Nadelschale umschlossenen Theile der beschalten Sphärite häufig zu beobachten ist). Seltener erscheint die Kugel durch concentrische Kreislinien in ineinander geschachtelte Schalen zerlegt (Taf. VIII, Fig. 17), die aber von einander weder in Lichtbrechung noch in ihren sonstigen physikalischen Eigenschaften verschieden sind. Es entsprechen jene Linien jedoch nicht eigenen Substanzlamellen, sondern stellen nur Contactflächen der übereinander liegenden Schalen dar, wie sie ja auch zwischen Nadelschale und Kern und ebenso auch bei den invers geschichteten Sphäriten (Fig. 22) in den peripherischen amorphen Schichten zu beobachten sind. Es ergiebt sich dies auch daraus, dass es öfters gelingt, durch Druck die Schalen nach diesen Contactflächen von einander zu trennen, welche Trennung an verletzten

che
be-
für
ung
und
lich
iche
um-
len-
ben-
isch
nie
pe-
n in
äro-
falb-
nige
aber
tung
nelle
ein-
liese
Fall;
e ab-
slinie
ein-
pfer
r ist,
amen
häre
Bil-
zdeen
leider
ische
nach
harfer
oran-
fort-

Sphäriten öfters schon durch stärkere Flüssigkeitsströme bewirkt werden kann.

Ich halte auch diese Schalen durch successive Auflagerung entstanden. Es bestimmt mich zu dieser Annahme die Beobachtung des Verlaufes der Schichten an ähnlich entwickelten und unter gleichen Bedingungen entstandenen zusammengesetzten Sphäriten, wo die einzelnen Theilkugeln von einer continuirlichen gemeinsamen Schicht umschlossen erscheinen (Taf. VIII, Fig. 18), während dieselbe, wäre sie in Folge innerer Differenzirung aneinandergedrängter Tropfen während ihrer Erstarrung entstanden, offenbar von deren Trennungslamellen durchsetzt sein müsste. Ich glaube, dass wir diese Schichten den peripherischen, ebenfalls amorph erscheinenden der oben besprochenen invers geschichteten Sphäriten (mit krystallinischem Kern) vergleichen dürfen. Schon näher der eigentlich krystallinischen Ausbildung stehen dann jene in der Regel ebenfalls nicht doppelbrechenden Schichten, wo durch die radiale Reihung von Körnchen eine gewisse Radialstructur sichtbar wird, die endlich erst in den beschalteten Sphäriten durch die Ausbildung isolirter nadelförmiger Krystalle bedingt erscheint.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VIII.

Fig. 1—15 Ausscheidungsformen des Inulins.

Fig. 1. In dieser Figur sind die Veränderungen zusammengestellt, welche der Inhalt in den einzelnen Zellen eines einem *Dahlia*-Knollen entnommenen Schnittes in Folge Glycerineinwirkung erfahren kann (250). Vergl. pg. 273.

Fig. 2. Eine Parenchymzelle während der Einwirkung des Glycerins. *a* erstes, *b* zweites Stadium (250). Vergl. pg. 277.

Fig. 3. Ausscheidung des Inulins am Rande eines flachen Hängetropfens (540). Vergl. pg. 284.

Fig. 4, 5, 6. Im Hängetropfen ausgeschiedene Inulinscheiben, nach Abtrocknung des Tropfens (840). Vergl. pg. 288.

Fig. 7. Eine ähnliche, stärker zerklüftete Scheibe mit polygonalem Umriss (540). Vergl. pg. 288.

Fig. 8. Aehnliche Scheibchen mit gezackten Rändern (540).

Fig. 9. Abgetrocknete Kruste am Rande des Hängetropfens.

Fig. 10. Ein Stück der in Fig. 9 gezeichneten Kruste nach kurze Zeit dauernder Wassereinwirkung (600). Vergl. pg. 288, 289.

Fig. 11. Im Hängetropfen ausgeschiedene Inulinscheibchen nach Einwirkung des Wassers, welches die amorphen Schichten gelöst hat (540). Vergl. pg. 289.

Fig. 12. Inulinausscheidung am Tropfenrande. Vergl. pg. 291.

Fig. 13. Inulinausscheidung am Tropfenrande (540). Vgl. pg. 292.

Fig. 14. Inulinsphärite nach Einwirkung von Wasser (von Zimmertemperatur) (350). *a* unter sich verwachsene Sphärite, *b* Seitenansicht der Kruste vor Wassereinwirkung, *c* ein ringsum frei ausgebildeter Sphärit.

Fig. 15. Bruchstück eines Inulinscheibchens (vergl. Fig. 7 u. 13); *a* in Flächenansicht, *b* im Durchschnitt (350).

Fig. 16. Zusammengesetzter Sphärit, im Schnitte am Objectträger erzeugt (*Euph. grandidens*) (350).

Fig. 17. Geschichteter, nicht doppelbrechender Sphärit, im Schnitte am Objectträger erzeugt (540).

Fig. 18. Andere Sphärite desselben Präparates.

Fig. 19. Abnormer Sphärit von *Euph. grandidens* (200). Vergl. pg. 323. *p* contrahirter Protoplasmasack.

Fig. 20. Durch Umkrystallisiren von Sphäriten erhaltene Ausscheidungsformen (*Euph. trigona*) (200). Vergl. pg. 341.

Tafel IX.

Fig. 1—17 von *Galtonia candicans*.

Fig. 1. Krystalldruse aus einer Athemhöhle, frei präparirt. Aus dem Fruchtsiele — altes Alcoholmaterial (540).

Fig. 2—6. Sphärite aus der Basis der Perigonröhre; altes Alcoholmaterial. Fig. 2—4 in Alcohol gezeichnet (540); Fig. 5 und 6 nach Einwirkung einer wässerigen Methylenblaulösung (900).

Fig. 7. Schleimführende Zelle aus einem Blatte (altes Alcoholmaterial) (540).

Fig. 8. Schnitt aus dem basalen Theil eines Deckblattes. In allen Zellen ist der Schleim zu geschichteten Ballen contrahirt (120). (Altes Alcoholmaterial.)

Fig. 9. Ein Schleimballen der früheren Figur, stärker vergrößert. *a* unter Alcohol; *b* im Beginne der Wassereinwirkung (540).

Fig. 10 u. 11. Markzellen aus einem jungen Schafte; unmittelbar nach (am Objectträger) erfolgter Alcoholeinwirkung beobachtet (540).

Fig. 12. Eine solche lebende Markzelle. *a* nach Einwirkung einer verdünnten Kochsalzlösung; *b* nach späterem Zusatze von Alcohol (540). Vergl. pg. 312.

Fig. 13. Längsschnitt durch den Stiel einer Blütenknospe, in Wasser liegend (200). Vergl. pg. 309.

Fig. 14. Eine noch nicht gestreckte Rindenzelle mit Zellkern; lebend (540).

Fig. 15. Eine Längsreihe noch wenig gestreckter Rindenzellen, unter Alcohol. In den contrahirten Schleimklumpen liegen theils traubenförmige krystallinische Aggregate (Zellen *a* und *b*), theils krystallähnliche Körper (Zelle *c*). Vergl. pg. 309.

Fig. 16. Stärker gestreckte schleimführende Rindenzellen. *a* lebend; *b* nach Alcoholeinwirkung (540).

Fig. 17. Aeltere Rindenzellen, in Wasser liegend (540). Vergl. pg. 309.

Fig. 18. Eine Rindenzelle von *Euphorbia grandidens* (aus Alcoholmaterial). *a* Proteinkugeln, *b* Krystalle (540). Vergl. pg. 315.

Fig. 19 u. 20. Beschaltete Sphärite von *E. trigona*. *p* Plasmasack (540).

Fig. 21—24. Verschiedene Formen von Sphäriten bei *E. grandidens*. Vergl. pg. 320 u. folgend.

Fig. 25. Sphäritisches um eine Spaltöffnung gruppirtes Aggregat bei *Ceropegia stapeliaeformis* (200).

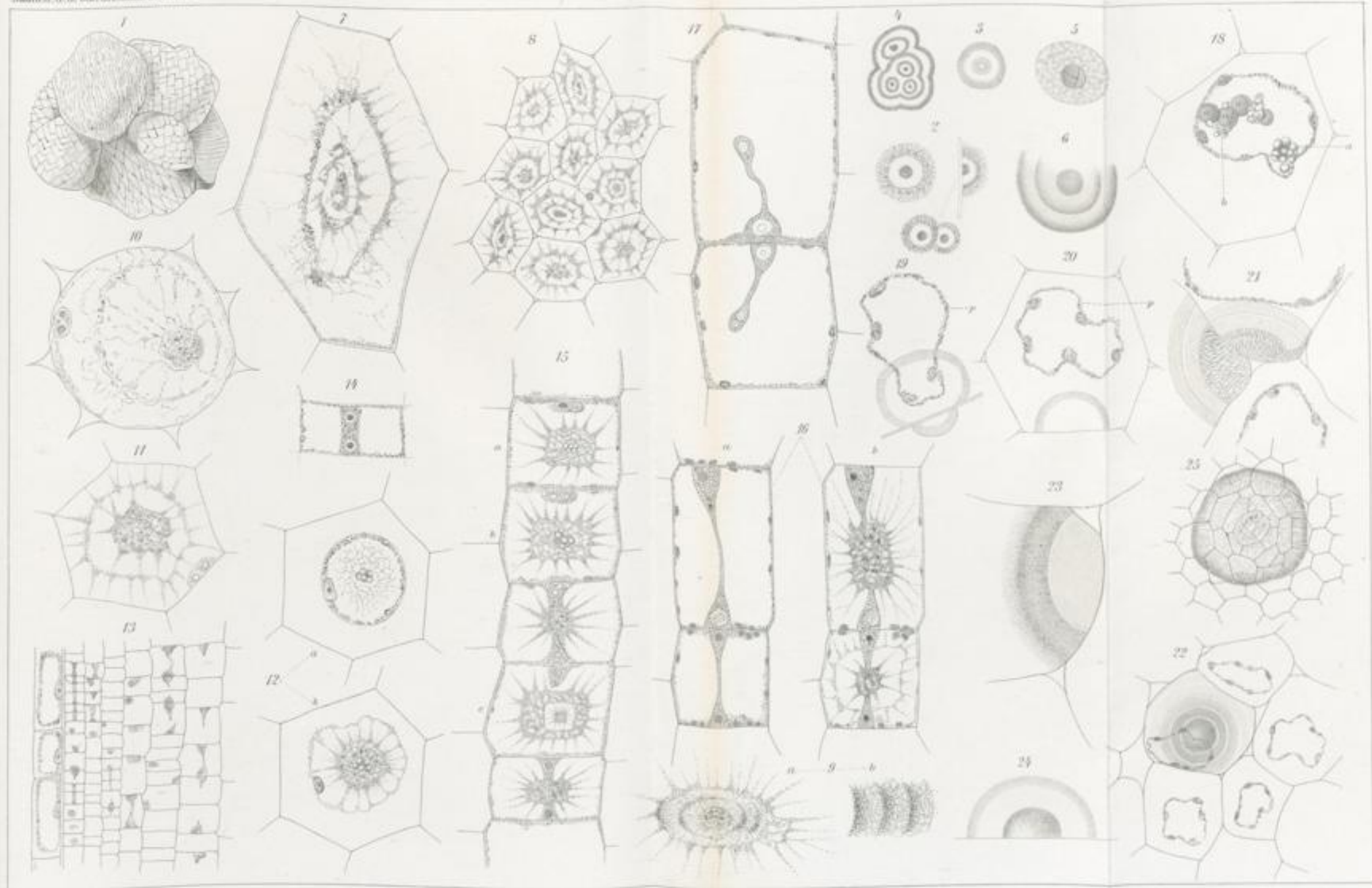
Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Historisches und Kritisches.	
Sphärokrystalle und Sphärite	258
Das Wachsthum der <i>Acetabularia</i> -Sphärite nach NÄGELI	259
Die Entstehung der Inulinsphärite nach PRANTL und HANSEN	260
Entstehung und Wachsthum künstlicher Sphärite	262
Die Untersuchungen von HARTING	263
Die Ansichten von VOGELSANG	265
Appositionswachsthum der <i>Lactosin</i> -Sphärite nach A. MEYER	267
Ursache der Schichtenbildung	268
Bedingungen der Entstehung von Sphäriten	269
2. Die Sphärokrystalle des Inulins.	
Beobachtung ihrer Entstehung im Schnitte	273
Sie wachsen durch Apposition	275
Ihr öfters zu beobachtendes Hüllhäutchen	276
Beobachtung ihrer Entstehung und ihres Wachsthums in künstlich bereiteten Lösungen	280
Entstehung und Wachsthum der geschichteten Inulinscheibchen	284
Die physikalische Differenz der Schichten	287
Verwachsungen	290
Entstehung polygonaler Täfelchen	291
Vergleich mit ähnlichen Bildungen des Calciumcarbonates	292
Der Gehalt der Sphärite an Calciumphosphat, als mögliche Ursache der Schichtenbildung	294
Die <i>Acetabularia</i> -Sphärite	297
3. Die durch Alcohol bewirkten Ausscheidungsformen in den Geweben von <i>Galtonia candidans</i>.	
Der Schleimgehalt der Gewebe	298
Die Ausscheidungen in den Athemböhlen	299
Ihre Reactionen	301
Sie sind chemisch nicht homogen	303
Vorkommen geschichteter Sphärite im Gewebe	305
Ihre Structur und ihre Reactionen	306
Sie sind ebenfalls chemisch nicht homogen	307
Structur der durch Alcoholeinwirkung entstehenden Schleimklumpen	308
Zusammenfassung der Resultate	313

	Seite
4. Die Sphärite der cactusartigen <i>Euphorbien</i> und <i>Asclepiadeen</i>.	
Ort ihres Auftretens	316
Lage der Sphärite in der Zelle.	317
Der Bau der Sphärite ist verschieden	318
Sphärite mit krystallinischer Schale	319
Isotrope Sphärite	320
Sphärite mit krystallinischem Kern	321
Globosphärite	323
Porosität der Substanz.	324
Schichtung der Substanz	325
Das „Hüllhäutchen“ und das Verhalten der Sphärite gegenüber färbenden Reagentien	326
Verhalten derselben in der Hitze	330
Auch sie sind nicht homogen	331
Bildung der Sphärite in frischen Schnitten.	332
Methode der Beobachtung	333
Umkristallisiren der Sphärite	339
Die Uebergangsbildungen	340
Beobachtung ihres Wachstums durch Apposition	341
5. Künstliche Sphärite.	
Die Calcophosphatsphärite im Hühnereiweiss	343
Methode der Beobachtung	343
Sie wachsen durch Apposition	343
Ihr Veralten gegen Reagentien.	344
Sie sind chemisch nicht homogen	345
Die Calcocarbonatsphärite	345

Druckfehler - Berichtigung.

- p. 300, Absatz 2, Z. 5 lies „Taf. IX“ anstatt Taf. III.
 p. 314, in der Kapitelüberschrift lies „*Asclepiadeen*“ anstatt *Asclepiadeen*.
 p. 318, Z. 11 lies „Taf. IX“ anstatt Taf. IV.



Tafel IX. Hedera Platanus in Graz

1890 v. d. bot. Inst. Graz