Studien zur Verlaubung und Verknollung von Sproßanlagen bei Wasserkultur.

Von **J. Doposcheg-Uhlár.**

(Mit 6 Abbildungen im Text.)

In meiner Arbeit „Studien zur Regeneration und Polarität der Pflanzen“ (1911) hatte ich durch Wasserkultur von Sproßstecklingen verschiedener Gesneraceen gefunden, daß an den untergetauchten Achsen bei normaler Konzentration der Lösung Laubsprosse, bei sehr niedriger Konzentration oder im nahrungsfreien Wasser Zwiebelknöllchen entstanden. Diese Beobachtung trat in Gegensatz zu einem Versuch Noël Bernard's (1909), welcher durch Wasserkultur aus den Luftknospen von Kartoffelstecklingen in der nährstoffreichen Lösung Knöllchen, in der nährstoffarmen aber Laubsprosse erhielt. Aus beiden Versuchen schien aber die Tatsache zu folgen, daß das Konzentrationsverhältnis der Nahrungsstoffe allein ausschlaggebend sei, ob aus den vorhandenen Knospen ein Laubsproß oder ein Speicherorgan entstehen soll. Wenn dies tatsächlich der Fall wäre, so erscheint die Gegensätzlichkeit in den beiden Versuchsergebnissen sehr auffallend. Ich hatte zwar darauf (pag. 74) hingewiesen, daß Bernard's Kartoffelstecklinge zum Versuche ohne Blätter verwendet wurden, daß meine Pflanzen aber an der Luft des Blattapparates nicht entbehrten. Doch konnte dieser Umstand, ebenso wie die Tatsache, daß in einem Falle die Triebe an der Luft, im anderen aber im Wasser sich entwickeln, keine Erklärung für die genannten Unterschiede geben. Um nun einerseits hierfür irgendwelche Anhaltspunkte zu finden, andererseits um die früheren Resultate überhaupt auch zu überprüfen, stellte ich im Frühjahr 1911 eine neue Versuchsreihe auf.

1. Versuche mit Achimenes 1911.

Verwendet wurden hierzu Stecklinge von Achimenes candida L. und die ihr sehr ähnliche Gartenvarietät Achimenes Haageana, die sich in den früheren Versuchen als in gleicher Weise reagierend er-

wiesen hatten. Diese Pflanzen werden gewöhnlich aus den für die Gesneraceen charakteristischen Ausläufern, den Zwiebelknöllchen (1911, pag. 54) aufgezogen. Ihr normaler Entwicklungsgang bei Topfkultur ist folgender:

Die Spitze des Knöllchens treibt einen ca. 20 cm Höhe erreichenden Sproß mit dekussierten Blättern.

In den Achseln der unteren Blätter (1—2 Knoten) werden Laubsproßknospen, höher oben ausschließlich Blütenknospen angelegt. Aus den Laubknospen entstehen Seitenzweige, die den Entwicklungsgang des Hauptsprosses wiederholen. Die aus den Blütenknospen entspringenden weißen Blüten (bei Achimenes Haageana rot) haben an der Basis ihres Blütenstieles zwei kleine lineale Vorblätter, aus deren Achseln sich wieder Blüten, an diesen Blüten in dritter Folge entwickeln können; bei manchen Pflanzen findet man jedoch nur Einzelblüten. An den in der Erde befindlichen Knoten bilden sich schon bald mit der Erstarkung der Pflanze Zwiebelknöllchen, die am Schlusse der Wachstumsperiode bis 2 cm lang sein können; das alte Knöllchen geht zugrunde. Laubsprosse sah ich bisher aus den unterirdischen Teilen nur in zwei Fällen in Erscheinung treten, obwohl ich in den letzten Jahren mehrere hundert Pflanzen am Ende der Vegetationsperiode ausgetopft hatte. Auch diese Ausläufer hatten an der Spitze Knöllchen gebildet.

Am Ende der Vegetationszeit kann die Sproßspitze, die bis dahin ununterbrochen Blütenknospen erzeugt hatte, wieder vegetativ werden, indem sie sich in ein grünes Knöllchen verwandelt (Goebel 1908, pag. 190) und auch an allen übrigen Vegetationspunkten, in den Blattachseln und in den Vorblättern der Blüten können grüne Knöllchen auftreten. Der Hauptsproß geht hernach zugrunde, die Luftknöllchen dienen ebenso wie die Erdknöllchen als Vermehrungsorgane.

Die Versuchspflanzen wurden Ende März angetrieben und Mitte Mai, nachdem sie eine Höhe von ca. 20 cm erreicht und bereits Blütenknospen angesetzt hatten, zum Versuche verwendet. Zu diesem Zwecke wurden sie oberhalb des Erdbodens abgeschnitten, die Blätter entfernt, ausgenommen an den zwei obersten Knoten, die Achselknospen aber belassen. Nach Erneuerung der basalen Schnittfläche unter Wasser kamen je drei Stecklinge in ein Litergefäß. Es befand sich sonach von der Achse ein 6—7 cm langer Teil in der Lösung, 1—2 cm Länge waren im freien Raume zwischen Lösungsoberfläche und Kork und über dem Kork war ein 2—3 cm langes Sproßstück mit zwei Blattpaaren, von denen das obere meist noch nicht völlig erwachsen war.

In den Lösungen wurden folgende Konzentrationen verwendet:

Nährlösung Tollens: normal, doppelt normal, $^1/_2$—$^1/_{10}$ normal; von der Crone: normal; Chlorkalium: 0,25—0,5—1,0—2,0 g; Rohrzucker: 1,0—2,5—5 g; destilliertes Wasser. Normale Kulturbedingungen im Gewächshaus.

Außerdem eine Feuchtkultur unter Glasglocken mit den Konzentrationen: Tollens normal; von der Crone normal; destilliertes Wasser.

Ferner noch eine Gruppe Tollens normal, welcher von Zeit zu Zeit die Wurzeln abgeschnitten wurden.

Die Nährlösung Tollens wurde bevorzugt, weil sie das Herstellen der erforderlichen Konzentrationen aus Vorratslösungen leicht ermöglicht. Chlorkalium und Rohrzucker wurden in Anlehnung an die Versuche Bernard's verwendet.

Jede Konzentrationsgruppe bestand aus sechs Pflanzen in zwei Gefäßen, ausgenommen die Konzentrationen Tollens normal und destilliertes Wasser, wo je neun Pflanzen in drei Gefäßen zur Anwendung kamen. Im ganzen 118 Pflanzen. Die Lösungen wurden alle 14 Tage erneuert, ausgenommen die Rohrzuckerlösungen, welche jeden dritten Tag gewechselt wurden. Während dieses Wechsels und des Reinigens der Gefäße wurden die Stecklinge in Leitungswasser gestellt. Kulturdauer bis Ende August, also $3^1/_2$ Monate.

2. Versuchsergebnisse 1911.

In folgendem sollen, für jede Konzentrationsgruppe gesondert, die bei Abschluß des Versuches in der Lösung resultierenden Verhältnisse kurz dargelegt werden. Sonstige Wachstumsergebnisse werden nur erwähnt, wenn sie vom Normalen abweichen und Beziehung haben könnten zum Wachstum der Unterwasserteile. Im übrigen werden die im Bereiche des Chlorophyllapparates aufgetretenen Unregelmäßigkeiten gemeinsam mit den Ergebnissen der Versuche des nächsten Jahres (1912) erörtert werden.

Tollens normal. Kultur I: Knöllchen in Laubsprosse übergehend (1)[1]), Knöllchen und Laubsprosse (2), Laubsprosse, die an der Spitze in Knöllchen übergehen gleichzeitig mit Knöllchen (3). Kultur II: Nur Knöllchen (1), Laubsprosse und Knöllchen (2), nur Laubsprosse (3).

---

1) Die in Klammern stehenden Ziffern dienen zur Unterscheidung der Stecklinge eines Kulturgefäßes.

Letztere Pflanze unten angefault, abgeschnitten, klein geblieben. Oben zum Schlusse überall Knöllchen. Kultur III: Nur Knöllchen (1, 2, 3). Luftknöllchen nur an der Basis bei (1, 2).

Von der Crone normal. Kultur I: Nur Laubsprosse (1, 2, 3), keine Luftknöllchen. Kultur II: Nur Knöllchen (1, 2, 3), Luftknöllchen (1, 2, 3).

Wir finden hier also bei ein und derselben Konzentration, ja in ein und demselben Gefäße Knöllchen, Laubsprosse, Knöllchen, welche in Laubsprosse und Laubsprosse, welche in Knöllchen übergehen. Diese Unterschiede können sogar an einer Pflanze in Erscheinung treten. Bei meinen früheren Versuchen erhielt ich mit geringen Ausnahmen bei dieser Konzentration nur Laubsprosse. Die Höhe der Konzentration erscheint hier von keinem Einflusse auf die morphologische Qualität der Unterwassersprosse.

Tollens doppelt normal. Kultur I: An allen drei Pflanzen sehr geringe Wurzelbildung, angefault, mußten wiederholt gekürzt werden. Nur Knöllchen (1, 2, 3), oben ebenfalls nur Knöllchen, keine Blüten. Luftknöllchenbildung begann schon nach 10 Tagen, sonst erst zum Schluß des Versuches. Einfluß seitens des Mangels an Wurzeln. Kultur II: Pflanze 2 und 3 zugrunde gegangen, Pflanze 1 hatte nach einen Monat Kulturdauer noch keine Wurzeln, kam in Leitungswasser. Unten Knöllchen, blieb oben klein, zwei Blüten. Diese Konzentration der Nährlösung war zu hoch, sie kommt daher nicht in Betracht.

Tollens $^1/_2$ normal. Kultur I: Nur Knöllchen (1, 2, 3), einzelne treiben aus (2). Oben keine Blüten (1, 2, 3), sehr reichlich Knöllchen (1), Laubsprosse und spärlich Knöllchen (2, 3). Kultur II: Pflanze 1 und 2 zugrunde gegangen, 3 hat unten und oben Knöllchen, oben auch Blüten. Auch hier keine Einheitlichkeit.

Tollens $^1/_{10}$ normal. In beiden Kulturen unten Knöllchen, teilweise in Laubsprosse übergehend, bei (6) auch ein Tochterknöllchen; oben nur Knöllchen, bei (5) auch eine Blüte. Knöllchenbildung also vorherrschend.

Destilliertes Wasser. Kultur I: Wurzelwachstum sehr gering, Pflanzen klein und chlorotisch, wurden in Leitungswasser übersetzt. Unten Knöllchen, oben nur bei (2) eine Blüte. Kultur II: Wurzelbildung etwas besser, aber auch hier kleine Pflanzen. Unten Knöllchen, oben Blüten. Kultur III: Wurzelbildung schlecht. Unten Knöllchen (1, 3), Laubsprosse bei (2); an dieser Pflanze oben ebenfalls Laubsprosse, sonst nur Knöllchen (1, 3), keine Blüten (1, 2, 3). Giftwirkung des destillierten Wassers, aber auch hier Ergebnisse ungleich.

Tollens normal, unter Glasglocke. Kultur I: Pflanzen klein, aber gesund. Unten Knöllchen (1, 3), ein Knöllchen und ein Laubsproß (2). Oben Knöllchen und Laubsprosse, keine Blüten. Kultur II: Besseres Längenwachstum. Unten geschlossene und offene Knöllchen (Übergangsbildungen), oben Knöllchen und Blattrosetten (1, 2), Laubsprosse bei (3). Keine Blüten (1, 2, 3). Auch hier keine Einheitlichkeit an den Unterwassergebilden, oben fällt der Mangel an Blüten auf.

Destilliertes Wasser, unter Glasglocke. Kultur I: Wurzeln spärlich, Pflanzen klein. Knöllchen unten und oben, nur bei (2) Blüten. Einfluß der Feuchtkultur nicht erkennbar.

Tollens normal, ohne Wurzeln: In beiden Kulturen unten weder Knöllchen noch Laubsprosse, oben Blüten und Knöllchen (I), Laubsprosse (II). Wachstum zurückgeblieben.

Chlorkalium 0,25—0,50—1,0 g. Schlechte Bewurzelung, Pflanzen klein und chlorotisch, wurden 6. Juni in Tollens $^1/_2$ normal übersetzt. Wuchsen hernach gut heran, zum Schlusse in Lösung teils Knöllchen, teils Laubsprosse.

Chlorkalium 2 g: Die Pflanzen gingen zugrunde.

Rohrzucker 1,0—2,5—5,0 g: Wegen Bakterienbildung zeitweise in Leitungswasser übersetzt, schlechtes Wachstum, 15. Juni ebenfalls Tollens $^1/_2$ normal übertragen. Unten nur Knöllchen, oben Blüten und Knöllchen.

Da die Unregelmäßigkeit in der Ausbildung der Unterwassertriebe schon gegen Ende Juni erkannt worden war, wurde um diese Zeit eine neue Versuchsreihe aufgestellt. Die in derselben verwandten 69 Pflanzen waren aber in ihrer Entwicklung schon weiter vorgeschritten als die der früheren Versuchsreihen.

Sie waren kräftiger und größer, standen in dem mittleren Teile der Achse vielfach bereits in Blüte. Sonstige Kulturbedingungen wie früher, Kulturdauer 2 Monate.

Tollens normal, neun Pflanzen: In allen drei Kulturen nur Knöllchenbildung, kein Laubsproß.

von der Crone normal, sechs Pflanzen: Knöllchen (1, 2, 4, 6), halboffene Knöllcheu (3), Knöllchen und Laubsprosse (5).

Knop normal, sechs Pflanzen: Knöllchen (1, 2, 3, 4, 6), Knöllchen und Laubsprosse, die an der Spitze in Knöllchen übergehen (5). Diesmal bietet die Konzentration „normal“ ein ziemlich einheitliches Bild, von 21 Pflanzen zeigen 18, das sind 85%, nur Knöllchen.

Tollens doppelt normal, sechs Pflanzen: Überall nur Knöllchen. Die hohe Konzentration wurde diesmal gut vertragen, schöne Wurzelbildung, gutes Wachstum der ganzen Pflanzen.

Tollens $^1/_2$ normal; sechs Pflanzen: Knöllchen, welche entweder Laubsprosse oder Seitenknöllchen bilden (1, 2, 3, 4, 6), nur Knöllchen (5). In beiden Kulturen eine sehr große Labilität der Triebe.

Tollens $^1/_{10}$ normal, sechs Pflanzen: Nur Knöllchen (1, 2, 3, 4), Knöllchen in Laubsprosse übergehend (5), halboffene Knöllchen (6). In dieser schwachen Konzentration die Knöllchenbildung vorherrschend, eine Tatsache, die mit meinen früheren Versuchen übereinstimmt.

Leitungswasser, 12 Pflanzen: Sie gediehen recht gut. Bei 10 Pflanzen nur Knöllchen, bei 2 Pflanzen Laubsprosse, an der Spitze in Knöllchen übergehend. Also 83 % Knöllchen, in der nährstoffarmen Flüssigkeit dasselbe Ergebnis wie in der Konzentration normal.

Destilliertes Wasser, sechs Pflanzen: Wurzelwachstum schlecht, Pflanzen klein und chlorotisch. Knöllchen, ausgenommen bei einer Pflanze, wo Mittelbildungen.

Um den Einfluß geringer Belichtung zu studieren, wurden zwei Kulturen „Tollens $^1/_2$ normal“ und ebensoviele „destilliertes Wasser“ mit schwarzen Pappzylindern umgeben, so daß sie Licht (von einer weißen Decke des Gewächshauses) nur von oben erhalten konnten: Knöllchen bei allen Pflanzen, bei einer Pflanze in Tollens $^1/_2$ normal auch Laubsprosse. Daher ein Einfluß des verminderten Lichtgenusses nicht wahrnehmbar.

3. Wasserkultur von Kartoffelstecklingen 1911.

Um die Kartoffel hinsichtlich ihrer Reaktion bei Wasserkulturen verschiedener Konzentration kennen zu lernen, wurden Anfang Mai zwei Versuchsreihen (Tollens normal und $^1/_{10}$ normal) mit belaubten Stecklingen der Rasse „Erstlinge“ (bezogen von Schmitz-München) aufgestellt.

In jeder Reihe neun Stecklinge mit fünf Blättern, je drei in einem 3 Liter-Kulturgefäße. Die Planzen standen tagsüber an einem offenen Südfenster, sonst im Gewächshause. Ihr Wachstum war gut, die Achsen verlängerten sich in der Kulturzeit bis Ende Juni um 10—15 cm. In der Lösung entstanden Ausläufer, welche an der Spitze und an ihren

Seitenzweigen Knöllchen bis 1 cm Länge erzeugten, und zwar in beiden Versuchsreihen gleichmäßig.

Das Ergebnis ist hier also gleichlaufend wie bei Erdkultur.

4. Versuch 1912.

Die soeben dargelegten Ergebnisse, welche für eine gewisse Unabhängigkeit der Knollenbildung von der Konzentration der Nährlösung sprachen, bewogen mich, das Problem im heurigen Jahre erneuert aufzunehmen, dasselbe aber auf eine einfachere Grundlage zu stellen. Ich verwandte nur zwei Lösungen: Tollens normal und $^1/_{20}$ normal, in jeder Reihe 20 Pflanzen, je zwei Pflanzen in einem Liter-Gefäß. Kulturdauer von Anfang Mai bis Ende September. Das Wachstum war trotz des schlechten Wetters in diesem Sommer sehr gut. Von der Normalreihe gingen eine, von der $^1/_{20}$ Reihe zwei Pflanzen zugrunde. Ein Unterschied in der Gesamtentwicklung zeigte sich darin, daß die Normalpflanzen eine Sproßlänge von durchschnittlich 25 cm mit 10 Knoten erreichten, während die $^1/_{20}$ Pflanzen nur 8 cm lang wurden und hierbei acht Knoten bildeten, also im Wachstum zurückgeblieben waren.

Unter Wasser ergaben sich heuer sehr einheitliche Verhältnisse: Bei „Normal“ zeigten 18 von 19 Pflanzen durchwegs Knöllchen, nur eine Pflanze wies Knöllchen und Laubsprosse auf. In der Hungerlösung befanden sich an 16 von 18 Pflanzen ebenfalls nur Knöllchen. Bei zwei Pflanzen, in verschiedenen Gefäßen, waren Laubsprosse aufgetreten, die zum Schlusse an der Spitze sich in Verknollung befanden. An einer von diesen Pflanzen waren auch Mittelbildungen zwischen Knöllchen und Laubsprossen.

Die Knöllchen waren auch mehrfach verzweigt; es saßen an einem Mutterknöllchen oft bis zu fünf Tochterknöllchen, eine Erscheinung, die auch schon in den Kulturen des vergangenen Jahres wiederholt beobachtet worden war, sich jedoch bei normaler Erdkultur niemals gezeigt hatte, obwohl ich im Laufe der Jahre, wie erwähnt, mehrere Hundert Pflanzen im Herbste ausgetopft hatte, um die Knöllchen für die Versuche aufzuheben. Ferner beobachtete ich an den Knöllchen Verschiedenheiten in der Färbung. Es gab rein weiße, oder ebenso rote und grüne Knöllchen, sodann Übergänge von weiß zu rot. Außerdem kamen Fälle vor, wo ein Teil des Knöllchens rein weiß der andere rein rot war, wobei es eine scharfe Trennungslinie ohne Übergänge gab. In Erde waren mir nur weiße oder rote Knöllchen vorgekommen.

5. Achimenes-Stecklingskultur in Erde. 1912.

Gleichzeitig mit der Wasserkultur wurden heuer auch 12 Stecklinge von Achimenes candida, in gleicher Weise vorbehandelt wie die zur Wasserkultur verwandten, in Erde gesetzt. Dieselben entwickelten sich normal, erreichten aber nicht dieselbe Größe wie die in „Tollens normal“ gezogenen Pflanzen, sie wurden durchschnittlich nur 15 cm hoch, während die letzteren 25 cm Durchschnittshöhe aufwiesen. In Wechselwirkung war auch die Entwicklung des Wurzelsystems eine viel geringere als im Wasser. Bei Untersuchung des in Erde befindlichen Achsenteils am Schlusse der Vegetationsperiode fanden sich nur Zwiebelknöllchen vor, keine Laubsprosse. Also auch hier ein vom Normalen nicht abweichendes Ergebnis.

6. Überblick über die Versuchsergbnisse 1911/12 hinsichtlich der Unterwasserbildungen.

Fassen wir die Versuchsergebnisse der beiden Jahre zusammen, so zeigt sich, daß die Konzentration der Nährstoffe keinen Einfluß darauf hatte, ob aus einer unter Wasser befindlichen Knospenanlage ein Knöllchen oder ein Laubsproß entstand. Es bildeten sich vielmehr unabhängig von der Konzentrationshöhe in überwiegender Mehrheit bei Achimenes Knöllchen, bei Solanum Ausläufer, die sodann in Knöllchenbildung eintraten. Daß aber bei Achimenes im Wasser mehrfach auch Laubsprosse vorkamen, daß Übergangsbildungen zwischen Laubsproß und Knöllchen entstanden, daß ein Knöllchen in einen Laubsproß auswuchs und umgekehrt ein Laubsproß an seiner Spitze verknollte, daß ferner alle diese Erscheinungen an Pflanzen eines Kulturgefäßes sichtbar wurden, ja daß an ein und derselben Pflanze Knöllchen und Laubprosse gebildet wurden, muß wohl als eine spezifische Wirkung der Wasserkultur auf die Entwicklung dieser so überaus plastischen Pflanze angesehen werden.

Meine früher gewonnene Ansicht, daß sich bei hoher Konzentration Laubsprosse, bei niedriger Knöllchen bilden, war also eine irrtümliche, hervorgerufen dadurch, daß der Versuch mit einer zu geringen Zahl von Versuchspflanzen angestellt worden war, so daß das zufällige Auftreten von fast ausschließlich Laubsprossen bei hoher Konzentration den Eindruck der Regelmäßigkeit vortäuschen konnte.

Allerdings ist es die Frage, ob ich die Wasserkultur allein verantwortlich machen soll, für die geschilderte Labilität der Entwicklung, ob nicht die Art und Weise, wie die Wasserkultur gehandhabt wurde, so eigentlich mitbestimmend war.

Ich schilderte eingangs, daß die Lösungen, um sie möglichst auf derselben Konzentrationshöhe zu erhalten, alle 14 Tage gewechselt wurden, daß die Pflanzen bei dieser Gelegenheit mit ihrem Wurzelsystem in Leitungswasser kamen, welches speziell im Sommer 1911 oft viel kälter war als die Lösungsflüssigkeit. Diese Vorgänge sind nun in ihrer Schroffheit, mit der sie auf das Wurzelsystem wirken, vielleicht dazu angetan, eine im statu nascendi befindliche Knospe in der einen oder anderen Richtung zu beeinflussen.

Denn wenn wir uns den Unterschied zwischen der Ausbildung eines Knöllchens und eines Laubsprosses vor Augen halten, so besteht derselbe, rein äußerlich genommen, darin, daß bei einem Überschuß an organischen Baustoffen die Knospe vorwiegend in die Breite wächst, die Achse gestaucht bleibt, wobei gleichzeitig die Blätter sich mit Speicherstoffen anfüllen, klein bleiben und nicht ausmodelliert werden. Im anderen Falle fehlt die Speicherung der Reservestoffe, es überwiegt das Längenwachstum und die Blätter nehmen ihre charakteristische Gestalt an, die bei Dunkelkultur allerdings nur bis zu einem gewissen Grade erreicht wird. Es wäre also wohl möglich, daß in einer sensiblen Periode der Knospe durch eine plötzliche Änderung der Kulturbedingungen, durch Aktivierung und Inaktivierung von Enzymen und Proenzymen (Palladin 1910) der Zufluß der Assimilate zur Knospe gefördert oder unterbrochen wird. Denn die angeführten plötzlichen Veränderungen kommen bei Erdkultur ja niemals vor; das Wurzelsystem kann sich Änderungen irgendwelcher Energiehöhen, z. B. beim Austrocknen, bei Temperaturdifferenzen viel leichter anpassen.

Besonders auffallend zeigte sich die Labilität in der Gestaltung der Knospen in einem früher geschilderten Falle (1911, pag. 66), wo ein Knöllchen an der Spitze zum Laubsproß übergegangen war, der sich aber hernach wieder zum Knöllchen verdichtete, so daß nun zwei Knöllchen an einer Achse, getrennt durch ein Stück Laubsproß, übereinander standen.

Auch der bereits erwähnte Unterschied in der Färbung der Knöllchen, daß eine weiße Hälfte von einer roten Hälfte scharf geschieden ist, mag ebenfalls für das Stoßweise der Veränderung Zeugnis geben.

Wir wissen aus den Untersuchungen von Schreiner und Sullivan (1911), daß die Wurzeln in dem Nährmedium sowohl reduzierend als oxydierend wirken, daß Oxydation und Reduktion gleichzeitig vor sich gehen. Es ist klar, daß meine Kulturmethode auch in dieser Hinsicht sehr starke und plötzliche Veränderungen der Wurzeltätigkeit hervor-

rufen kann. Doch genügt es, die eventuellen Ursachen der Labilität nur anzudeuten, da dieselben in bezug auf ihre Wahrscheinlichkeit experimentell noch nicht geprüft werden konnten.

7. Bernard's Versuche mit Kartoffelstecklingen.

Meine Versuchsergebnisse des Jahres 1911 veranlaßten mich, auch Bernard's Kartoffelversuche zu überprüfen. Bevor ich an die Darlegung dieser Arbeiten gehe, will ich zuerst den Bernard'schen Versuchsvorgang schildern. In seiner Arbeit „L'Evolution dans la Symbiose" (1909, pag. 163) führt er nur die Resultate seiner diesbezüglichen Untersuchungen an: Knollenbildung bei hoher, Laubsproßbildung bei geringer Konzentration der Lösung. Diese Tatsache soll ein Beispiel dafür sein, daß an Stelle des Pilzes, welcher der Pflanze die zur Knöllchenbildung nötige Konzentration der Nährstoffe bietet, der Experimentator treten könne. Er verweist bezüglich der Detaildarstellung auf seine Arbeit: Conditions physiques de la tubérisation chez les plantes (1902). Hier tritt er zuerst den Untersuchungen Laurent's (1887) entgegen. Dieser hatte an entstärkten Solanumstecklingen durch Kultur in Zuckerlösungen bei Lichtabschluß Knöllchen erhalten und meint, daß man zur Knollenbildung eines Pilzes entbehren könne, daß die Pilzhypothese Bernard's hier eine Lücke aufweise. Um nun diesem Einwurf entgegenzutreten, macht Bernard folgenden Versuch: Stecklinge der Kartoffelfrührasse „Viktor" werden nach Entfernung der Sproßspitzen in 50 qcm Glasgefäße mit verschieden konzentrierten Lösungen von Saccharose, Glukose, Glyzerin und Chlorkalium gebracht. Sämtliche Stecklinge einer Serie wurden sodann unter einer Glasglocke bei zerstreutem Licht und einer Temperatur von 15—20° C kultiviert. Die Lösungen wurden oft gewechselt und die unteren Schnittflächen wiederholt erneuert. Versuchsdauer 15 Tage bis 1 Monat.

Bernard findet nun, daß über einer gewissen „concentration critique" Knöllchen, unter derselben Laubsprosse entstehen, wobei das Minimum der Konzentration für Knollenbildung variiert und abhängig ist von dem Alter der Versuchspflanzen.

Er führt als Beispiel folgende Grenzkonzentration an:

	Glukose	Chlorkalium
Gewichtsteile in 1000 qcm	1,8—2,7 g	0,49—0,73 g
Gefrierpunktserniedrigung	0,22—0,33 g	0,24—0,36 g

Daraus ist zu ersehen, daß die Gefrierpunktserniedrigung der kritischen Konzentration in beiden Fällen dieselbe ist. Es kommt daher

bei der Knollenbildung gar nicht auf die spezifischen Eigenschaften der gelösten Substanzen an, sondern nur auf die Anzahl der Moleküle oder Ionen, welche in Lösung sind. Lösungen von derselben Anzahl Moleküle aber haben dieselbe Gefrierpunktserniedrigung, dieselbe Dampfspannung, denselben osmotischen Druck und wirken daher in gleicher Weise auf die Knospen ein. Daher hängt die Verknollung einer Knospe nur von der Konzentration der Lösung ab. Diese Konzentration aber können die Pilze herbeiführen. Daher ist Laurent's Einwurf nicht stichhaltig.

Mein Überprüfungsversuch wurde folgendermaßen ausgeführt:

Ich machte am 1. Juni von der „Sechswochen-Kartoffel" (bezogen von Schmitz in München), ca 20 cm lange Stecklinge, entfernte den Sproßvegetationspunkt und die Blätter, deren Knospen noch sehr klein waren, gab sie in Erlenmayerkolben von 100 qcm Lösung, wechselte dieselbe jeden 2. Tag und erneuerte die Schnittfläche ebenso oft in der Lösung. Für jede Konzentration wurden 10 Stecklinge verwendet und alle zusammen kamen in einen großen Glaskasten, der von oben und von drei Flanken zerstreutes Licht bekam. Der Kasten selbst stand an der Rückseite eines leeren Gewächshauses. Es herrschten demnach für die ganze Kultur dieselbe Temperatur, Dampfspannung und derselbe Lichtgenuß.

Als Nährlösungen verwandte ich folgende Konzentrationen:

Chlorkalium: 0,5—1,0—1,5—2 g (0,49—0,73);

Glukose: 1,5—3,0—4,0—5 g (1,8—2,7) pro 1 l Wasser.

Die Zahlen in Klammern geben die Bernard'schen Grenzkonzentrationen an. Ich ging also reichlich über dieselben hinaus.

Schon nach 4 Tagen zeigten sich in allen Reihen einzelne Laubsprosse und nach weiteren 3 Tagen hatten sich überall, mit Ausnahme einiger sitzengebliebener Knospen, Laubsprosse entwickelt, nirgends Knöllchen.

Da ich in der Schilderung des Versuches bei Bernard (1902) nicht ersehen konnte, daß er seinen Stecklingen tatsächlich auch die Blätter abgeschnitten habe, 1909 gibt er wohl eine Abbildung ohne Blätter, die konnten aber vielleicht nur in der Zeichnung weggelassen worden sein, so ging ich daran, den Versuch unter sonst gleichen Bedingungen zu wiederholen mit der Ausnahme, daß ich jedem Steckling fünf annähernd gleichgroße Blätter beließ. Ausgangsmaterial war dasselbe wie beim ersten Versuch. Aber auch unter dieser veränderten Ver-

suchsanstellung war das Ergebnis dasselbe, nur Laubsprosse keine Knöllchen.

Während dieser zweite Versuch im Gange war, entdeckte ich in einer Arbeit Bernard's, die zeitlich zwischen den beiden obengenannten gelegen war, „Recherches expérimentales sur les Orchidées" 1904) eine Fußnote, mit welcher er seine Versuchsanstellung (1902) berichtigte. Danach sind die Lösungen nicht auf 1000 ccm, sondern auf 100 ccm Wasser zu nehmen, sind also 10mal so stark zu machen. Damit schienen meine bisherigen Mißerfolge Klärung gefunden zu haben einerseits, andererseits kam ich aber zur Einsicht, daß meine Achimenes-Ergebnisse mit denen Bernard's in gar keinen Vergleich gezogen werden können, da bei einer Salzkonzentration von 5—7 g pro 1000 ccm ein Wurzelwachstum ausgeschlossen erscheint.

Diese neue Kulturbedingung in Rechnung ziehend, stellte ich nun den Versuch zum dritten Male an mit der Rasse „Erstlinge", ebenfalls von Schmitz-München, und zwar je eine Reihe mit und eine ohne Blätter (je fünf Pflanzen), außerdem die gleiche Anzahl von Versuchsserien mit Stecklingen von Solanum Maglia, welches in besonders kräftiger Verfassung zur Verfügung stand. Meine nunmehr ganz sicher erhofften Erwartungen wurden aber auch diesmal nicht befriedigt, es traten immer wieder nur Laubsprosse in Erscheinung.

8. Beurteilung zur Wiederholung des Bernard'schen Versuches.

Das Ergebnis des Bernard'schen Versuches konnte also von mir nicht bestätigt werden. Daraus wäre zu schließen, daß zur Erreichung seiner Resultate noch andere Bedingungen gegeben sein müssen, die bei ihm verwirklicht waren, bei mir aber fehlten. Es wäre da vor allem an die Luftfeuchtigkeit, welche ja ein sehr wichtiger Regulator für die Nahrungsaufnahme ist, zu denken. Aber auch die Lichtmenge, die den assimilierenden Stengeln zukommt, müßte in Vergleich gezogen werden. Laurent (1887) hat ja seinen Versuch im Dunkeln angestellt und dabei in 10—20%iger Saccharoselösung Knöllchen erhalten. Möglicherweise ist auch nur die Rasse „Viktor" so reaktionsfähig. Leider ist aus Bernard's Angaben nicht ersichtlich mit wieviel Versuchspflanzen er arbeitete und mit welchen Prozentverhältnissen sich seine Resultate einstellten. Denn bekanntlich stimmt es bei diesen Versuchen, in die komplizierten Lebenserscheinungen einzugreifen, ja niemals so ganz glatt, und in geringer Zahl angestellte Versuche könnten auch hier zu einer Täuschung Anlaß gegeben haben.

Daß die Konzentration der Nährstoffe auf die Form der Pflanzenorgane einen Einfluß ausübt, trifft ohne Zweifel in vielen Fällen zu. Raciborski (1896) konnte bei dem Pilze Basidiobolus ranorum durch hohe Konzentration die breite Palmellaform, durch niedrige die Fadenform erzeugen. Desgleichen Livingston (1905, 1906) bei der Alge Stigeoclonium; hier konnten die Formveränderungen auch durch Temperaturdifferenzen erreicht werden. Umgekehrt konnte aber Artari (1904) bei der Grünalge Stichococcus bacillaris bei 20% Rohrzucker besonders lange Zellen, bis 12mal so lang als dick, erzielen, während sie in schwachen Konzentrationen nur 2—4mal so lang als breit waren.

Bei höheren Pflanzen kommt noch der Umstand hinzu, daß es sich nicht allein um die Konzentration der Nährstoffe, sondern auch um das Verhältnis der Aschenbestandteile zu den organischen Baustoffen handelt. Speziell bei der Kartoffel wurden an den oberirdischen Teilen derselben Knollen auf mehrfache Weise erzeugt. Knight (1841) und Vöchting (1887) erzeugten sie dadurch, daß sie die unterirdischen Ausläufer verhinderten Knollen zu bilden. Vöchting gelang es, durch Verdunklung sogar an der Sproßspitze Verknollung hervorzurufen. Näheres in der ausführlichen Darlegung bei Goebel (1908, pag. 108ff.).

Molliard (1907) erzielte am Rettich durch Glukosereinkultur Knollenbildung und Goebel (1908) brachte durch Abschneiden des Vegetationspunktes derselben Pflanze Knollen an der Basis der Blätter in Erscheinung.

Aus diesen wenigen Beispielen kann ersehen werden, daß die Verknollung oberirdischer Sproßknospen auf verschiedene Art herbeigeführt werden kann, wobei aber immer die Konzentration der Säfte eine Rolle spielt. Ob die von Bernard in seinem Versuche geschaffenen Bedingungen allein genügen, um entweder Knollen oder Laubsprosse hervorzurufen, scheint mir zweifelhaft.

9. Abnorme Entwicklungen im Bereiche des Chlorophyllapparates.

Waren bisher nur die Unterwasserteile der Stecklinge hinsichtlich ihrer Bildungsmöglichkeiten betrachtet worden, so verdienen nunmehr die in beiden Versuchsjahren im Bereiche des Chlorophyllapparates aufgetretenen Unregelmäßigkeiten keine geringere Beachtung, da sie eine wichtige Ergänzung des bisher gewonnenen Bildes bieten.

1. Ich erwähnte bereits eingangs, daß im normalen Entwicklungsgange der Achimenes-Pflanze in den Blattachseln der unteren Nodi Laubsprosse entstehen, höher hinauf aber in ungestörter Folge Blüten oder Blütenstände auftreten, daß ferner am Schlusse der Vegetationszeit an der Spitze des Sprosses, an Blättern und Blüten grüne Luftknöllchen in Erscheinung kommen können. Die Versuchsstecklinge waren, wie ebenfalls bereits ausgeführt, nun so gewählt worden, daß sie an den zwei an der Luft befindlichen Knoten bereits Blütenknospen aufwiesen, ebenso wie in den Achseln der noch unentwickelten Blätter der Spitzenknospe. Es fiel mir nun im Verlaufe des Wachstums auf, daß in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle diese Blütenknospen der erwachsenen Blätter sich nicht weiter ausbildeten, daß sie „sitzen" blieben, während die nächst höheren Blütenknospen zur normalen Entwicklung, zur Streckung des Blütenstieles und zur Entfaltung der Blüten kamen.

Es hatte den Anschein, als ob nach der Verwundung der Pflanzen und während der anfänglich geringeren Wasseraufnahme infolge des mangelnden oder noch ungenügenden Wurzelsystems diese Knospen auf Kosten der sich entwickelnden Sproßspitze ausgesogen worden wären.

Neben diesen sitzen gebliebenen Blütenknospen entstanden später Laubsprosse (Fig. 2, 3, 4), die ihrerseits wieder zur Blütenbildung schreiten konnten, oder Blattrosetten mit kleinen grünen Blättchen (ein Gegenstück zu den halboffenen Knöllchen im Wasser), oder gegen Ende der Kulturzeit Luftknöllchen. Blüten kamen an diesen Punkten nicht mehr zur Entfaltung. Doch war diese Erscheinung keine ausnahmslose. Bei fünf Pflanzen der Sommerversuchsreihe 1911 (pag. 220) und an zwei Pflanzen der heurigen Versuchsreihen gelangten die genannten Blütenknospen doch zur Blüte, wobei bemerkt werden muß, daß die Pflanzen der ersteren Reihe im Wachstum schon viel weiter vorgeschritten, die Blütenknospen ebenfalls stärker entwickelt waren, wie denn überhaupt diese Pflanzen auch sonst am Chlorophyllapparat sehr wenig Unregelmäßigkeiten aufwiesen gegenüber den Pflanzen der Frühjahrversuchsreihe 1911 und des heurigen Versuches.

Eine parallellaufende Tatsache war auch bei der Kartoffel-Wasserkultur 1911 ersichtlich gewesen, indem an sämtlichen Pflanzen die untersten ein bis zwei Blätter gelb wurden und zugrunde gingen, ebenfalls ein Zeichen dafür, daß in dieser unteren Stengelregion eine Wachstumshemmung eingetreten war.

Die Tatsache des Sitzenbleibens der Blütenknospen dürfen wir wohl noch so deuten, daß in den Stützblättern derselben mit Beginn des Versuches andere stoffliche Bedingungen geschaffen wurden, als sie vorher vorhanden waren, Bedingungen, die wohl ein Weiterleben

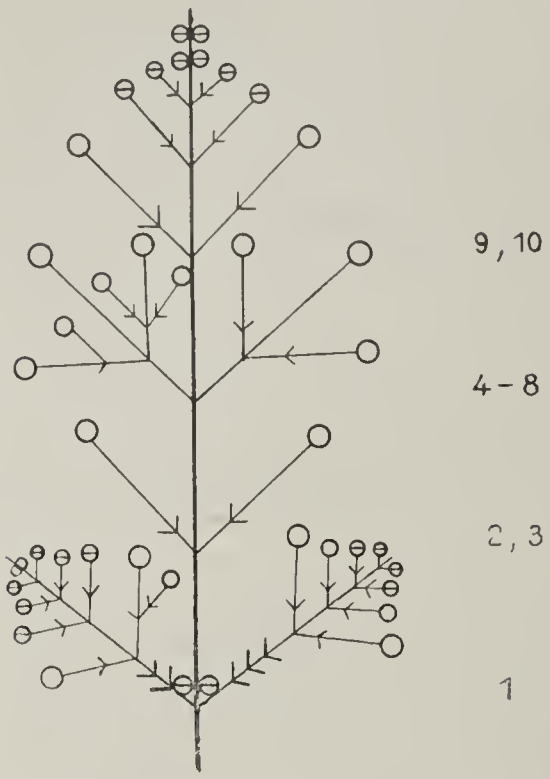


Fig. 1.

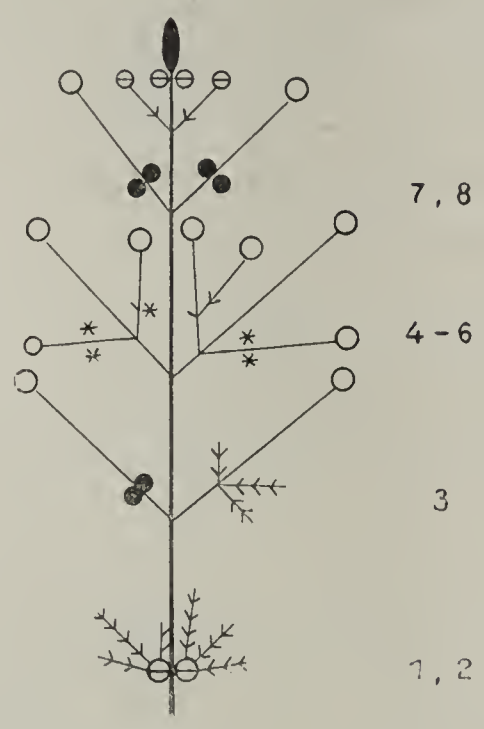


Fig. 2.

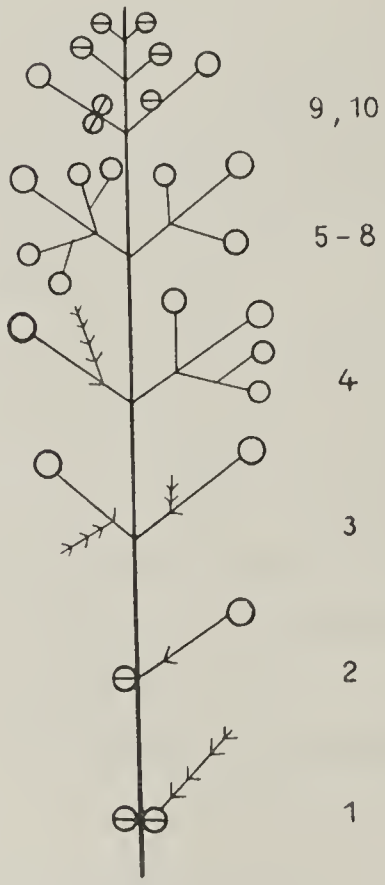


Fig. 3.

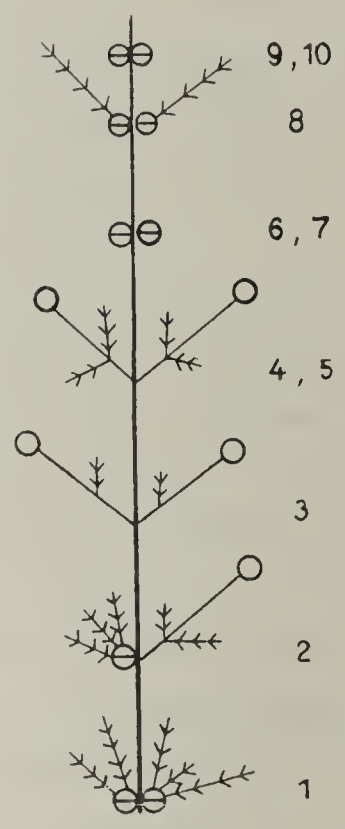


Fig. 4.

Fig. 1—4. ○ Offene Blüte, ⓘ geschlossene Blütenknospe, ⸙ Laubsproß, ⚹ Blattrosette, ● ▮ Knöllchen. Schematische Darstellung von 4 Versuchspflanzen von Achimenes caudida am Schlusse des Versuches. Der in der Lösung befindliche Sproßteil wurde weggelassen. Erklärung im Text. Die Ziffern geben die Reihenfolge der Nodi an.

der Blätter und die später erfolgende Neubildung vegetativer Achselprodukte, aber nicht mehr die Blütenbildung erlaubten. Hierdurch erlangte ferner der ganze Steckling eine Neuordnung der Achselprodukte in dem Sinne, wie das normale Wachstum vor sich geht, wo ebenfalls in den Achseln der unteren Blätter Laubsprosse auftreten. Diese können ferner in beiden Fällen wieder zur Blütenbildung schreiten und dieselbe Anordnung der Achselprodukte aufweisen.

Eine ähnliche Abhängigkeit der Achselknospe von seinem Stützblatte konnte ich bei den heurigen Kulturen auch insofern beobachten, als an zwei Pflanzen in der Blütenregion die Stützblätter zufällig abgebrochen wurden.

Die Blütenknospen, die schon den Stiel halb gestreckt hatten, blieben stecken und später erschienen an ihrer Stelle Laubsprosse. Es

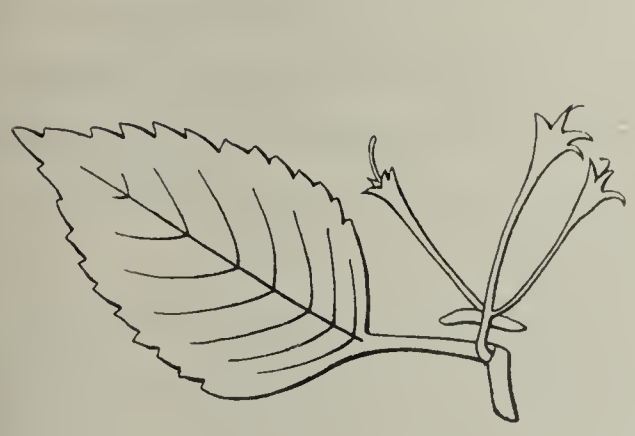


Fig. 5.



Fig. 6.

Fig. 5. Achimenes candida. Blatt mit verzweigtem Blütensproß. $^3/_4$ natürl. Größe.
Fig. 6. Achimenes candida. An der Blüte haben sich aus den Vorblättern derselben Laubsprosse entwickelt. Das Stützblatt ist abgeschnitten. $^3/_4$ natürl. Größe. In beiden Figuren die Blumenkrone abgefallen. Nach einer Photographie gezeichnet.

können demnach die Bedingungen zur Laubsproßbildung durch verschiedene äußere Eingriffe geschaffen werden.

Diese eben geschilderten Fälle treten in Übereinstimmung mit den Untersuchungen Dostal's (1911), der an Stecklingen von Circaea durch Entfernung der Stützblätter aus jeder Region der Pflanze immer nur Laubsprosse, niemals Blüten oder Ausläufer erhielt.

2. In den Blattachseln der nächst höheren Nodi kommen die Blütenknospen zur Streckung und Entfaltung, im Verlaufe des weiteren Wachstums tritt eventuell auch die Verzweigung der Blüten aus den Achseln der Vorblätter ein (Fig. 1, 2, 3, 5).

An dem unteren Teile der Blütenregion kann es nun vorkommen, daß aus den Vorblättern der Blüten nicht wieder Blüten, sondern Laubsprosse oder Blattrosetten entsprießen (Fig. 2, 3, 4, 6). Es tritt ein

plötzlicher Wechsel vom blühbaren Zustande zum vegetativen ein, wobei aber gleichzeitig höher oben an der Spitze des Sprosses noch immer Blütenknospen angelegt werden. Die Umwandlung ist eine lokal eingeengte. Daß dieser Wechsel ein rein örtlicher oder zeitlich begrenzter ist, ersieht man auch daraus, daß in einem Falle auf der einen Seite eines Knotens ein Blütenstand mit vier Blüten entstand, während sich auf der anderen Seite nur eine Blüte mit einem Laubsproß an ihrer Basis vorfand (Fig. 3, Nodus 4).

Auch an ein und derselben Blüte kann auf einer Seite eine Blüte, auf der anderen ein Laubsproß auftreten.

Diese Labilität in der Entwicklung der Anlagen trat mehrfach auf in dem unteren Teile der blühenden Region. Sie kam aber auch wiederholt an der Spitze von Pflanzen vor, die schon eine Höhe von 20 cm erreicht hatten. Das Beispiel in Fig. 4 zeigt, daß am achten Knoten, nachdem vorher am sechsten und siebenten Knoten die Blütenknospen sitzengeblieben waren — ohne äußere Eingriffe — sich Laubsprosse entwickelt hatten. In einem anderen Falle war einer von diesen Laubsprossen in das Blütenstadium eingetreten.

Es kam ferner vor, daß eine 12 Knoten starke Pflanze mit Ausnahme der unteren Laubsproß bildenden Knoten überhaupt nur einfache Blüten produzierte, ohne Ausbildung eines Blütenstandes. An diesen Blüten entsproßten aber unten Laubsprosse, höher oben am Stengel Blattrosetten und zum Schlusse überall Knöllchen.

Es zeigten sich aber auch Fälle, wo in den Blattachseln ausschließlich nur grüne Luftknöllchen auftraten, ein Resultat, das immer mit sehr mangelhafter Wurzelbildung oder Schädigung der Wurzeln durch zu hoch konzentrierte Lösungen einherging, so daß das Überwiegen in der Produktion der organischen Substanz gegenüber der Aufnahme der Aschenbestandteile bei gleichzeitigem Wassermangel augenscheinlich war.

3. Ein besonderes Interesse bietet noch die Spitze der Pflanzen. Sie war in einzelnen Fällen am Abschlusse des Versuches noch in normalem Wachstum, Blätter und Blüten erzeugend. In anderen Fällen ging sie unvermittelt in ein Knöllchen über, das seinerseits eventuell wieder Seitenknöllchen trieb. Sehr schön waren aber manchmal Übergänge in folgender Weise zu sehen. Die Internodien wurden immer kürzer, die Blätter gleichzeitig kleiner; sie gingen des weiteren in eine Blattrosette über, die dann schließlich in ein Knöllchen überführte.

Einmal konnte ich an der Spitze auch eine eigentümliche Häufung von Blütenknospen beobachten, in der Weise, daß mehrere Nodi mit sehr kleinen Laubblättern dicht aneinander gedrängt waren, während die Blütenknospen, viel größer als diese, sich zu einem Knäuel zusammenballten und wie ein Blütenknospenknöllchen aussahen — ein intensives Hervortreten des blühbaren Stadiums gegenüber dem vegetativen.

4. Auch an den Blatt- und Blütenorganen selbst ergaben sich morphologische Abweichungen. Die Vorblätter der Blüten, die normal kleine, lanzettliche, ganzrandige Blättchen sind, waren öfters doppelt so lang als normal und hatten die Form des fortgeschrittenen Laubblattes, eiförmig mit gezähntem Rande.

Zweimal wurde die vollkommene Spaltung der sonst röhrigen Blumenkrone beobachtet. In zwei Fällen konnte ich auch petaloide Ausbildung des Kelches sehen, indem die sonst ganz grünen Kelchblätter breite, weiße Mittelstreifen zeigten.

5. Sehen wir nun nach den Ursachen dieser eben geschilderten Labilität im Bereiche des Chlorophyllapparates, die ja in beiden Versuchsjahren zur Beobachtung kam, so muß ebenso wie bei den Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Bildungsprodukte an den in die Lösung tauchenden Achsenteilen auch hier konstatiert werden, daß die Höhe der Lösungskonzentration von keinem Einflusse war, da die Labilität bei allen Konzentrationen in Erscheinung trat und die Unregelmäßigkeiten in ein und demselben Kulturgefäß mit normaler Ausbildung wechseln konnten.

Wir wissen aus den Untersuchungen von Goebel (1898, 1908), Klebs (1903, 1906), Vöchting (1893) u. a., daß es möglich ist, eine Pflanze durch Wechsel der Ernährungsbedingungen vom blühbaren Stadium zum vegetativen überzuführen und umgekehrt, oder die Pflanze zu zwingen, auf ein und demselben Stadium zu verharren, oder ein im normalen Entwicklungsgange auftretendes Stadium zu überspringen. In den dargelegten Versuchen trat der Wechsel der Erscheinungen aber auf, obwohl die äußeren Verhältnisse für das Wachstum der Pflanzen scheinbar möglichst konstant gehalten wurden.

Diese Konstanz wurde aber augenscheinlich durch die Art und Weise der Kultur nicht erreicht, und es muß, wie schon im sechsten Abschnitte dargetan wurde, auch für die Labilität im Bereiche des Chlorophyllapparates die Wasserkultur überhaupt und das häufige Erneuern der Lösungen mit den dabei auftretenden Begleiterscheinungen verantwortlich gemacht werden.

Die Erkenntnis, daß die Konzentration der Nährlösung auf die qualitative Ausgestaltung der an den Vegetationspunkten entstehenden Knospen keinen Einfluß hatte, ferner die Tatsache, daß die Achimenes-Pflanzen sich bei Wasserkultur außerordentlich plastisch erwiesen, müssen nun die Ausgangspunkte bilden für neue experimentelle Untersuchungen in der Hoffnung, die Grenze unserer Kenntnisse über die Bedingungen des pflanzlichen Gestaltungsvermögens etwas weiter stecken zu können.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

1. Die anläßlich früherer Versuche gewonnene Anschauung, daß bei Wasserkultur an in der Lösung befindlichen Sproßteilen von Achimenes-Stecklingen bei hoher Konzentration der Nährstoffe Laubsprosse, bei niedriger Konzentration aber Zwiebelknöllchen entstehen, muß dahin abgeändert werden, daß in allen Konzentrationen, welche nicht ein Wurzelwachstum verhindern, nur Zwiebelknöllchen gebildet werden. Dies ist auch bei Erdkultur der Fall. Wahrscheinlich infolge der Eigentümlichkeiten der Wasserkultur und infolge des in den Versuchen eingehaltenen Kulturvorganges geschieht es aber, daß an diesen außerordentlich plastischen Pflanzen in der Lösung nicht nur Knöllchen, sondern auch Laubsprosse und Mittelbildungen zwischen beiden in Erscheinung treten. Die Knöllchen können des weiteren sich verzweigen oder an der Spitze in einem Laubsproß übergehen ebensowie Laubsprosse an der Spitze verknollen können. Diese Bildungsunterschiede sind an keine Lösungskonzentration beschränkt, sie treten an verschiedenen Pflanzen eines Kulturgefäßes, ja selbst an ein und derselben Pflanze auf.

2. Dieselbe Labilität in der Ausgestaltung von Sproßanlagen zeigt sich auch an dem an der Luft befindlichen Sproßteile. Es können an den Vegetationspunkten desselben Blüten- und Laubsprosse, Blattrosetten und grüne Knöllchen gebildet werden. Sehr häufig wurde ohne beabsichtigte äußere Beeinflussung ein Übergang vom blühbaren zum vegetativen Stadium beobachtet, in der Weise, daß an den Blüten oder Blütenständen nicht wieder Blüten wie normal, sondern Laubsprosse Blattrosetten oder Knöllchen entstehen. Auch hier zeigen sich diese Verschiedenheiten an ein und derselben Pflanze oder auch an ein und demselben Blütenstande.

3. Bei diesen Versuchen wurde wiederholt die Dialyse der Blumenkrone und Petalodie der Kelchblätter beobachtet.

4. Unter denselben Versuchsbedingungen kultivierte Solanumstecklinge (mit Blättern) zeigten in verschieden hoch konzentrierten Lösungen kein abweichendes Verhalten. Sie bildeten Ausläufer und an diesen Knöllchen.

5. Die Versuchsergebnisse Noel Bernard's (1902), welcher aus den Luftknospen von entblätterten Solanumstecklingen bei hoher Konzentration Knöllchen, bei niedriger Laubsprosse erhielt, konnten von mir nicht bestätigt werden. Es traten in allen Versuchsreihen immer nur Laubsprosse auf.

Herrn Geheimrat Professor Dr. Karl v. Goebel erlaube ich mir auch an dieser Stelle für die Überlassung von Versuchsräumen und Arbeitsmaterial, sowie für Unterstützung mit Literatur meinen ergebensten Dank auszusprechen.

München, Mitte November 1912.

Literaturnachweis.

1) Artari, Einfluß der Konzentration der Nährlösung auf die Entwicklung einiger grüner Algen. Pringsheim's Jahrbücher 1904, pag. 609.
2) Doposcheg-Uhlár, Studien zur Regeneration und Polarität der Pflanzen. Flora 1911, Bd. CII.
3) Ders., Frühblüte bei Knollenbegonien. Flora 1912, Bd. CIV.
4) Dostal, Zur experimentellen Morphogenese bei Circaea. Flora 1911, Bd. CIII.
5) Goebel, Organographie der Pflanzen, 1898.
6) Ders., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen, 1908.
7) Klebs, Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen, 1903.
8) Ders., Über künstliche Metamorphosen. Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle 1906.
9) Knight, A selection from the physiological and horticural papers. London 1841.
10) Laurent, Recherches experimentales sur la formation d'amidon dans les plantes. Bull. Soc. royale de Botanique de Belgue 1887, pag. 243.
11) Ders., Recherches sur la nutrition carbonnée des plantes vertes. Revue général de botanique 1904, pag. 202.
12) Livingston, Chemikal stimulation of a green alga. Bull. Torrey bot. club 1905, Vol. XXXII, pag. 1.
13) Ders., Notes on the physiology of Stigeoclonium. Bot. gazette 1906, Vol. XXXIX, pag. 297.

14) Molliard, Action morphogenetique. Revue général de botanique 1907.
15) Noël Bernard, Conditions physiques de la tubérisation chez les végétaux. Compt. rend. de l'Acc. de sc. 1902, Tome CXXXV, pag. 243.
16) Ders., Recherches expérimentales sur les Orchidées. Revue général de botanique 1904, pag. 471.
17) Ders., L'Evolution dans la Symbiose. Ann. des sciences nat. Bot. 1909, 9em Série, Tome IX.
18) Palladin, Die Eigentümlichkeiten der Fermentarbeit in lebenden und abgetöteten Pflanzen in Abderhalden: Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung 1910, Bd. I.
19) Raciborki, Über den Einfluß äußerer Bedingungen auf die Wachstumsweise des Basidiobolus ranarum. Flora 1896, Bd. LXXXII.
20) Schreiner und Sullivan, Concurrent Oxydation and Reduction by roots. Bot. gaz. 1911, Bd. LI.
21) Vöchting, Über die Bildung der Knollen. Bibl. bot. 1887, Heft 4.
22) Ders., Über den Einfluß des Lichtes auf die Gestaltung und Anlegung der Blüten. Jahrb. für wissenschaftl. Bot. 1893, Bd. XXV.
23) Ders., Zur Physiologie der Knollengewächse. Jahrb. für wissenschaftl. Bot. 1903, Bd. XXXIV.

Druck von Ant. Kämpfe, Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 106

Autor(en)/Author(s): Doposcheg-Uhlár J.

Artikel/Article: Studien zur Verlaubung und Verknollung von Sproßanlagen bei Wasserkultur 216-236