

Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger Angiospermen.

Von

H. Nakano, *Rigakushi.*

Mit 3 Tafeln.

Die Litteratur über die Knollen- resp. Bulbillenbildung an der Blattachsel der höheren Pflanzen ist ziemlich reichlich vertreten. Man vergleiche hierüber namentlich VÖCHTING'S¹⁾ bekannte Abhandlungen, wo man Zitate von früheren und neuen Arbeiten finden kann. Doch beschränken sich die früheren Arbeiten nur auf einzelne Pflanzen oder Pflanzengruppen, und eine vergleichende Studie der knollen- oder bulbillenbildenden Pflanzen liegt bislang nicht vor.

Um einen Beitrag hierüber zu bringen, habe ich meine eigenen Untersuchungen über die Bulbillen von elf Pflanzenarten, die verschiedenen Gattungen und Familien angehören, unternommen, und zwar will ich erstens die vergleichende Anatomie, zweitens die Wachstumsweise, drittens den Stoffwechsel und letztens den Ursprung der Knollen, besonders bei den sehr umstrittenen *Dioscorea*-Knollen behandeln.²⁾

1) VÖCHTING : Ueber die Bildung der Knollen, Bibl. Bot. Bd. I. 1836.

2) Ueber die Bedingungen der Bulbillenbildung werde ich bei einer späteren Gelegenheit berichten.

Nähere Besprechungen der Litteratur werden an den passenden Stellen erfolgen.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Laufe eines akademischen Jahres vom Juni 1908 bis zum Juni 1909 im pflanzenphysiologischen Laboratorium der kaiserlichen Universität zu Tokyo ausgeführt. Meinem geehrten Lehrer HERRN PROFESSOR DR MIYOSHI. unter dessen Leitung diese Untersuchung angestellt wurde, bin ich wegen seiner vielfachen Unterstützungen und mancherlei Anregungen zum herzlichsten Dank verpflichtet.

II. METHODIK UND VERSUCHSMATERIAL.

Um die Reservestoffveränderungen zu verfolgen, bediente ich mich fast immer der qualitativen Analyse, namentlich der mikroskopischen, in folgender Weise:

Stärke: Nach der A. MEYERSCHEN Methode¹⁾ gefärbt. Um den Stärkegehalt zu vergleichen benutzte ich HARTIG und LUTZ' Skala.²⁾

Reduzierender Zucker: Nach SCHIMPER wurde die FEHLINGSCHE Lösung³⁾ gebraucht, welche immer frisch angewendet wurde.

Inulin: Um Sphärokrystalle bilden zu lassen, wurden dicke Schnitte einige Tage lang in ca. 60 % Alkohol gelegt.⁴⁾

Rohrzucker: SACHS' Methode⁵⁾ wurde mit genauer Kontrolle

1) ZIMMERMANN. Botanische Mikrotechnik, § 405. 1892.

2) Bot. Centralbl. Bd. 63. p. 337. 1896.

0.....bei gänzlicher Abwesenheit.

1.....wenn einzelne kleine Körnchen hier und da im Gewebe vorhanden sind.

2.....wenn alle oder die meisten Zellen des Gewebes wenige bis mehrere Körner in sich tragen.

3.....wenn das Gewebe recht viel Stärke zeigt.

4.....wenn die Zellen strotzend mit Körnern gefüllt sind.

3) ZIMMERMANN. l. c. § 119.

4) ebenda. § 120.

5) ebenda. § 121.

angewandt. Wenn das Gewebe keine Stärke enthielt, wurden übliche chemische Reaktionen mit Vorteil benutzt.

Gerbstoff: Durch konzentrierte wässrige Lösung von Eisenvitriol¹⁾ oder Kaliumbichromat²⁾ nachgewiesen.

Antocyan: Reaktionen gegen Säure, Alkohol u.s.w.³⁾

Allylsulfid: Vorwiegend durch Platinchlorid und Silbernitrat identifiziert.⁴⁾

Fettes Oel: Durch alkoholische Lösung von Sudan III oder Osmium gefärbt.

Aetherisches Oel: In Alkohol leichter löslich als fettes Oel, besonders mit Zusatz von etwas Alkali.⁵⁾ Erhitzt man die Schnitte nach MEYERS⁶⁾ Verfahren zehn Minuten lang im Trockenschrank auf 120–130°C., dann verflüchtigt sich das Harz, während fettes Oel zurückbleibt.

Asparagin⁷⁾ und Tyrosin⁸⁾: Nach BORODINScher Methode, um charakteristische Krystalle ausscheiden zu lassen.

Eiweiss: Biurettreaktion⁹⁾ und MILLONS Reagenz¹⁰⁾ wurden abwechselnd angewandt. Die letztere ist nur in tyrosinarmem Gewebe anwendbar.

Mineralsalze: Nach SCHIMPERs Angabe¹¹⁾ identifiziert.

1) ZIMMERMANN *l. c.* § 199.

2) Ebendasselbst § 201.

3) Ebenda § 184. Auch CZAPEK: Biochemie, Bd. I. p. 471.

4) Vergl. VOIGT: Bot. Centralbl. Bd. 41. 1890. p. 292. und ZIMMERMANN § 126.

5) CZAPEK: Biochemie Bd. I. p. 105.

6) ZIMMERMANN § 144.; DETMER: Pflanzenphysiologisches. Praktikum. 1905. p. 283.

7) ZIMMERMANN § 130.

8) Ebenda § 134.

9) STRASBURGER: Das Botanisches Practicum. III. Auflage p. 101.

10) ZIMMERMANN § 226.

11) Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Flora Bd. 48. 1890.

Als Versuchspflanzen benutzte ich folgende elf Arten:

Monocotyledonen:

<i>Lilium tigrinum</i> Gawl.	(Liliaceae)
<i>Allium scorodoprasum</i> L.	(„)
<i>Allium nipponicum</i> Fr. et Sav.	(„)
<i>Dioscorea Batatas</i> Dcne.	(Dioscoreaceae)
<i>Dioscorea japonica</i> Thun.	(„)

Dicotyledonen:

<i>Elatostema umbellatum</i> Bl. var. <i>majus</i> Max.	(Urticaceae)
<i>Laportea bulbifera</i> Wedd.	(„)
<i>Polygonum viviparum</i> L.	(Polygonaceae)
<i>Sedum Alfredi</i> Hce.	(Crassulaceae)
<i>Begonia Evansiana</i> Andr.	(Begoniaceae)
<i>Cacalia bulbifera</i> Max.	(Compositae)

Von den oben erwähnten Pflanzen brachte ich *Elatostema umbellatum* var. *majus*, *Laportea bulbifera*, *Polygonum viviparum* und *Cacalia bulbifera* aus Nikko mit, während alle übrigen Arten in Tokyo oder dessen Umgebung gesammelt wurden.

III. FORM UND STRUKTUR DER REIFEN BULBILLEN.

Allgemeine Betrachtungen.

Unter Bulbille oder Brutknospe verstehe ich dasjenige verdickte Organ des Pflanzenkörpers, welches mit Knospen im engeren Zusammenhange steht oder, genauer, die letzteren in sich einschliesst. Hinsichtlich ihres Baues lassen sich zwei Formen unterscheiden:

- a) Luftknöllchen (oder kurz Knöllchen),
- b) Luftzwiebelchen (oder kurz Zwiebelchen).

Bei den ersteren ist entweder die Sprossachse oder ein Teil

des Stengels (letzteres fand ich nur bei *Elatostema umbellatum* var. *majus*) ungewöhnlich verdickt, um eine grosse Menge Reservestoffe aufzuspeichern, z. B.: *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Laportea bulbifera*, *Polygonum viviparum*, *Begonia Evansiana*, *Cacalia bulbifera* und *Elatostema umbellatum* var. *majus*, bei den letzteren(b) dagegen sind die Nährstoffe in einem oder mehreren Blättchen aufgespeichert, während der Stengelteil fast unverändert bleibt, z. B. *Lilium tigrinum*, *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum*, *Sedum Alfredi*.

Wie im folgenden erörtert wird, ist jede einzelne Bulbille nichts anders als eine modifizierte Form der Knospe im weiteren Sinne. Somit ist sie immer mit einem oder mehreren Vegetationspunkten versehen. Im Zwiebelchen befindet sich ohne Ausnahme nur einer, während im Knöllchen mehrere Vegetationspunkte sich vorfinden. Um zur Zeit der Keimung für notwendige Nährstoffe der Vegetationspunkte zu sorgen, sind die Bulbillen mit dickem Nährgewebe versehen. Demnach lassen sich in Bulbillen der Knospen- und der Nährteil deutlich unterscheiden. Unter dem Knospenteil verstehe ich den Vegetationspunkt und dessen Anhänge, und unter dem Nährteil das Reserveparenchym u.s.w.

Unter den Zwiebelchen gibt es schutzschuppenlosé (bei *Lilium* und *Sedum*) und mit Schutzschuppen versehene (bei *Allium*).

Der Knospenteil besteht aus Vegetationspunkt, Blattanlage, Schutzschuppen, kurzem Stengel u.s.w. Am Vegetationspunkt lassen sich Dermatogen, Periblem und Plerom¹⁾ bei folgenden Arten deutlich unterscheiden: z. B. *Lilium tigrinum*, *Allium*

1) Vergl. PERCY GROOM: Ueber den Vegetationspunkt der Phanerogamen, Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. III. 1885. p. 303.

scorodoprasum. *A. nipponicum*, *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Elatostema umbellatum* var. *majus*, *Laportea bulbifera*, *Polygonum viviparum*, *Begonia Evansiana* und *Cacalia bulbifera*.

Der Nährteil ist nach der Phylogenie entweder Sprossachse oder ein Teil des Stengels (beide bei Knöllchen), oder ein niederes Blatt (bei Zwiebelchen). Im Nährteil kommt Reserveparenchym in erster Linie, welches mit hervorragenden Reservestoffen gefüllt ist.

Die Mehrzahl der Knöllchen bildet Kork, während alle Zwiebelchen keinen solchen erzeugen: z. B. bei *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Laportea bulbifera*, *Begonia Evansiana* und *Cacalia bulbifera* bildet er sich, dagegen bei Knöllchen von *Polygonum* und *Elatostema* fehlt er.

Specielle Betrachtungen.

A. Knöllchen.

1. *Dioscorea Batatas* (nom. jap. Nagaimo.)

Bei den verschiedenen Kultursorten dieser Pflanze ist die Form der Bulbillen sehr verschieden. Bei „Nagaimo“ (wahrscheinlich Stammepflanze) und „Ichinenimo“ ist sie ellipsoidisch, doch die Bulbillen der letzteren Art sind dicker als die der ersteren.

Die Bulbillen dieser beiden Sorten sind ca. 2–3 cm lang und ca. 1 cm dick. Der Knospenteil befindet sich an der etwas spitzigen Stelle, während der entgegengesetzte Teil etwas rundlich aussieht. Bei den Sorten „Tsukune“ und „Teimo“ sind die Bulbillen flacher und die Bulbillen der ersteren wieder dicker als die der letzteren, doch sind ihre Formen oft sehr unregelmässig.

Folgende Merkmale beziehen sich auf die Sorte „Nagaimo“: Die Bulbillen bilden sich im Juni an der Blattachsel und reifen

im Oktober, dann erreichen sie oft eine Länge von 3.9 cm. Sie sind mit einer braunen Korkhaut versehen, welche hie und da gebrochen ist, weil die Wurzeln, die meist unentwickelt bleiben, vom Innern der Rinde nach aussen wachsen. Jede einzelne Bulbille besitzt in der Regel eine Knospe, doch nicht selten auch zwei, aber drei Knospen, welche ich bei an die Mutterpflanze anheftend gekeimten Bulbillen beobachtete, scheinen sehr ungewöhnlich zu sein, obwohl diese Dreizahl QUEVA¹⁾ bei *Helmia bulbifera*, Miss DALE²⁾ bei *Dioscorea sativa* und GÖBEL³⁾ bei *D. macroura* gefunden haben.

Jeder einzelne Vegetationspunkt ist mit einigen dicht anliegenden Schuppen bedeckt, die aus etwas langen rindenparenchymatischen Zellen bestehen und reich an Raphidenzellen sind. BUCHERER⁴⁾ hat die Ansicht geäußert, dass die Knospenschuppen von Knollen dieser Arten mit Recht als Blätter betrachtet werden können, während MOHL es früher wegen reichlichen Vorkommens von Raphiden bestritt. Sie sind indessen zweifellos Niederblätter.

Zwischen Vegetationspunkt und Reserveparenchym liegen ein wenig meristematische Zellen.

Beim Querschnitt sieht man eine Reihe brauner Korkzellen, deren Aussen- und Seiten-Wände sich verdicken, und darunter weisse Korkzellen. Bei dem Kork der Knollen von *Tamus communis* sind nach BUCHERER,⁵⁾ die Radialwände stark verdickt. Der Bau der Knöllchen stimmt wesentlich mit dem des Stengels

1) Les bulbilles des Dioscorées. Comp. rend. T. 117. 1894. p. 316.

2) On the origin, development and morphological nature of the aerial tuber in *Dioscorea sativa*. Annals of Botany. vol. 15. 1901. p. 494.

3) Die Knollen der Dioscoreen und die Wurzelträger der Selaginellen. Flora, Bd. 95. 1905. p. 167.

4) Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Dioscoreaceen. Bibl. Bot. Bd. 3. 1839.

5) *l. c.* p. 11.

überein, nämlich unter der Korkschiicht liegt eine chlorophyllhaltige und keine Stärke enthaltende Rinde, dann kommen ein meristematisches Gewebe und Reserveparenchym in dieser Reihenfolge. Im Meristem sind die Initialzellen des Gefässbündels deutlich zu erkennen. Eine Initialzelle bildet sich, wie BUCHERER¹⁾ bei Knollen derselben Pflanze beobachtete, zu einem Gefässbündel um, während bei anderen Pflanzen eine Initialzelle und umliegende Zellen an der Bildung eines Gefässbündels Teil nehmen.

Zwischen den mit Stärke strotzend gefüllten Reserveparenchymzellen finden sich hie und da stärkefreie Zellen. Der Inhalt dieser Zellen sieht anfangs gelblich aus, wird aber sofort nach Einschneiden ganz braun. Diese Zellen sind nicht lang und etwas grösser als Reserveparenchymzellen. Sie enthalten, wie im folgenden erwähnt wird, Gerbstoff und stellen somit Gerbstoff-Behälter dar.

Raphidenzellen kommen reichlich in der Rinde vor, aber auch etwas reichlich im Reserveparenchym.

Wenn man im Längsschnitt der Bulbillen nach Stärke sucht, so sieht man, dass der Basalteil der Bulbillen keine Reaktion für diesen Stoff gibt. Dieser Teil besteht aus meristematischen Zellen, und ist noch teilungsfähig. Er sei somit als Wachstumszone bezeichnet.

Die Gefässbündel ordnen sich beim Querschnitt nicht im Ringe, sondern sehr unregelmässig, dennoch scheint das Verhältnis, dass der Gefässtheil aussen und der Siebteil innen liegt, meist immer statt zu haben. Indessen wird diese Stellung durch Verzweigung des Gefässbündels zerstört, was in Knollen derselben Pflanze sehr stark geschieht.²⁾

1) *l. c.* p. 14.

2) BUCHERER, *l. c.* p. 13.

2. *Dioscorea japonica* (nom. jap. Yamanoimo oder Jinenjo).

Die Bulbillen sind ca. 1 cm lang, erbsenförmig, und in der Farbe dunkelbraun. Am etwas spitzigen Ende liegt eine Knospe, oft auch zwei. An der entgegengesetzten Seite der Knospen ist der Nährteil etwas rundlich und erscheint im Gegensatz zu anderen Stellen hell, denn dort entwickelt sich kein Kork.

Die Oberfläche ist durch Anlage von Wurzeln punktiert, welche sich unter der Rinde entwickeln. Die Struktur der Bulbillen stimmt gut mit der von *D. Batatas* überein. Unter der Rinde am hellen Ende ist das reichlichste Meristem, während es an anderen Stellen sehr spärlich ist. In den Parenchymzellen unter dem Meristem sind die Stärkekörner sehr klein und sie werden nach innen immer grösser. Die Rindenzellen gehen allmählich unmerklich, wie MOHL¹⁾ bei *Tamus elephantipes* bemerkte, zu den Zellen der die Knospe bedeckenden Schuppen über.

Die Stärkekörner dieser Bulbillen sind grösser als die von *D. Batatas*, d. i. jene grossen Körner messen 25-33 μ , während diese höchstens 16-20 μ lang sind. Trotzdem zeigen die beiden ähnliche Formen. Sie sind zugleich monarche Körner und elliptisch oder oval, monadelphisch und exzentrisch.²⁾

3. *Laportea bulbifera* (nom. jap. Mukagoirakusa).

Den Knöllchen dieser Art begegnet man an der Blattachsel vom August bis zum Oktober. Ihre Länge ist ca. 5 mm. Sie sind braun und stellen gedrückte Kügelchen dar. Es befinden sich in ihnen ebenfalls einige Knospenteile (oft 10), unter denen man einen Hauptknospenteil zu finden pflegt. Anheftungsstelle der Bulbillen an der Mutterpflanze liegt nahe den Knospenteilen. Jeder einzelne Knospenteil besteht aus dem kurzen Stengel und

1) Bucherer, l. c. p. 17.

2) Vergl. A. MEYER: Ueber die Stärkekörner. 1855. p. 189.

einigen Vegetationspunkten, die mit Schutzschuppen dicht bedeckt sind. Unter der dünnen Korkschicht, die aus einigen Zellreihen besteht, liegt Reserveparenchym, dessen Zellen mit winzigen Chlorophyllkörnern versehen sind. Peripherisches Reserveparenchym enthält oft rotes Antocyan. Wir sehen oft eine Reihe Korkzellen, deren Radialwände mit den der Epidermis übereinstimmen. Daraus können wir schliessen, dass der Kork in diesem Falle aus Epidermis hervorgegangen ist.¹⁾ Ob alle Knospenteile (bis zu 10!) normal (nicht adventiv) sind, bleibt dahingestellt.

Am Schnitte erkennt man zwischen den Reserveparenchymzellen deutlich die stärkefreien oder wenig Stärke führenden Zellen, welche Schleim²⁾ enthalten.

Im Querschnitte sieht man einige zerstreute Gefässbündel; diese sind sehr spärlich an Siebröhren. Die Reserveparenchymzellen sind reichlich mit Stärkekörnern angefüllt, die stets klein und oval oder elliptisch, monadelphisch, monarch, exzentrisch und höchstens 10–16.6 μ lang sind.

4. *Elatostema umbellatum* var. *majus* (nom. jap. Mukagomidzu).

Diese Bulbillen reifen gegen Oktober und erreichen dann die Länge von einigen mm. Sie sind grün und herzförmig. An den beiden Enden befinden sich die Spuren der Trennung vom Stengel. Der Knospenteil, der aus einigen kurzen Sprossen besteht, befindet sich am stumpfen Ende. Dem Knospenteil anliegend ist die Trennungsstelle vom Blatt. Die Bulbillen besitzen auf der Oberfläche den Stengelknoten entsprechende Höcker.

Unter der Epidermis befindet sich Reserveparenchym, wel-

1) Vergl. HABERLANDT: Physiologische Pflanzenanatomie, III. Auflage p. 130.

2) Vergl. Tschirch: Angewandte Pflanzenanatomie. 1889. p. 125. u. 193. Ich konnte in den betreffenden Zellen je einen geschichteten Schleimklumpen (Schleimmembran) beobachten, indem ich die Schnitte in Alkohol (etwa 90%) legte.

ches reichlich Stärke und Chlorophyllkörper enthält. Eine Anzahl Parenchymzellen sind mit rotem Antocyan versehen, was ein schönes Aussehen des Schnittes zeigt.

Wie bei der letzten Art enthalten diese Bulbillen auch zwischen Reserveparenchymzellen Schleimzellen.

Gefässbündel stehen nicht im Ringe und verlaufen längs der langen Achse. Die Wurzelanlage entwickelt sich an der Seite der Gefässbündel. Die Stärkekörner sind der Form nach denen der *Laportea*-Bulbillen ähnlich und klein wie diese, höchstens 10-20 μ .

5. *Polygonum viviparum* (nom. jap. Mukagotoranoo).

Die Bulbillen treten am Blüthenschafte (oft gemischt mit Blumen) von Mai bis August auf. Sie sind rötlich-braun, einige mm lang, etwas ovoidförmig. Am Scheitelteil befindet sich eine mit Schuppen bedeckte Knospe.

Die Stärke ist auch in rindenartigen Zellen enthalten, die in zwei bis drei Schichten direct unter der Epidermis liegen. Dann folgt wie gewöhnlich Reserveparenchym, worin etwas Antocyan sich befindet. Alle Reserveparenchymzellen sind mit Chlorophyll und reichlicher Stärke versehen. An dem der Knospe nahen Teil entwickeln sich endogene Wurzelanlagen.

Gefässbündelstränge stehen ungefähr im Kreis und verlaufen parallel zur Längsachse. Die Knospe und die Nabelstelle stehen an entgegengesetzten Seiten einander gegenüber.

Stärkekörner sind sehr klein, höchstens 10 μ lang; sie sind auch monadelphisch.

6. *Begonia Evansiana* (nom. jap. Schūkaido).

Am Anfang Oktober kommen die etwas regelmässig ovoidförmigen, rotgrünen Bulbillen, 1-4 an ein und derselben Blattachsel, zuweilen zwischen den die Blumen einschliessenden Schuppen, hervor.

Der Scheitelteil enthält zwei Knospen, welche mit zwei Schuppen bedeckt sind. Die eine (Hauptknospe) liegt in der Mitte und ist grösser als die andere, etwas seitlich liegende Knospe (Nebenknospe). Die letztere fehlt oft, dagegen fehlen die Hauptknospe sowie eine dritte, welche wir zwischen zwei Schuppen des Nährteils finden und Seitenknospe nennen wollen, niemals. Der Vegetationspunkt ist gewöhnlich mit zwei Blattanlagen, oft mit anderen noch jüngeren Anlagen versehen. Zwei Schuppen, die über dem Nährteil verlaufen, sitzen an der den Knoten entsprechenden Stelle. Auf der Oberfläche findet man zahlreiche weisse Punkte und gerade an diesen Stellen befindet sich kein Kork, sondern die mehrschichtige, chlorophyllosen, kleinen Parenchymzellen und demnächst die Rinde. Daher stellen die genannten Punkte Lentizellen dar. An anderen Stellen folgen Kork, Rinde und Reserveparenchym von aussen nach innen aufeinander. Einige Spaltöffnungen finden wir nur auf der lentizellenhaltigen Epidermis, während die letztere an anderen Stellen immer zerbrochen ist. Die äusserste Schicht des Korkes ist braun. Die mehrschichtige Rinde enthält, wie das Reserveparenchym, auch Stärke. Die Rinde und daran stossende Reserveparenchymzellen besitzen Antocyan und deutliches Chlorophyll, während dieses allmählich nach innen undeutlich wird.

Die Gefässbündel, aus welchen viele Zweige nach dem Untertheil der Rinde verlaufen, ordnen sich kreisförmig an. Die markständigen Gefässbündel¹⁾ des Stiels verschwinden in der Bulbille und der Gefässbündelring vergrössert sich nach der Peripherie und verkleinert sich wieder nach dem Scheitelteil der Bulbille.

Unter der Rinde findet man zuweilen Wurzelanlagen, welche

1) SOLEREDER: Systematische Anatomie der Dicotyledonen. 1899. p. 457.

sich unter den Lentizellen zu entwickeln scheinen.

Stärkekörner sind verschiedenförmig, monadelphisch, bisweilen diadelphisch; sie messen 40-50 μ , und so die grössten Körner in den von mir untersuchten Bulbillen aufweisend.

7. *Cacalia bulbifera* (nom. jap. Tamabuki).

Die Bulbillen treten im Oktober an der Blattachsel oder am Brakt der Inflorescenz auf. Sie sind ca. 1 cm lang, braunfarbig und mit ziemlich deutlich bemerkbarer Wurzelanlage versehen. Am spitzen Ende der ovoidförmigen Knöllchens befindet sich der Knospenteil, worin ein Vegetationspunkt von den mit tüppigen Haaren versehenen Schuppen bedeckt ist. Ferner kommt eine Knospe (bisweilen zwei) seitlich nahe dem Stiel des Knöllchens hervor, welche oft sich selbst einen kleinen Nährteil bildet. Daher findet man in diesem Falle zwei Knöllchen (oft drei) vereinigt.

Ueber den Reserveteil ziehen sich einige Schutzschuppen, die aus den den Knoten entsprechenden Teilen hervorragen. Unter der Epidermis liegt eine Korkschicht, darunter kommt Rindengewebe. Der Harzgang, der aus einigen parenchymatischen Sekretzellen besteht, verläuft längs der Peripherie innerhalb der Rinde; innerhalb des Harzgangs zieht der Gefässbündelring dem Harzgangkreise parallel durch. Die Wurzelanlage entwickelt sich dicht innerhalb des Gefässbündels, und durchbricht mit der Zeit die Rindenzellen. Die markparenchymatischen Zellen, welche den grössten Teil des Nährteils einnehmen, befinden sich innerhalb des Bündelrings.

Diese Knöllchen zeigen keine Reservestärke, sondern ein wenig transitorische Stärke in der Umgebung der Harzgänge, und reichlich Inulin sowohl in den Rindenzellen als auch in den Markzellen. (Sieh Kap. V. b.)

Charakteristisch ist bei dieser Pflanze, dass die Scheitelknospe des Stengels sich an der Bulbillenbildung beteiligen kann, dabei aber das Längenwachstum des Stengels gänzlich einstellt.

B. Zwiebelchen.

1. *Lilium tigrinum* (nom. jap. Oniyuri).

Diese Zwiebelchen finden sich gegen Juni an der Blattachsel vor und reifen gegen September, wo sie ca. 1 cm lang und dunkel-purpur werden. Die reifen Zwiebelchen bestehen aus fünf bis neun Schuppen, die einander sehr fest bedecken. Ein Vegetationspunkt setzt sich direkt auf dem Zwiebelkuchen an, woraus auch die Reserveschuppen hervorstehen. Der Vegetationspunkt teilt sich beständig während der Wachstumszeit und bildet neue Reserveschuppen. Auch Wurzeln ragen aus den Zwiebelkuchen hinaus, zuweilen schon während des Aufenthalts bei der Mutterpflanze.

Etwa drei äussere Reserveschuppen enthalten Antocyan in einer Schicht Zellen unter der Epidermis der Aussenseite, während die innere Seite es niemals besitzt. Diese Antocyan-Schicht und die darunter folgenden einschichtigen Zellen enthalten Chlorophyllkörner und wenige Stärkekörner. Innerhalb dieser Zellen folgen die mit Stärke stark gefüllten Reserveparenchymzellen. In der Innenseite der Schuppen befindet sich das Reserveparenchym direkt unter der Epidermis. Jede einzelne Schuppe wird von drei bis vier Gefässbündeln durchzogen. Die Stärkekörner stellen unregelmässige Formen dar, deren grosse Körner 30μ erreichen. Sie sind monadelphisch, monarch und exzentrisch. Am Rande und der Spitze der Schuppen sind die Stärkekörner klein und sehr spärlich, dagegen enthält die äusserste Schuppe die grössten Körner. In der Antocyan- und Chlorophyllschicht kann man die mit Chloroplasten verbundenen Stärkekörner finden. Die Spaltöffnungen befinden sich reichlicher an der äusseren Epidermis

der Schuppen als an der inneren.

2. *Allium scorodoprasum* (nom. jap. Ninniku).

Wir finden diese reifen Zwiebelchen vom Juli bis August zwischen Blumen auf der Inflorescenz, wo sie mit Blumen von einem gemeinsamen Brakte bedeckt sind. Sie sind 1.5 cm lang und bestehen aus einer Schutzschuppe, einer Reserveschuppe und einem von einigen Blättchen bedeckten Vegetationspunkt darunter. Alle diese sitzen auf dem Zwiebelkuchen.

In den Reserveschuppen unterscheidet man Epidermis und Reserveparenchym und zwar kommen an ihrer Innenseite unter der Epidermis die mehrschichtigen rindenparenchymatischen Zellen. Die Gefässbündelstränge ordnen sich in zwei Reihen; die äussere Reihe läuft nahe der Aussenseite und die innere nahe der Innenseite. Die Gefässbündelscheide ist immer getrübt, weil sie Allylsulfid enthält.¹⁾ Interessanterweise enthalten die um die Gefässbündel herumliegenden Parenchymzellen das Chlorophyll. Die Schutzschuppe ist gelbbraun und sehr derb, denn sie ist mit der radial verlängerten und verholzten Epidermis versehen. Unter der Epidermis liegen einschichtige antocyanhaltige und mehrschichtige Zellen aufeinander.

3. *Allium nipponicum* (nom. jap. Nobiru).

Die Zwiebelchen desselben reifen von Mai bis Juni ebenso an der Inflorescenz mit Blumen gemengt. Sie sind ca. 5 mm lang und von einer Schuppe bedeckt, die nicht zu derb ist. Die Zwiebelchen bestehen aus zwei bis drei Reserveschuppen und dem darin liegenden, von Blättchen umhüllten Vegetationspunkt. Ein Gefässbündelring zieht vom Zwiebelkuchen nach oben durch jede Reserveschuppe, in der sich die Epidermis und das Parenchym

1) Vergl. Kap. V. b.

unterscheiden lassen. Die zwei letztgenannten Arten speichern keine Stärke auf.

4. *Sedum Alfredi* (nom. jap. Komochi-mannengusa).

Diese Zwiebelchen treten im Juni an der Blattachsel auf und reifen im August, wo sie sogleich auf den Boden fallen. Sie sind meist aus vier Reserveschuppen (oft zwei) und kurzem Stengel gebildet. Jede Reserveschuppe lässt Epidermis und Reserveparenchym unterscheiden, welch letzteres reichlich Stärke mit Chlorophyll gemischt enthält. Man kann bei ihnen nicht mehr deutlich Palissaden- und Schwammparenchym unterscheiden. Die Zellschichten am Querschnitte der Reserveschuppe sind ca. zweimal so dick als die Zellschichten des echten Blattes derselben Pflanze. Etwa vier Gefässbündelstränge verlaufen der Oberfläche parallel.

Stärkeköerner sind monadelphisch, diadelphisch, oder triadelphisch und exzentrisch oder konzentrisch, und selbst diarche Körner¹⁾ sind nachzuweisen. Gewöhnlich sind die Stärkeköerner klein, höchstens, 16-23 μ lang. Wenn man einen Schnitt durch die Reserveschuppe in Alkohollösung von Sublimat taucht und dann mit Fuchsin färbt,²⁾ so kann man die von Leucoplasten umschlossenen Stärkeköerner erkennen.

IV. WACHSTUMSERSCHEINUNGEN.

Ich konnte bei den von mir untersuchten Bulbillen wenigstens drei Modi des Wachstums unterscheiden, d. i. A) Anschwellung der Sprossachsen, B) Anschwellung der Knospenschuppen und C) Anschwellung der Stengelknoten.

1) Vergl. MEYER: *l. c.*

2) STRASBURGER: *l. c.* p. 127.

A'). Anormale Anschwellung der Sprossachsen.

Ich fand bei *Dioscorea japonica*, dass eine oder zwei Knospenachsen unterhalb einer oder zwei sprosswerdenden Knospen bei ihrem weiteren Anwachsen sich anschwellend zu einer Bulbille vereinigen. Epidermis der Knöllchen setzt sich ungebrochen zur Epidermis des Stengels fort, und der exogene Ursprung oder die Stengelnatur des Knöllchens ist deutlich zu erkennen. Wegen des Mangels an Versuchsmaterial konnte ich leider nicht unterscheiden, ob die Knospen der Bulbillen adventiv waren.¹⁾

Das Wachstum der Knöllchen dieser Art ist nicht normal und in Folge des Seitwärtswachstums nähern sich die Knospen und die Anheftungsstelle, und die Wachstumszone stellt sich den Knospen entgegengesetzt. Diese Zone ist, in Folge der Abwesenheit des Korks hellfarbig. GOEBEL²⁾ fand, dass diese Stelle im nächsten Jahre wieder zu wachsen vermochte.

Wenn die Knöllchen noch kleiner als 1 mm sind, bestehen sie aus Epidermis und Meristem, und enthalten wenige kleine Stärkekörner. Erst am ca. 1 mm langen Knöllchen entwickelt sich die Rinde und das Reserveparenchym, welches nach und nach die Stärke aufspeichert.

Der Durchmesser einer Reserveparenchymzelle in dieser Zeit misst 33-50 μ und die grösseren Stärkekörner erreichen die Länge von 16-20 μ .

Wenn die Knöllchen eine Länge von 2 mm erreichen, bildet sich Kork unter der Epidermis.³⁾ Bei 3 mm langen Knöllchen

1) Vergl. Arbeiten von Miss DALE und von GÖBEL.

2) Flora 1905 l. c. p. 188.

3) Nach BUCHERER scheint das Periderm bei den Knöllchen von *D. Batatas* sich aus der Rinde zu entwickeln, wie man das Gleiche auch bei den meisten Dicotyledonen beobachtet.

misst der Durchmesser des Reserveparenchyms ca. $66-90\mu$, und die grösseren Stärkekörner werden ca. $25-33\mu$ lang.

Somit scheint die Entwicklung der Knöllchen von *Dioscorea japonica* früher fortzuschreiten als die Entwicklung der Knöllchen von *D. sativa*, bei welcher nach Miss DALE¹⁾ die Rinde erst in 2 mm langen Knöllchen und der Kork in 25 mm langen auftritt.

Die Erscheinung, dass Anheftungsstelle und Knospen der Knöllchen sich nähern, zeigt sich auch bei den Knöllchen von *Laportea bulbifera* und noch deutlicher bei *Dioscorea Batatas*. QUEVA verglich diese Form mit „Ovule anatrop.“²⁾ Die Knöllchen von *D. Batatas* sind lang; denn die Wachstumszone richtet sich nach dem Boden, daher können wir das Verhältnis sehr deutlich beobachten. Wenn auch der Stengel durch seine Schwere invers oder durch andere Einflüsse etwas horizontal hängt, richtet sich die Wachstumszone dennoch immer nach dem Boden hin; man erkennt daran deutlich den positiven Geotropismus der Wachstumszone.

Mit der Zeit übertrifft die Länge die Dicke, z. B.

Die grösste Länge in mm=L. Die grösste Dicke in mm=D.

L.	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
D.	5	6	7	6	6	6	5	7	6	7	6	6	6	6
L.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
D.	6	6	6	7	6	6	6	7	6	6	7	7	6	7
L.	9	9	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	15
D.	7	7	9	9	8	8	8	7	8	10	8	9	9	8

1) Annals of Botany. vol. 15. l. c.

2) QUEVA l. c. p. 316.

L.	15	16	16	16	16	17	17	17	18	22	36
D.	9	7	8	8	9	8	7	8	8	8	12

Daraus erhält man ungefähr das Verhältnis :—

Wenn die Länge kleiner als 10^{mm} ist: $L - D \leq 2^{mm}$.

Wenn die Länge grösser als 10^{mm} ist: $L - D \geq 3^{mm}$.

A''). Normale Anschwellung der Sprossachsen.

Bei *Begonia Evansiana* wachsen die Bulbillen normal an, und Knospen und Stiel nähern sich nicht nur nicht, sondern stehen immer an opponierten Enden. Ich fand die Entwicklung folgendermassen:

Die Bulbillen treten anfangs an Stengelknoten als kleine exogene Knospen auf, welche dicht mit Schuppen eingehüllt sind. Solange sie noch nicht über ca. 1 mm lang sind, weichen sie nicht so sehr von den gewöhnlichen Knospen ab. Von diesem Zustande an werden sie nach und nach grösser in Länge sowie in Dicke. Bei der Länge von 2 mm kommen sie aus den Schuppen heraus und bei der Länge von mehr als 3 mm bieten sie deutlich die Form der Bulbillen dar. Sie tragen dennoch bei der Trennung von der Mutterpflanze vier Schuppen, während die Schuppen, die die Bulbille anfangs einhüllten, nach der Trennung an der Mutterpflanze bleiben.

Die 1 mm langen Bulbillen bestehen aus Epidermis, Rinde und Reserveparenchym. Die letzteren Zellen sind nur ca. 33 μ lang und die in diesen enthaltenen Stärkekörner höchstens 6.6 μ . Erst wenn die Bulbillen grösser als 2 mm werden, entwickelt sich der Kork unter der Epidermis. Dieser wird recht bemerkbar, wenn die Bulbillen 3 mm messen. Die 3 mm langen haben Parenchymzellen von ca. 66 μ Länge und Stärkekörner von ca.

23 μ . Bei 7 mm langen Bulbillen messen die Parenchymzellen ca. 100 μ und die Stärkekörner ca. 40—50 μ .

Die in regelmässigen Reihen geordneten Zellen, die nach und nach ihren Zellinhalt verlieren, treten beim Stiel der 2—3 mm langen Bulbillen dicht nahe dem Reserveparenchym hervor. Beim Reifen fallen sie von dieser Partie getrennt ab.

Als Eigentümlichkeit beobachtete ich am horizontal gelegten Stengel, dass die an diesem produzierten Bulbillen nach oben gerichtet wuchsen. Hierdurch kann man den negativen Geotropismus beim Wachstum der Bulbillen konstatieren. Allein die schon gewachsenen Bulbillen haben keineswegs diesen Charakter, weil es da erfolglos blieb, wenn ich die mit Bulbillen versehenen Stengel horizontal gelegt hatte.

Die Bulbillen von *Polygonum viviparum* und *Cacalia bulbifera* scheinen auch, wie bei *Begonia*, normal entstanden zu sein.

B). Anschwellung der Knospenschuppen.

Wir finden diesen Typus des Wachstums bei Zwiebelchen. Ich beobachtete bei dem Zwiebelchen von *Lilium tigrinum*, dass sie an der Blattachsel als exogene Knospen auftreten. Die etwa 2 mm langen Zwiebelchen bei dieser Art bestehen aus einem Vegetationspunkt und zwei Blättchen, welche kleine Stärkekörner (etwa 16 μ), aber keine Aleuronkörner besitzen. Die 3 mm langen Zwiebelchen haben meistens drei Blättchen, und die 4 mm langen gewöhnlich vier Blättchen, deren zwei äussere kein ungeformtes Eiweiss, sondern runde Aleuronkörner enthalten, während die zwei inneren dieser ermangeln und nur ungeformtes Eiweiss besitzen. Die ca. 5 mm langen bestehen aus fünf Blättchen, deren äusserste Blättchen die grössten Stärkekörner (etwa 30 μ) besitzen. Die ca. 9 mm langen Zwiebelchen haben sechs Blättchen, deren drei äussere das geformte (Aleuronkörner) und

drei innere das ungeformte Eiweiss einschliessen. Die meisten reifen Zwiebelchen bestehen aus fünf bis sechs Blättchen, wenn ich auch bei 22 mm langen Zwiebelchen neun Blättchen bemerkte. Es ist also klar, dass der Vegetationspunkt immer durch seine Teilung die Blätter ergibt. Ich fand an der Blattanlage und Basis der jungen Blättchen eine deutliche indirekte Kernteilung. Dagegen an älteren Blättchen kann man nur das Anwachsen der Reserveparenchymzellen beobachten, z. B.

Die Reserveparenchymzellen der äussersten Blättchen

der 2 mm langen Zwiebelchen: 66 μ lang,

der 6 mm langen Zwiebelchen: 100 μ lang,

der 8 mm langen Zwiebelchen: 120 μ lang.

Die Stärkekörner sind im äussersten Blättchen am reichsten und am grössten. Sowohl die Ränder als auch die Spitze des Blättchens enthalten kleine und spärliche Stärkekörner.

Bei den von vier Blättchen sich bildenden Zwiebelchen besitzt das äusserste Blättchen die Stärkemenge von 4 Grad, das zweite von aussen die von 4—3 und das dritte die von 3.

Die Zwiebelchen von *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum* und *Sedum Alfredi* bilden sich auch durch Anschwellung der Blättchen. Bei *A. scorodoprasum* vergrössert sich nur ein Blättchen, während bei *A. nipponicum* zwei bis drei Blättchen anschwellen. Das reife Zwiebelchen von *Sedum* besteht aus vier (oft zwei) stark verdickten Blättchen.

C). Anschwellung der Stengelknoten.

Ich konstatierte diesen Modus nur an Knöllchen von *Elatostema umbellatum* var. *majus*, wo die Stengelknoten allmählich die Stärke aufspeichern und benachbarte Zellen nach und nach ihren Inhalt verlieren. Die verdickte Partie wird undurchsichtig und trennt

sich mit der Achselsprosse an dem einer Trennschicht ähnlichen Teil los, welcher dicht ausserhalb der stärkeführenden Zellen liegt. Der Gefässbündelverlauf wird durch Anschwellung sehr stark gestört.

Ein ähnliches Beispiel scheinen die von J. GLABISZ untersuchten Knöllchen von *Ceropegia Woodii*¹⁾ darzubieten. Bei dieser Pflanze vergrössern sich nach ihm die Stengelknoten und die Stengelinternodien zu Knöllchen.

V. KEIMUNG.

Durch die Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU,²⁾ PFEFFER³⁾, VÖCHTING,⁴⁾ SCHMID,⁵⁾ KLEBS,⁶⁾ JOHANNSEN⁷⁾ und MOLISCH⁸⁾ ist bekannt geworden, dass die Ruheperiode der Pflanzen oder Pflanzenorgane durch die Veränderung des Mediums vielfach abgekürzt oder ganz beseitigt werden kann. Meine eigenen zu diesem Zweck an Bulbillen ausgeführten Versuche sind nicht hinreichend, um einen bestimmten Schluss daraus zu ziehen. Nur sei erwähnt, dass die im Mittel-Herbst in das Gewächshaus (wo ca. 20° C. herrscht) gelegten Bulbillen von *Begonia Evansiana* ihre Ruheperiode ungefähr zwei Monate abgekürzt haben. Hingegen entwickelten sich die im Gewächshause überwinterten Bulbillen

1) Morphologische und physiologische Untersuchungen von *Ceropegia Woodii*. Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. 23. Heft 2, p. 65—136. 1908. Vergl. auch VELENOVSKY: Morphologie der Pflanzen II, p. 667.

2) Landw. Jahrb. Bd. 11, p. 816. 1882. & Bd. 14, p. 903. 1885.

3) Pflanzenphysiologie. Bd. 2, p. 259. 1904.

4) Zur Physiologie der Knollengewächse. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 34, p. 133. 1900.

5) Ueber die Ruheperiode der Kartoffelknollen. Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. 19, p. 81. 1901.

6) Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pfanzen. p. 137. 1903.

7) Aetherverfahren.

8) Warmbadmethode. Bot. Centralbl. Bd. 108, Nr. 19. 1907.

von *D. Batatas* ungefähr zwanzig Tage später als bei der Kontrolle, während die am 12. oder 16. Feb. ins Gewächshaus eingebrachten Exemplare ungefähr einen Monat früher als bei Kontrolle austrieben. Ich führe die letztere Tatsache, wie DETMER, auf den Grad des Zuckerverbrauchs zurück. Meiner Beobachtung nach machten die jüngeren Bulbillen eine längere Ruhezeit als die älteren durch.

Die Ruheperiode der Bulbillen von *D. Batatas* (Rasse „Tsu-kune“) zu beseitigen gelang mir sehr bemerklich dadurch, dass ich diese Pflanzen, die ich aus Bulbillen kultivierte, im Dunkelzimmer halten liess. Dieselbe Erscheinung beobachtete ich an den an einem sehr nassen Standorte gewachsenen Pflanzen. Diese beiden Beobachtungen und die an anderen Pflanzen von mir gefundenen Tatsachen (ich erntete im Durchschnitt grössere Bulbillen bei den der Blumen beraubten Pflanzen von *Lilium tigrinum*¹⁾ und *Begonia Evansiana*, als bei der Kontrolle) waren jedoch zu unvollkommen, um die Bedingungen der Bulbillenbildung daraus zu analysieren; doch hoffe ich in Zukunft Genaueres zu ermitteln.

a. KEIMUNGSVORGAENGE.

Wenn Bulbillen aus der Ruhe aufwachen, treiben sie meist zuerst Wurzeln und später erst Sprossen oder Blätter. Bei allen Zwiebelchen entwickeln sich die endogenen Wurzeln aus Zwiebelkuchen und bei Knöllchen aus der Oberfläche des Nährteils. Beispiele für die letzteren sind *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia Evansiana*, *Cacalia bulbifera*, *Elatostema umbellatum* var. *majus* und *Polygonum viviparum*. Bei *Lilium*-Zwiebelchen ist die Wurzelbildung sehr stark und findet im Lichte oft schon statt, wenn die Zwiebelchen noch der Mutterpflanze aufsitzen.

1) Vergl.: Dufour, Sur les bulbilles aériennes du *Lilium tigrinum*. Bot. Centralbl. Bd. 60, p. 117. 1894.

Die Wurzelbildung der Knöllchen von *D. Batatas* wurde weder von QUEVA noch MISS DALE beobachtet, indessen betont GÖBEL, dass diese Bildung vom Austrocknungsgrad beeinflusst wird, weil er sie sehr oft im feuchten Zustand finden konnte. Meine Beobachtung steht im Einklang mit der von GÖBEL. Jedoch konnte ich auch Wurzelbildung bei zahlreichen im Dunkeln getrocknet aufbewahrten Bulbillen finden. Also scheint es, dass die Wurzelbildung durch Lichtmangel befördert wird.

Im Gegensatz zur Wurzelbildung kann der Spross bei Bulbillen von *D. Batatas* und *Begonia Evansiana* selbst im Trocknen sich entwickeln. Aber er wächst wegen des Mangels an Wasser nicht grösser als einige mm.

Bei der Keimung der Bulbillen von *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum* und *Polygonum viviparum* kommen nur Blätter, aber keine Sprossen vor. Zwiebelchen von *Lilium tigrinum* zeigen gewöhnlich nur Blätter, doch zuweilen auch Sprossen (wahrscheinlich bei starken Zwiebelchen).

Die Bulbillen von *Sedum*, *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia* und *Elatostema* treiben immer Sprossen aus, und zwar konnte ich im ersten Jahre die Keimlinge von *Begonia* zur Blumenbildung und Knöllchenbildung, und die von *D. Batatas* zur Knöllchenbildung heranwachsen lassen.

Nach VÖCHTING¹⁾ entwickeln sich die Apikalknospen der Kartoffelknollen besonders früh und kräftig. Ich beobachtete dergleichen auch an den Knöllchen von *Begonia* und *Cacalia*. Bei ersteren entwickelt sich oft eine Seitenknospe, welche die Hauptknospe sogleich ersetzt, wenn diese beschädigt wird. Bei letzteren dagegen entwickelt sich gewöhnlich nur eine Hauptknospe. Bei

1) Ueber die Bildung der Knollen, *l. c.* p. 4—8.

Knöllchen von *D. Batatas* keimt auch eine unter ein bis drei Knospen. Also scheint es sehr wahrscheinlich, dass die Knospen der Knöllchen zu einander in Korrelation stehen.

Ferner beobachtete ich das Bildungsvermögen des Adventivsprosses bei den Bulbillen von *Begonia* und *D. Batatas*. 2 mm und 4 mm dicke Querschnitte am knospenlosen Teil der Knöllchen von *Begonia* wurden hergestellt und auf sterilisierten feuchten Sand gelegt, welcher im Teller unter einer Glasglocke gehalten wurde. Der Versuch begann am 22. März; ich konnte am 3. Mai den einige mm langen Spross an beiden Schnitten bemerken.

Die 3 mm und die 4 mm dicken Querschnitte der Knöllchen von *D. Batatas* (Rasse „Ichinenimo“) wurden wie in obiger Weise behandelt. Diese Stücke blieben vom 6. April bis Ende April unverändert. Am Anfang Mai entwickelte sich der Adventivspross und am Ende Juni bildete sich die Knollenanlage an der Basis des Sprosses. Bei dieser Erscheinung konnte ich eine bestimmte Polarität der Bulbillen nicht konstatieren.

Ich hatte das Glück an Bulbillen-Trieben von *Begonia* und *D. Batatas* interessante Knollenbildungen verfolgen zu können. Bei *Begonia* beginnt die Knollenbildung an ca. 10 cm langen Trieben, während sie sich bei *D. Batatas* an ca. 20 cm langen deutlich erkennen lässt. Der aus den Bulbillen hervorgewachsene Stengel von *Begonia* wird an seinem basalen Teil etwas horizontal. An diesem Teil, einige mm entfernt von den Bulbillen, befinden sich einige Schuppen und eine Knospe. Dies muss daher zweifellos der erste Knoten sein. Der Stengel vergrößert sich nahe der Knospe allmählich nach unten und hier wird reichlich Stärke aufgespeichert. Sowohl oberhalb als auch unterhalb der Knollenanlage hat der Stengel einen Gefässbündelring, während in der

Knolle diese Anordnung stark gestört ist. Die Knolle bildet sich aus Epidermis, Rinde und Reserveparenchym, welches letztere von Gefässbündeln durchzogen wird. Diese Rinde setzt sich allmählich zur Rinde des Stengels fort, was uns lehrt, dass die Knolle durch Anschwellung des Gewebes innerhalb der Rinde entsteht. Mit der Zeit nimmt ihre Grösse zu und damit verkleinern sich die Bulbillen, welche Ende Oktober ganz verfaulen. Merkwürdig ist es, dass der Kork in der Knolle sich unter der Rinde entwickelt.

Daraus folgt notwendig, dass *Begonia*-Knollen zweifellos als Stengelnatur zeigend betrachtet werden müssen und die Wachstumsweise ähnlich wie bei der Bulbillenbildung von *Elatostema umbellatum* var. *majus* ist.

Auch die Knollen von *D. Batatas* entstehen auf ähnliche Weise, und zwar dicht nahe den Bulbillen, was also die Beobachtung erschwert. Macht man Längsschnitte durch den Stengel und die Knollenanlage von *D. Batatas*, so beobachtet man sehr deutlich den exogenen Ursprung der Knollen, wodurch sich die Knollen von den Wurzeln endogenen Ursprungs unterscheiden lassen. Tatsächlich gehen die Wurzeln sowohl aus den Knollen selbst, als auch aus dem Stengel nahe den Knollen endogen hervor. Das Gefässbündel des Stengels dicht nahe der Knolle verläuft unregelmässig und es bildet sich einige mm oberhalb der Knolle erst eine Anordnung von Ringen. An dem durch unregelmässig verlaufende Gefässbündel durchzogenen Teil vermehren sich die Zellen zwischen der Rinde und dem Bündel. Der entsprechende Teil speichert mit der Zeit Stärke auf und dringt mit der Rinde in den Boden. Dies ist der Anfang der Knollen. An der Spitze haben sie immer Meristem unter der Rinde und an der Basis bringt das Meristem allmählich Reserveparenchym hervor. Man

ersieht an der Basis der Knollen eine Knospe, welche von Schuppen bedeckt ist. Diese Knospe entwickelt sich im nächsten Jahre zum Stengel. Daher darf man sagen, dass die Knollen an dem aus Knöllchen entstandenen Stengel sich durch die Anschwellung des ersten Internodiums bilden.

Ich habe bei den Knollen positiven Geotropismus konstatiert, dennoch beeinträchtigt diese Tatsache nicht die Annahme, dass das Organ zu dem Stengel gehört, denn ich beobachtete, dass den Bulbillen, deren Stengelnatur bereits klar gestellt wurde, auch dieselbe Eigenschaft zukommt.

Das Meristem der Knollen unter der Rinde scheint auch, wie es bei Bulbillen diesbezüglicher Pflanzen gefunden wird, mit dem Vegetationspunkt der Wurzel nicht homolog zu sein.

Nur die Polarität¹⁾ der Knollen ist wurzelähnlich, doch zweifle ich, ob dieser Charakter nicht durch Anpassung an positiven Geotropismus eingetreten d. i., sekundärer Natur sei.

Aus Obigem geht deutlich hervor, dass die an Knöllchen-Trieben entstandenen Knollen von *Dioscorea Batatas* zweifellos Stengelnatur besitzen, obgleich sie infolge der Anpassung etwas differenziert sind. Dasselbe gilt auch von *Dioscorea japonica*.

Im folgenden will ich nun verschiedene einander widersprechende Angaben über die Knollenbildung von *Dioscoreaceae* erwähnen.

DE BARY (1877)²⁾ unterschied drei Arten von Knollen bei *Dioscoreaceae*, d. i.

1. Knollig angeschwollene Wurzel.....*D. Batatas*.
2. Schuppig beblätterte, aus vielen

1) In Japan pflegt der Landwirt diese Pflanze durch die an abgeschnittenen Knollen entstandenen Adventivsprossen fortzupflanzen, welche immer an dem Stengelpol der Knollen entstehen.

2) Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, p. 640.

Internodien aufgebaute Rhizome....*D. villosa*.

3. Blattlose Knollen, hervorgegangen

aus der Anschwellung des ersten epicotylen

Internodiums.....*Tamus communis*.

T. polycarpus,

Testudinaria und

manche *Dioscorea*-Arten.

BUCHERER (1889)¹⁾ bestätigte an *Tamus* die Knollenbildung der dritten Kategorie DE BARYS und fand dieselbe auch bei *D. sinuata*. Aber er konnte bei *D. Batatas* kaum dieselbe Erscheinung finden, sondern bemerkte hier wurzelähnliche Eigenschaften.

Nach QUEVA (1894)²⁾ entstehen die Knollen von *D. illustrata* und *D. discolor* aus Anschwellung der zwei ersten Internodien und einer Partie des Hypocotyls. Er bemerkte interessanterweise an *D. illustrata* die aus Wurzelverdickung hervorgehenden Knollen, wo sich ein „multipolar faisceau“ der Wurzel allmählich nach Knollen hin zu einem „unipolar faisceau“ umbildet. Infolgedessen betrachtete er die letzteren Knollen als differenzierte Wurzeln.

GÖBEL (1905)³⁾ verdanken wir die Beobachtung, dass die Entstehungsweise der Knollen an Bulbillen-Trieben von *D. Batatas* sich ähnlich wie bei Keimlingen verhält.

Er konnte deutlich den exogenen Ursprung der Knollen im Gegensatz zur Wurzelbildung finden. Auch fand er die aus Wurzeln gebildeten Knollen, wie QUEVA bei *D. illustrata*, bei *D. eburnea*, var. *fusca*. Er verglich die *Dioscorea*-Knollen mit den Wurzelträgern der Selaginellen und betrachtete jene als

1) l. c. p. 5.

2) Recherche sur L'anatomie de L'appareil végétatif des Taccacées et des Dioscorées, Lille.

3) Flora, l. c.

mittelwertiges Organ zwischen Spross und Wurzel. Seine Behauptungen werden etwa in folgenden Sätzen zusammengefasst :

- 1) Anatomischer Bau und Entstehungsmodus sind ähnlich wie beim Stengel.
- 2) Den Knollen kommen folgende wurzelähnliche Eigenschaften zu: dass sie im Jugendstadium Wurzelhaare besitzen, dass sie den mit Dauergewebe eingehüllten Vegetationspunkt haben, dass etwaige Knollen aus der Wurzel entstehen und dass die Polarität der Knollen wurzelähnlich ist.

Gegen die Annahme GÖBELS hat L. LINDINGER (1906)¹⁾ Einwand gemacht, indem er die dicke Wurzel von *D. discolor*, *D. eburnea*, und *D. illustrata* untersuchte. Nach ihm haben diese aus Wurzeln entstandenen Knollen zweifellos eine Wurzelnatur, weil diese Knollen aus Stengelknoten endogen hervorkommen und deutlich eine Wurzelhaube am Vegetationspunkte besitzen, so dass der von der echten Wurzel abweichende Bau der Knollen ganz ausser Acht gelassen werden kann.

Aus dem vorhergehenden sieht man wohl, dass die morphologische Natur der *Dioscorea*-Knollen bei verschiedenen Arten der Gattung nicht gleich (homolog) sein kann.

b. UMSATZ DER RESERVESTOFFE.

Kohlenhydrate.

Stärke ist im Reserveparenchym der meisten Bulbillen gesättigt aufgespeichert, z. B. bei *Lilium tigrinum*, *Sedum Alfredi*, *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Taportea bulbifera*, *Elatostema*.

1) Ueber den morphologischen Wert der an der Wurzel entstandenen Knollen einiger *Dioscorea*-Arten. Beih. z. Bot. Centrbl. Bd. 21. Heft 3.

umbellatum var. *majus*, *Polygonum viviparum* und *Begonia Evansiana*. Aber sie fehlt immer in den Vegetationspunkten dieser Bulbillen.¹⁾ Bei *Allium scorodoprasum*, und *A. nipponicum* befindet sie sich eine Zeit lang nach der Ernte in geringer Menge und verschwindet fast vollkommen im Ruhestadium. Umgekehrt kommt Stärke bei der Keimung wieder vor, z. B. bei den 1—2 cm lange Blätter getriebenen Bulbillen von *A. scorodoprasum* tritt eine kleine Menge von Stärke auf, während sie bei Bulbillen mit ca. 10 cm langen Blättern wieder verschwindet. Die Bulbillen von *Cacalia bulbifera* haben eine geringe Menge von Stärke neben Glycose nur in der Umgebung der Harzgänge, woraus sich MER²⁾ einen Uebergang von Stärke in den Harz vorstellte. Beim Austreiben der *Cacalia*-Bulbillen kommt auch Stärke ziemlich reichlich neben einer grossen Menge von reduzierendem Zucker vor, welche beide, wie unten gezeigt werden soll, auf Zersetzung des Inulins zurückzuführen sind.

Die Stärke entleert sich rasch sobald das Austreiben beginnt. Es sei hier hervorzuheben, dass die Stärke sich bei *Lilium*-Zwiebelchen zuerst an der äussersten Schuppe entleert; z. B. bei Bulbillen, welche ca. 3 cm lange Wurzeln getrieben haben, bleibt die Stärke nur in der Umgebung des Gefässbündels der äussersten Schuppe; oft verfault diese Schuppe, dann nimmt die Stärke der zweiten Schuppe von aussen etwas ab. Hier scheint die Stärke der inneren Schuppen jedenfalls unverändert zu bleiben.

In der verkümmerten Schuppe ist die Glycose am reichsten vorhanden und die zweite Schuppe ist reicher an ihr als die dritte oder vierte Schuppe, während man nur Spuren in fünfter und

1) Vergl. SHIBATA: Beiträge zur Wachstumsgeschichte der Bambusgewächse. Jour. Sci. coll. Imp. Univ. Tokyo. vol 13, p. 464. 1900.

2) Comptes rendus. T. 104, p. 525, 1837. CZAPEK, Biochemie. II, p. 634.

keine im Vegetationspunkt findet. In der Rinde der Wurzel findet man Stärke und Glycose in geringer Menge.

Wenn die Bulbillen dieser Art im April ca. 1 cm lange Sprossen entwickelt haben faulen die äusserste und die zweite Schuppe, und der Stärkegehalt der dritten Schuppe ist 0—1, der vierten 2, aber die fünfte, sechste und siebente Schuppe bleiben unverändert. In den von Stärke entleerten Schuppen ist Glycose je nach dem Entleerungsgrad der Stärke vorhanden. Sie wird zum Stengel transportiert, wo sie sowohl in Rinde als auch im Mark neben transitorischer Stärke ziemlich reichlich sich vorfindet.

Das Verhältnis, dass die Stärke zuerst in der äussersten Schuppe sich zu entleeren beginnt, gilt auch bei *Sedum Alfredi*, wo in ca. 3 cm lange Sprossen getriebenen Zwiebelchen zwei äussere Schuppen ausser der Umgebung des Gefässbündels fast vollkommen ihre Stärke verbrauchen und dabei ausserordentlich viel Glycose bekommen, während zwei innere Schuppen noch reichlich Stärke enthalten.

Bei den auf 10 cm lange Sprossen getriebenen Bulbillen von *D. Batatas* finden wir einen Stärkegehalt von 1—2 im Reserveparenchym und bei den auf 40 cm lange Sprossen getriebenen 0—1 nur in der Umgebung¹⁾ des Gefässbündels, woran man leicht den Gefässbündelverlauf erkennen kann. In dem getriebenen Stengel kommt Stärke nur im Sclerenchymring und im anliegenden Parenchym in geringer Menge vor. Glycose findet sich hier reichlicher im Mark als in der Rinde.

Ich beobachtete bei *Begonia*- und *Elatostema*-Bulbillen auch Stärkeentleerung, infolge deren reichlich Glycose entsteht.

Gewöhnlich kommt reduzierender Zucker reichlich mit der

1) BUCHERER fand das gleiche in den Knollen der betreffenden Art.

Entleerung der Stärke. Dennoch findet man ziemlich reichlich Glycose bei ruhenden Zwiebelchen von *Lilium* und *Sedum*, wenn auch in beiden noch keine Umwandlung der Stärke stattfindet.

In Zwiebelchen von *Allium scorodoprasum* und *A. nipponicum* ist die Glycose im Ruhezustande kaum zu finden. Doch erhält man eine starke Reaktion durch FEHLINGSCHES Lösung, indem man die Schnitte der betreffenden Zwiebelchen mit verdünnter Salzsäure einige Sekunden kocht und dann ins Reagens eintaucht. Dies zeigt zweifellos das Vorhandensein von Rohrzucker. Ausserdem stellen die Schnitte himmelblaue Färbung durch SACHS' Methode dar, und auch die Zuckerreaktion von MOLISCH lehrt uns deutlich die Anwesenheit von Zucker, während Stärke und Glycose sich hier fast nicht befinden. Die äussere Reserveschuppe von *A. nipponicum* scheint den Rohrzucker reichlicher aufgespeichert zu haben als die innere Schuppe.

Es ist eine sehr interessante Tatsache, dass Glycose beim Austreiben der Zwiebelchen letzterer beiden Arten bemerkbar neu gebildet wird. Sie kommt in den Reserveschuppen, den getriebenen Blättern und den Wurzeln vor (namentlich in der Rinde der letzteren). Jedoch kann man in Blättern und Wurzeln auch Rohrzucker mit Glycose finden. In welcher Weise dieser Rohrzucker gebildet wird, lässt sich nur vermuten. WAECHTER¹⁾ fand auch bei der Keimung der Zwiebeln von *Allium cepa* die Zunahme von reduzierendem Zucker, welche durch die Abnahme von invertierbarem Zucker begleitet wird.

Invertierbarer Zucker scheint auch in ruhenden Bulbillen von *Lilium tigrinum*, *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia* und *Cacalia* in

1) Ueber das Verhältnis der in den Zwiebeln von *Allium cepa* vorkommenden Zuckerarten. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 45 p. 232. 1907.

geringen Mengen vorzukommen. In *Cacalia*-Bulbillen sind Stärke, Glycose und Rohrzucker im Ruhen sehr spärlich, Inulin jedoch sehr reichlich vorhanden, wovon man durch nicht zu konzentrierten Alkohol schöne Sphaerokristalle erhalten kann. Bei der Keimung dieser Bulbillen ergibt sich sehr reichlich reduzierender Zucker neben geringer Stärke. Nach SACHS scheint es, dass jeder Zellstoffbildner zuerst transitorisch in die Stärke übergehen muss. Er beobachtete bei der Keimung von *Dahlia*-Knollen Zucker und kleine Stärkekörner, welche beide auf Kosten von Inulin zustande kommen müssten.¹⁾

Es ist beachtenswert, dass die im Ruhen viel Zucker enthaltenden Zwiebelchen von *Lilium*, *Sedum*, *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum* eine kurze Ruhezeit durchlaufen und die meisten Knöllchen dagegen überwintern, welche mit Stärke strotzend gefüllt sind und wenig Glycose besitzen. (Als Ausnahme für die Knöllchen sind nur die Bulbillen von *Polygonum* zu betrachten).

Gewöhnlich fehlt Zucker, wie Stärke, im Vegetationspunkt. So konnte ich Glycose in Vegetationspunkten der Bulbillen von *Lilium*, *Cacalia*, und *Sedum* nicht finden. Bei Knöllchen von *D. Batatas* fehlt die Glycose in den Vegetationspunkten, sowie in den dicht anliegenden Schuppen.

FETTES UND AETHERISCHES OEL.

Im allgemeinen ist Fett sehr spärlich in Bulbillen zu finden, aber Kohlenhydrate sind immer reichlich vorhanden, wie oben erwähnt. Dasselbe Verhältnis gilt auch bei den unterirdischen Speicherorganen,²⁾ obwohl das Fett in Stärke-Samen oft reichlich vorkommt.

1) Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachstum der Zellhäute liefern. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 3, p. 193 u. 219. 1863

2) Czapek, Biochemie, Bd I. p. 137—138

Ich konnte sehr wenig Fett in den Bulbillen von *Lilium*, *D. Batatas*, *D. japonica* und *Begonia* beobachten, und gar nicht in den von *Sedum*, *Cacalia*, *Laportea*, *Elatostema* und *Polygonum*. In Zwiebelchen von *Allium scorodoprasum* und *A. nipponicum* findet sich Fett in geringer Menge, welches auch dann unverändert bleibt, wenn das Fett in getriebenen Wurzeln und Blättern vorkommt. Also ist es wahrscheinlich, dass letztere Fette aus Zucker hervorgegangen sind.

Harz wird nur im Harzgeänge von *Cacalia bulbifera* gesättigt gefunden. Bei der Herstellung der Schnitten fließt es über die ganze Oberfläche. Eine Abnahme des Harzes konnte ich bei dem Austreiben der Knöllchen nicht bemerken.

Nach VOIGT¹⁾ kommt Allylsulfid in Gefäßbündelscheide und Epidermis der Zwiebeln oder Blätter von *Allium victorialis*, *A. coerulescens*, *A. sativum*, *A. cepa*, *A. ursinum*, *A. urceolatum*, *A. fistulosum*, *A. Moly* und *A. porrum* vor. Er betrachtete diesen Stoff als Stoffwechselproduct, weil er durch alle Lebenszustände unverändert blieb. Ich beobachtete bei den Zwiebelchen von *A. scorodoprasum* und *A. nipponicum* diesen Stoff nur in den Gefäßbündelscheiden, aber nie in der Epidermis. Das Allylsulfid verschwindet auch noch nicht aus den Zwiebelchen, wenn diese 10 cm lange Blätter treiben, und bildet sich neu in den Gefäßbündelscheiden der Blätter. Also glaube ich, dass es ein Stoffwechselproduct,²⁾ vielleicht von Eiweiss ist, weil ich immer in den Gefäßbündelscheiden der Blätter reichlich Protein gefunden habe.

1) Lokalisierung des aetherischen Oels in den Geweben der *Allium*-Arten. Bot. Centralbl. Bd. 41. p. 292. 1889.

2) CZAPEK, Biochemie, Bd II. p. 232 und 238.

GERBSTOFF.

Dieser Stoff ist in Zwiebelchen wenig zu finden, und ich konnte ihn gar nicht in den Zwiebelchen von *Allium* und *Sedum* treffen. Bei *Lilium*-Zwiebelchen befindet er sich nur in einer Antocyan enthaltenden Zellreihe unter der Rinde. Dagegen haben ihn alle Knöllchen im allgemeinen reichlich. Bei den Knöllchen von *D. Batatas* und *D. japonica* kann man sehr bemerkliche Gerbstoffschläuche beobachten.¹⁾ Sie enthalten keine Stärke, sondern nur eine gelbe Lösung strotzend darin, die bei der Verletzung der Schläuche rasch überfließt und sofort braun wird. Ich bemerkte nur in diesen Zellen deutliche Gerbstoff-Reaktion. Das Braunwerden bei den Schläuchen von *D. japonica* ist langsamer und undeutlicher als bei den von *D. Batatas*. Daher versuchte ich Oxydase-Reaktion an den Schnitten der beiden Knöllchen mit Guajakharz-Tinctur, und Peroxydase-Reaktion mit Peroxydwasserstoff und Guajakharz-Tinctur, obwohl diese Reaktionen oft unzuverlässig sind.²⁾

Eigentümlicherweise fehlte Oxydase-Reaktion in den Knöllchen von *D. japonica*, und nur Peroxydase-Reaktion war zu finden, während die Knöllchen von *D. Batatas* deutlich Oxydase-Reaktion zeigten. Deshalb scheint die Oxydation des Gerbstoffs nur durch Oxydase verursacht zu werden.³⁾ An den oben genannten Schläuchen versuchte ich die durch ZOPF⁴⁾ unternommenen Reaktionen, was sich folgendermassen kund gibt:

a) Dunkelroter Niederschlag nach der eine Nacht dauernden

1) Vergl. Kap. III dieser Arbeit.

2) CZAPEK, Biochemie, Bd. II. p. 438—470.

3) Vergl. Aso, K., A physiological function of oxydase in Kaki-fruit. Bot. Magazine, Tokyo, vol. 14. p. 179

4) Ueber die Gerbstoff- und Antocyan-Behälter der Fumariaceen p. 30. 1386.

Einwirkung von Kaliumbichromat.

- b) Ebenso durch Millons Reagenz.
- c) Blauschwarz durch schwefelsaures Eisenoxyd.
- d) Grün durch Ammoniak oder kohlenensaures Ammoniak.
- e) Goldgelb durch Aetzkali.
- f) Blutrot durch konzentr. Salpetersäure.
- g) Dunkelrot durch konzentr. Schwefelsäure.

Daher darf man diese Zellen als Gerbstoffschläuche bezeichnen. Es ist mir zweifelhaft, ob die gelbe Lösung in diesen Schläuchen das Vorhandensein von gelbem Antocyan zeigt.

In Reserveparenchym der Knöllchen von *Laportea* und *Elatostema* zerstreuen sich hie und da die Gerbstoffzellen, welche aber mit Stärke gemengt sind. Bei Knöllchen von *Begonia* hat jede Reserveparenchymzelle eine geringe Menge von Gerbstoff, weil alle Zellen mit Eisenvitriol-Lösung schwach reagieren. Bei *Cacalia*-Knöllchen kommt der Stoff nur im Parenchym zwischen den Harzgängen vor.

Der Gerbstoff von Bulbillen scheint nicht weiter zur Verwendung zu kommen, weil ich in den Bulbillen von *Lilium*, *D. Batatas*, *Cacalia*, *Elatostema* und *Begonia* keine Verminderung desselben beobachten konnte, selbst wenn sie einige cm lange Sprosse getrieben hätten. Gleiches fand KRAUS¹⁾ an Rhizom von *Saxifraga crassifolia* u. a.

Ich fand nichtsdestoweniger die Bildung von authochthonem Gerbstoffe²⁾ in den Wurzelspitzen von *Cacalia*- und *Elatostema*-Knöllchen und auch in den Primärblättern des aus Knöllchen ausgetriebenen Sprosses von *Begonia*. Die letztere Art des

1) KRAUS: Grundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffes. p. 20.

2) Ebenda p. 53.

Gerbstoffes vermag sich nach KUTSCHER¹⁾ am weiteren Stoffwechsel zu beteiligen.

AMIDE UND EIWEISS.

Amide sind bei Bulbillen nur in geringer Menge vorhanden. Bei den jungen Bulbillen von *Lilium*, *Allium*, und *Dioscorea*, wo sich Protein immer reichlich findet, kommt Asparagin nur in sehr geringer Menge vor, und trotz vielen Bemühungen war ich nicht imstande es bei den nur wenig Eiweiss enthaltenden Bulbillen von *Begonia*, *Elatostema*, *Laportea* und *Cacalia* zu finden. Dagegen scheint der grösste Teil von Eiweiss als solches in die Bulbillen transportiert worden zu sein, weil ich immer reichlich Protein in den Siebröhren der jungen Bulbillen gefunden habe. Es ist also ersichtlich, dass der Eiweissregenerationsprocess²⁾ bei der Entstehung der Bulbillen sehr träge ist.

Tyrosin ist noch spärlicher als Asparagin, und nur eine Spur von ersterem fand ich in Knöllchen von *Cacalia* und *D. Batatas*.

Eiweiss befindet sich reichlich im Reserveparenchym der Bulbillen von *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum*, *Lilium*, *Dioscorea Batatas* und *D. japonica*, während es in den Bulbillen von *Sedum*, *Begonia*, *Cacalia*, *Elatostema*, und *Polygonum* sehr wenig, und in den Knöllchen von *Laportea* ziemlich reichlich vorhanden ist. In den Knöllchen von *Dioscorea* scheint der grösste Teil des Proteins als Mucin vorhanden zu sein. Nach J. ISHII³⁾ beträgt das Mucin 8 % der Trockensubstanz in den Knollen von *D. Batatas*, welche 11.74 % des Rohproteins umfassen. Ich konnte Mucin in den Knöllchen der betreffenden Art auch makroskopisch nach ISHII

1) Ueber die Verwendung der Gerbsäure im Stoffwechsel der Pflanze. Flora, XLI 1893, p. 33.

2) Vergl. SHIBATA l. c. p. 479.

3) On the occurrence of Mucin in plants. Bull. Coll. Agric. Tokyo, Vol. III. 1897 p. 97.

beobachten. Mikroskopisch untersucht findet man Protein reichlich gemischt mit Stärke in den Reserveparenchymzellen sowohl der Knollen, als auch der Knöllchen. Ich konstatierte an dem Austreiben der Knöllchen von *D. Batatas* fast vollständiges Verschwinden des Eiweisses aus dem Parenchym und dabei wenig Asparagin in Knöllchen selbst, aber ziemlich reichlich Asparagin in Knöllchentrieben. Diese Tatsachen brachten mir den Gedanken nahe, dass Mucin vielleicht im Reserveparenchym der Knöllchen von *D. Batatas* als Nährstoff mit anderem Protein aufgespeichert ist, und zum Austreiben der Knöllchen verwendet wird.

Ein Teil des Proteins in den Zwiebelchen von *Lilium* ist in der Form von Aleuronkörnern vorhanden. Sie sind rundlich oder oval, und jedes Korn befindet sich in einer Hülle. Bei den 4 mm langen aus drei Schuppen bestehenden Zwiebelchen haben zwei äussere Schuppen als Protein nur Aleuronkörner, und die folgende Schuppe und der Vegetationspunkt nur ungeformtes Eiweiss. Ferner fand ich bei 9 mm langen Zwiebelchen in drei äusseren Schuppen nur Aleuronkörner und der vierten Aleuronkörner neben formlosem Protein, in der fünften, sechsten und dem Vegetationspunkte nur formloses Protein. Oft stellen die Zwiebelchen folgende Verteilung dar: zwei äussere Schuppen haben nur Aleuronkörner und zwei folgende Schuppen Aleuronkörner neben formlosem Protein und die fünfte, sechste und der Vegetationspunkt nur formloses Protein.

Bei der Keimung der Zwiebelchen verschwinden die Aleuronkörner zuerst aus der äussersten Schuppe. An Zwiebelchen, welche ca. 3 cm lange Wurzeln getrieben hatten, konstatierte ich in deren Schuppen folgende Verteilung der Eiweisskörper: die äusserste Schuppe war verkümmert und die zweite zeigte

nur wenig ungeformtes Eiweiss; hingegen hatte die dritte Schuppe nur wenige Aleuronkörner, welche theils die Hülle brachen, theils sich verflüssigten, und dabei kam formloses Eiweiss an den von Aleuronkörnern freien Stellen reichlich hervor. Die Schuppen innerhalb der dritten waren unverändert in ihrem Proteinstoffe. Meine Beobachtung über die Verflüssigung der Aleuronkörner, wie eben erwähnt, scheint von der WERMINSKI¹⁾ abzuweichen, nach welchem die Aleuronkörner bei der Keimung der sie enthaltenden Samen sich zu Vacuolen oder Bläschen umbilden lassen. Von den verflüssigten Aleuronkörnern konnte ich, wie WERMINSKI gelang, durch Entziehung des Wassers mit Glycerin oder Exsiccator nicht wieder geformte Aleuronkörner herstellen.

Bei den Zwiebelchen-Trieben von *Lilium* fand ich kein Asparagin in den Wurzeln, doch konnte ich ziemlich reichlich Asparagin in dem 1 cm langen Stengel finden, der aus den Zwiebelchen hervortrieb. In letzterem Falle verkümmerten die zwei äusseren Schuppen vollkommen und die dritte hatte nur eine Spur von formlosem Protein; die vier inneren Schuppen sind noch mit reichlichem, formlosem Eiweiss, aber mit keinen Aleuronkörnern versehen.

MINERALSTOFFE.

Phosphor kommt in den Bulbillen von *Lilium*, *Sedum*, *Dioscorea Batatas*, *Begonia*, *Laportea* und *Elatostema* reichlich, und in *Allium scorodoprasum* und *Cacalia* in geringen Mengen vor.

Magnesium befindet sich in den Zwiebelchen von *Lilium* und *Sedum* in grossen Mengen, und in den Bulbillen von *Allium scorodoprasum*, *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia*, *Cacalia*, *Laportea* und *Elatostema* in geringen Mengen. In den Knöllchen der zwei

1) Ueber die Natur der Aleuronkörner, Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. 6, p. 199. 1893.

letzteren scheint Magnesium mit Phosphor vorwiegend in Schleimzellen vorhanden zu sein. Daher darf man vermuten, dass Magnesium hier als Phosphat vorkommen kann. Ich fand Phosphor und Magnesium, obwohl die Erscheinung abnormal scheint, in den Vegetationspunkten der Bulbillen von *Cacalia*, *Begonia*, *D. Batatas* und *Lilium*.

Kalium ist in den Bulbillen auch reichlich vorhanden (siehe Tabelle auf S. 42). Dass Sulfat-Reaktion in anderen Bulbillen als in den von *Allium scorodoprasum* sich nicht vollzieht, kann man vielleicht, wie SCHIMPER vermutete, auf die den Niederschlag erschwerenden Stoffe zurückführen.

Nitrat tritt in den Knöllchen von *Cacalia* und *D. Batatas* auf, doch fand ich es nicht in den Bulbillen von *Lilium*, *Allium scorodoprasum*, *Begonia*, *Laportea*, *Elatostema* und *D. japonica*. Chlor ist, wie man aus der Tabelle sieht, in den meisten Bulbillen reichlich vorhanden.

Calcium ist auch in den meisten Bulbillen als Krystalle von verschiedenen Formen gefunden worden: Wenn aber dasselbe nicht als Krystalle auftrat, konnte ich es nicht in frischen Schnitten nachweisen, sondern nur in Aschen.

Bei dem Austreiben der Bulbillen ist das Verschwinden von Phosphor deutlich zu erkennen: In den stark verkümmerten Schuppen von *Lilium*-Zwiebelchen sehen wir sehr wenig Phosphor, und Magnesium reichlich, sowohl in der Rinde der Wurzeln, als auch im Mark des Stengels, aber gering in der Rinde des Stengels. In den Knöllchen-Trieben von *D. Batatas* beobachtete ich im Mark Magnesium und Phosphor reichlicher als in der Rinde. Diese Beobachtung scheint im Einklang mit SCHIMPER'S Meinung zu stehen.¹⁾

1) Vergl. SCHIMPER, *l. c.* p. 223.

Ferner fand ich deutlich die Verminderung des Chlors in dem von Stärke entleerten Parenchym der Bulbillen von *Lilium* und *D. Batatas*, wo ich nur in dem den Gefässbündeln umliegenden Parenchym Chlor neben Stärke etwas reichlich finden konnte.

In 15 cm langen Trieben aus Bulbillen von *D. Batatas* und in 1,5 cm langen Stengeln aus Knöllchen von *Cacalia*, konnte ich keine Abnahme des Nitrats finden. Die Frage ist nun, ob Nitrat noch nicht verbraucht oder neu gebildet ist.

Nach dem obigen verhält sich der Modus der Ablagerung der Mineralsalze in den Bulbillen ähnlich wie im Rhizom, weil die ersteren selbst im Ruhestadium Mineralsalze im allgemeinen reichlich und selbstständig, ohne Verbindung mit organischen Salzen, enthalten.

Zum Schlusse spreche ich meinen hochverehrten Lehrer, Prof. K. Fujii, für seine vielfachen Ratschläge und Belehrungen über Anatomie und Organographie der Pflanzen meinen herzlichsten Dank aus.

Reservestoffe bei reifen ruhenden Bulbillen.

	Pflanzen-Namen	Stärke	Lösliche Kohlehydrate	Oel	Gerbstoff	Eiweiss u. Amide	Mineralstoffe
Zwiebelchen	<i>Lilium tigrinum</i> GAWL.	Sehr reich	Glycose reich	fettes Oel sehr gering	Sehr gering	Eiweiss reich (teils als Aleuronkörner). Asparagin sehr gering. kein Tyrosin	P u. Mg reich. K reich. Ca nur in Aschen. kein Nitrat u. Sulfat. Cl gering.
	<i>Allium scorodoprasum</i> L.	Sehr gering od. fehlend	Glycose sehr gering. Nicht reduzierender Zucker sehr reich.	fettes Oel in geringer Menge. Allylsulfid in Gefäßbündelscheide.	fehlend	Eiweiss reich. Asp. sehr gering. kein Tyrosin	P und Mg gering. K ziemlich reich. Ca nur in Aschen. Nitrat : kein. Cl u. Sulfat reich.
	<i>Allium nipponicum</i> FR. et SAV	do.	do.	do.	do.	Eiweiss reich	
	<i>Sedum Alfredi</i> HCE.	Sehr reich	Glycose reich	kein fettes Oel	do.	Eiweiss sehr gering	P und Mg reich. K reich. Ca oxal. (Pyramide) gering. Nitrat : kein.
Knöllchen	<i>Dioscorea Batatas</i> , DCNE.	Sehr reich	Glycose ziemlich reich. Rohrzucker gering	fettes Oel sehr gering	reich (nur in Gerbstoff-Behältern)	Eiweiss reich (teils als Mucin) Asp. sehr gering. Ty. kein od. sehr gering	P reich. Mg gering. Ca. ox. (Raphid) reich. K ziemlich reich. Nitrat reich. Sulfat : kein. Cl gering.
	<i>Dioscorea japonica</i> THUNB.	do.	Glycose gering. Rohrzucker gering	do.	do.	Eiweiss reich (teils als Mucin)	Wie oben, aber Nitrat fehlend
	<i>Begonia Evansiana</i> ANDR.	do.	do.	do.	gering	Eiweiss gering	Pr. reich. Mg gering. K ziemlich reich. Ca. ox. (Pyramide) reich. Nitrat : kein. Sulfat : kein. Cl reich.
	<i>Cuculia bulbifera</i> MAXIM.	Sehr gering od. fehlend	Inulin sehr reich. Glycose sehr gering. Rohrzucker gering	kein fettes Oel. Harz im Gange	do.	Eiweiss sehr ger. Asparagin fehlend. Tyrosin oft gering	P u. Mg gering K gering. Ca nur in Aschen. Nitrat reich. Sulfat : kein. Cl reich.
	<i>Laportea bulbifera</i> WEDD.	Sehr reich	Glycose gering	kein fettes Oel	reich	Eiweiss ziemlich reich	P reich. Ca.ox.(sternförmig) gering.
	<i>Elatostema umbellatum</i> Bl. var. majus. MAXIM	do.	do.	do.	do.	Eiweiss gering	Mg (vielleicht als Phosphat) gering. K u. Cl gering. Nitrat u. Sulfat : kein.
	<i>Polygonum viviparum</i> L.	do.	do.	do.	do.	Eiweiss sehr gering.	

VI. ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTRESULTATE.

1. Bulbillen lassen sich in zwei Formen unterscheiden, nämlich:
 - a) Luftzwiebelchen (z. B. *Lilium tigrinum* u. a.)
 - b) Luftknöllchen (z. B. *Dioscorea Batatas* u. a.)
2. Die von mir untersuchten Bulbillen stellen drei Modi des Wachstums dar, d. i.
 - Anschwellung
 - a) der Sprossachsen (z. B. *Dioscorea Batatas* u. a.)
 - b) der Knospenschuppen (z. B. *Lilium tigrinum* u. a.)
 - c) der Stengelknoten (z. B. *Elatostema umbellatum*, var. *majus*.)
3. Die aus Bulbillen-Trieben entstandenen Knollen von *Dioscorea Batatas* scheinen zuverlässig Stengelnatur zu haben, obwohl sie infolge der Anpassung etwas differenziert sind.
4.
 - a) In Bulbillen, wie in den meisten Rhizomen, kommen Kohlenhydrate als Hauptreservestoffe vor. Mineralstoffe sind überall, selbst im Ruhestadium, reichlich zu finden.
 - b) Allylsulfid und Gerbstoff bleiben in Bulbillen bei der Keimung unverändert.
 - c) Aleuronkörner stehen in den Zwiebelchen von *Lilium tigrinum* mit formlosem Protein in Korrelation.
 - d) Mucin scheint in den Reserveparenchymzellen der *Dioscorea*-Bulbillen als Reservestoff aufgespeichert zu sein.

INHALTSVERZEICHNIS.

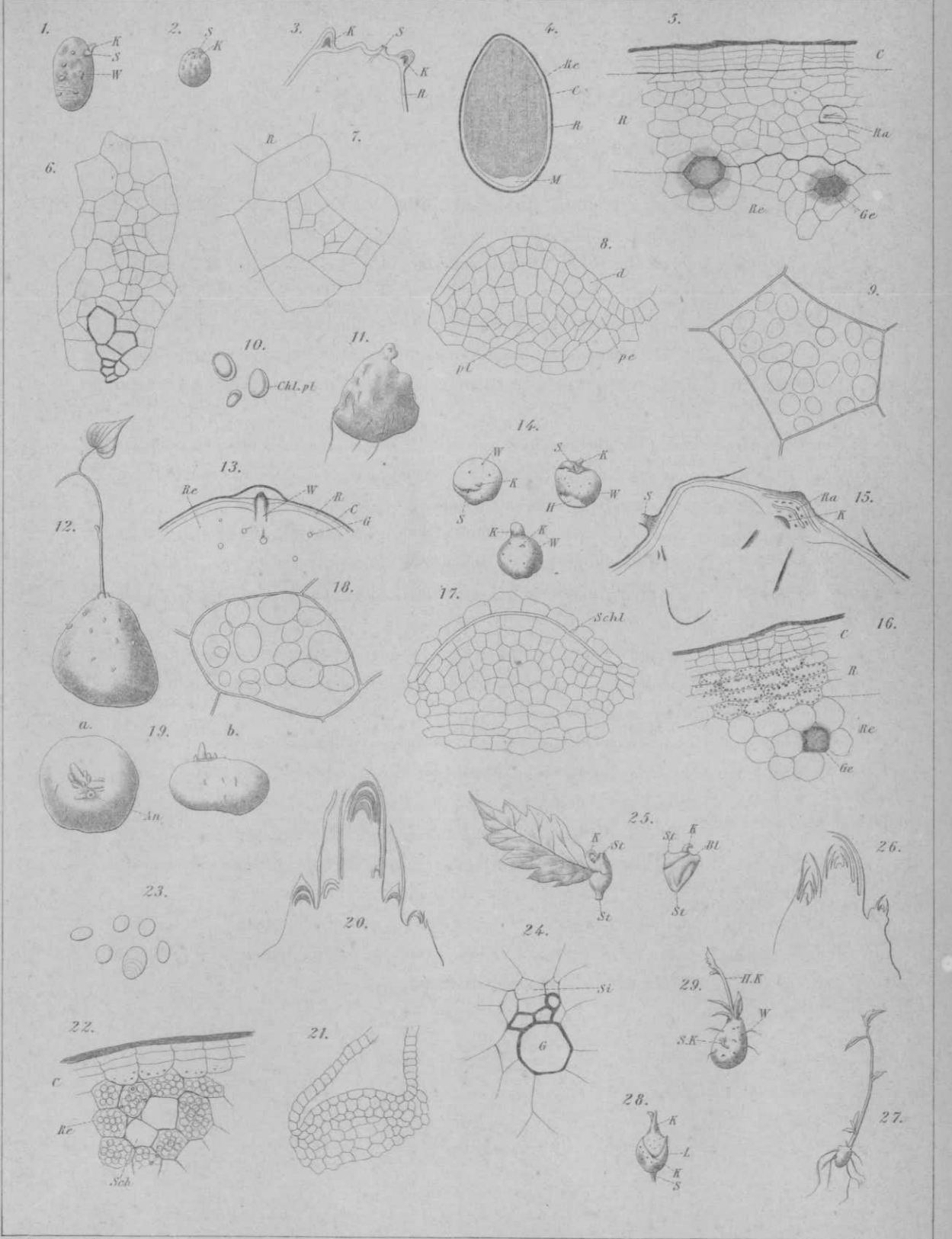
	Seite.
I. Einleitung	1.
II. Methodik und Versuchsmaterial	2.
III. Form und Struktur der reifen Bulbillen	4.
IV. Wachstumserscheinungen.	16.
V. Keimung	22.
a. Keimungsvorgänge	23.
b. Umsatz der Reservestoffe	29.
VI. Zusammenfassung	43.

LEBENSGESCHICHTE DER STENGEL-BULBILLEN EINIGER ANGIOSPERMEN.

TAFEL I.

- Fig. 1.** Reifes Luftknöllchen von *Dioscorea Batatas* (Stammpflanze: Nagaimo). Nat. Grösse. *S* Stiel, *K* Knospe, *W* Wurzelanlage.
- Fig. 2.** Junges Knöllchen, das in Länge und Dicke fast gleich ist. *D. Batatas* (Nagaimo). Nat. Grösse. *K*, *S* wie oben.
- Fig. 3.** Zwei Knospen (*K*) und Stiel (*S*) bei einem Knöllchen. *D. Batatas* (Nagaimo). *R*, Rinde, Vergr. ca. 10.
- Fig. 4.** Wachstumszone (*M*) unter der Rinde des den Knospen entgegengesetzten Endes. *C* Kork, *R* Rinde, zwei Mal vergrössert. (Nagaimo.)
- Fig. 5.** Querschnitt durch Reserveteil der Luftknöllchen von Nagaimo. *C*, *R* wie oben, *Ra* Raphiderzelle, *Ge* Gerbstoffschlauch. *Re* Reserveparenchym, wo Stärkekörner, um das Gewebe durchsichtig zu machen, durch Chloralhydrat beseitigt wurden. Vergr. 85.
- Fig. 6.** Ein Gefässbündel in Knöllchen von Nagaimo. Vergr. 370.
- Fig. 7.** Eine Initialzelle des Gefässbündels in Knöllchen von Nagaimo. Vergr. 600.
- Fig. 8.** Vegetationspunkt der Knospen der Luftknöllchen von Nagaimo. *d* Dermatogen, *pe* Periblem, *pl* Plerom. Vergr. 600.
- Fig. 9.** Eine Reserveparenchymzelle mit Stärkekörnern. (Nagaimo.) Vergr. 600.
- Fig. 10.** Chloroplasten (*Chl. pl.*) mit Stärkekörnern in peripherischen Reserveparenchymzellen, Nagaimo. Vergr. 600.
- Fig. 11.** Wurzeltreibendes Luftknöllchen von *D. Batatas* (Kultursorte Tsukune.)
- Fig. 12.** Sprosstreibendes Luftknöllchen von *D. Batatas* (Kultursorte Teimo.)
- Fig. 13.** Wurzelanlage (*W*) und zerstreute Gefässbündel (*G*) beim Querschnitte der Luftknöllchen von *D. Batatas*. Stammpflanze, etwas vergrössert.

- Fig. 14.** Drei Luftknöllchen von *D. japonica*. *K, S, W* wie oben, *H* helles Ende.
- Fig. 15.** Längsschnitt durch Knospe und Stiel der Knöllchen von *D. japonica*. *Ra* Raphidonzelle. Vergr. 60.
- Fig. 16.** Querschnitt der Luftknöllchen von *D. japonica*. Vergr. 85. Bezeichnung wie oben.
- Fig. 17.** Vegetationspunkt der Knospe der Luftknöllchen von *D. japonica*. *Schl* Schlitz zwischen Vegetationspunkt und Schutzschuppe. Vergr. 370.
- Fig. 18.** Eine Reservparenchymzelle mit Stärkekörnern von *D. japonica*. Vergr. 600.
- Fig. 19.** Ein Luftknöllchen von *Laportea bulbifera* von oben (*a*) und den Seiten (*b*) gesehen. Hier sind drei grosse und sieben kleine Knospenteile zu beobachten. *An* Anheftungsstelle. Vergr. 3.
- Fig. 20.** Querschnitt durch Knospenteil der Luftknöllchen von *Laportea*. Sechs Vegetationspunkte sind zu sehen. Vergr. 30.
- Fig. 21.** Vegetationspunkt der Knospen der Luftknöllchen von *Laportea*. Vergr. 370.
- Fig. 22.** Querschnitt durch den Reserveteil der Luftknöllchen von *Laportea*, *C* und *Re* wie oben. *Sch* Schleimzelle. In *Re* befinden sich reichlich Stärkekörner. Vergr. 370.
- Fig. 23.** Exzentrische Stärkekörner von *Laportea*. Vergr. 600.
- Fig. 24.** Ein Gefässbündel in den Knöllchen von *Laportea*. Vergr. 370.
- Fig. 25.** Luftknöllchen von *Elatostema umbellatum* var. *majus*. *Bl* abgetrennte Stelle des Blattes, *St* abgetrennte Stelle des Stengels, *K* Knospenteil.
- Fig. 26.** Längsschnitt durch Knospenteil der Knöllchen von *Elatostema*. Vergr. 30.
- Fig. 27.** Gekeimtes Luftknöllchen von *Elatostema*.
- Fig. 28.** Ein Luftknöllchen von *Begonia Evansiana*, *K, S* wie oben, *L* Lentizelle.
- Fig. 29.** Gekeimtes Luftknöllchen von *Begonia*. Hauptknospe (*H.k.*) Seitenknospe (*S.k.*) und Wurzel sind entwickelt.



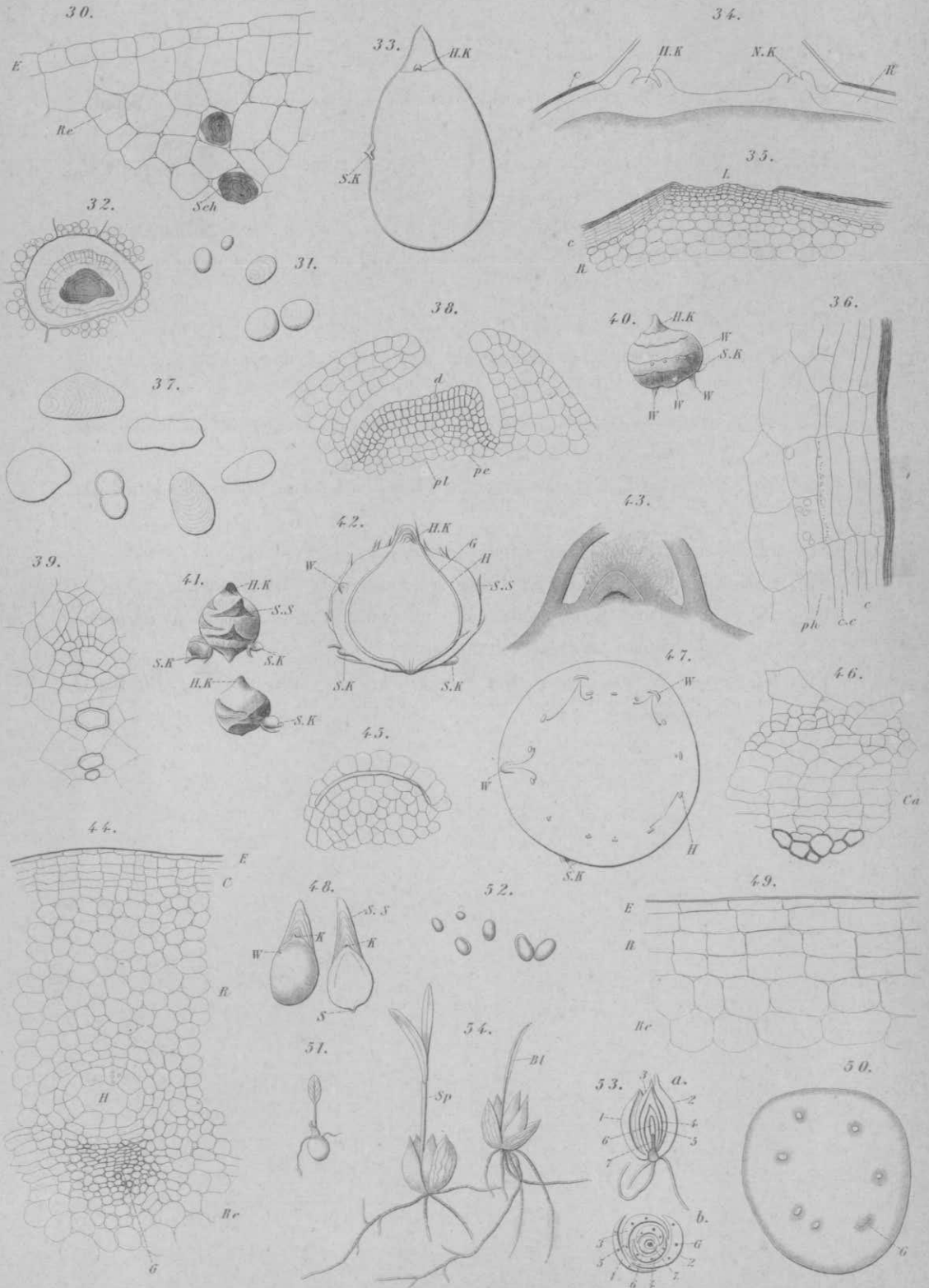
H. NAKANO.

LEBENSGESCHICHTE DER STENDEL-BULBILLEN EINIGER ANGIOSPERMEN.

TAFEL II.

- Fig. 30. Querschnitt durch Reserveteil der Luftknöllchen von *Elatostema*, *E* Epidermis, *Sh* und *Re* wie oben. Stärkekörner sind beseitigt. Vergr. 370.
- Fig. 31. Stärkekörner in den Knöllchen von *Elatostema*. Vergr. 600.
- Fig. 32. Eine Schleimzelle in den Knöllchen von *Elatostema*. Vergr. 370.
- Fig. 33. Längsschnitt durch Seitenknospe und Hauptknospe (*H.k*) der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. ca. 3.
- Fig. 34. Längsschnitt durch Haupt- und Nebenknospe (*N.k*) an der Spitze der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 60.
- Fig. 35. Querschnitt durch eine Lentizelle (*L*) der Luftknöllchen von *Begonia*. *C*, *R* wie oben. Vergr. 85.
- Fig. 36. Querschnitt der Knöllchen von *Begonia*. *C* Kork, *c.c* Phellogen, *ph* Phelloderm. Vergr. 370.
- Fig. 37. Monadelphische und diadelphische Stärkekörner der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 600.
- Fig. 38. Längsschnitt durch Vegetationspunkt der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 370.
- Fig. 39. Ein Gefäßbündel in den Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 600.
- Fig. 40. Ein Luftknöllchen von *Cacalia bulbifera*. Schutzschuppen (*s.s*) wurden weggenommen. *W*, *H.k*, *S.k*, wie oben.
- Fig. 41. Ein oder zwei Seitenknospen sind zum Knöllchen vergrössert. *s.s* Schutzschuppen. *Cacalia bulbifera*.
- Fig. 42. Längsschnitt durch Knospen und Stiel der Knöllchen von *Cacalia*. Schutzschuppen grösstenteils entfernt. *H* Harzgang. Etwa zweimal vergrössert.

- Fig. 43.** Längsschnitt durch Hauptknospe der Knöllchen von *Cacalia*. Schuttschuppen behaart. Vergr. 60.
- Fig. 44.** Querschnitt durch Reserveteil der Knöllchen von *Cacalia*. *E, C, R, G, H, Re* wie oben. Vergr. 85.
- Fig. 45.** Ein Vegetationspunkt der Knöllchen von *Cacalia*. Vergr. 370.
- Fig. 46.** Ein Gefässbündel in den Knöllchen von *Cacalia*. *Ca Cambium*. Vergr. 370.
- Fig. 47.** Querschnitt der Knöllchen von *Cacalia*. *W, G, H, S, k*, wie oben.
- Fig. 48.** Längsschnitt der Luftknöllchen von *Polygonum viviparum*. *K, S, s.s, W*, wie oben. Vergr. 3.
- Fig. 49.** Längsschnitt durch Reserveteil der Knöllchen von *Polygonum*. *E, R, Re*, wie oben. Vergr. 270.
- Fig. 50.** Querschnitt durch Reserveteil, wo Gefässbündelring deutlich zu sehen ist. *Polygonum*.
- Fig. 51.** Gekeimtes Knöllchen von *Polygonum*.
- Fig. 52.** Stärkekörner in den Knöllchen von *Polygonum*. Vergr. 600.
- Fig. 53.** Längs- und Querschnitt der Luftzwiebelchen von *Lilium tigrinum*. Gefässbündel im Blättchen punktiert.
- Fig. 54.** Zwei Keimungsmodi der Luftzwiebelchen von *Lilium*. *Bl. Blatt*, *sp Spross*.



LEBENSGESCHICHTE DER STENGEL-BULBILLEN EINIGER ANGIOSPERMEN.

TAFEL III.

- Fig. 55. Querschnitt durch ein Reserveblättchen der Zwiebelchen von *Lilium*. *a* äussere, *i* innere Seite, *Ant* Antocyan und Chlorophyll enthaltende Zellen, *Chl* Chlorophyllführende Zellen. Vergr. 60.
- Fig. 56. Eine Reserveparenchymzelle in den Zwiebelchen von *Lilium*. *St* Stärkekörner, *Al* Aleuronkörner, *N* Nucleus. Vergr. 600.
- Fig. 57. Stärkekörner in Reserveparenchymzellen der *Lilium*-Zwiebelchen. *c.p.* Chloroplasten. Vergr. 600.
- Fig. 58. Vegetationspunkt mit Blattanlage der Luftzwiebelchen von *Lilium*. Vergr. 85.
- Fig. 59. Ein Gefässbündel in Reserveblättern von *Lilium*. Vergr. 370.
- Fig. 60. Aleuronkörner (*Al*), etwas verflüssigt bei der Keimung. *U.E* formloses Eiweiss. Vergr. 370.
- Fig. 61. Luftzwiebelchen von *Allium nipponicum*. Gefässbündel mit Scheide beim Querschnitt punktiert.
- Fig. 62. Längs- und Querschnitt der Luftzwiebelchen von *Allium scorodoprasum*. *R.s* Reserveblätter, *Ku* Zwiebelkuchen.
- Fig. 63. Querschnitt des Reserveblättchens von *A. scorodoprasum*. Gefässbündelscheide (*G.s*) getrübt. Vergr. 60.
- Fig. 64. Ein Gefässbündel mit Scheide (*G.s*) in den Zwiebelchen von *A. scorodoprasum*. *G* Gefäss, *S* Siebröhren. Vergr. 370.
- Fig. 65. Längsschnitt von Fig. 64. Vergr. 370.
- Fig. 66. Längsschnitt durch Knospe der Zwiebelchen von *A. scorodoprasum*. Vergr. 60.
- Fig. 67. Vegetationspunkt der Zwiebelchen von *A. scorodoprasum*. Vergr. 85.

- Fig. 68.** Keimung der Luftzwiebelchen von *A. scorodoprasum*.
- Fig. 69.** Luftzwiebelchen von *Sedum Alfredi*.
- Fig. 70.** a. Querschnitt durch Reserveblättchen von *Sedum*-Zwiebelchen
 b. „ „ echtes Blatt von *Sedum*. a. u. b. Vergr. 60.
- Fig. 71.** Verschieden gestaltete Stärkekörner im Reserveparenchym des *Sedum*-Zwiebelchens. *d.a* diarches Stärkekorn, *di* diadelphische, *Tr* triadelphische, *c.z* konzentrisches Stärkekorn, *L.p* Leucoplasten. Vergr. 600.
- Fig. 72.** Gekeimtes Luftzwiebelchen von *Sedum*.
- Fig. 73.** Knollenanlage (*K.a*) bei Knöllchen-Trieb von *Dioscorea Batatas*.
- Fig. 74.** Anfang der Knollen bei der Basis des aus Luftknöllchen getriebenen Stengels von *D. Batatas* (Stammpflanze). *C*, *R*, *G* und *M* wie oben, *Sc* Sclerenchymring, *K.a* Knollenanlage, *Bu* Luftknöllchen, *st.* Stengel. Vergr. 20.
- Fig. 75.** Anfang der Knollen bei Knöllchen-Trieb von *Begonia Evansiana*. *St*, *W*, *K*, *Bu*, *K.a*, wie oben.

