© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Untersuchungen über die Grenzen der Theilbarkeit im Pflanzenreiche.

Von

Dr. **Carl Rechinger.**

(Vorgelegt in der Versammlung am 10. Mai 1893.)

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Gewächse ist im Allgemeinen auf eine Theilung zurückzuführen. Diese Theilung betrifft entweder Zellen, oder Gewebe oder Organe.

Es liegen in Bezug auf diese Theilungsvorgänge viele Beobachtungen vor. Namentlich die gärtnerischen und landwirthschaftlichen Erfahrungen sind in dieser Richtung sehr lehrreich. Es bevorzugen beispielsweise die Gärtner die Vermehrung durch Stecklinge oder Wurzelanschläge gegenüber der Vermehrung aus Samen, weil die Eigenschaften der Spielarten auf ungeschlechtlichem Wege viel sicherer vererbt werden, als auf geschlechtlichem.

Die meisten Pflanzen lassen sich durch Theilung vermehren, besonders durch Stecklinge[1]); auch durch Wurzeln, welche Adventivknospen erzeugen, können viele Gewächse fortgepflanzt werden. Seltener ist schon eine Vermehrung durch Laubknospen oder Blätter, noch seltener durch Blüthen oder samenlose Antheile von Früchten. Endlich gibt es auch Pflanzen, welche auf keine Weise sich ungeschlechtlich vermehren lassen, z. B. *Fagus silvatica.*

Zur Aufsuchung der Grenzen der Theilbarkeit im Pflanzenreiche sind nur wenige Untersuchungen angestellt worden. Anschliessend hieran werde ich die Frage der Polarität der Pflanzen auf Grund der bereits vorhandenen und einigen eigenen Untersuchungen erörtern und in ähnlicher Weise auch den bei der ungeschlechtlichen Vermehrung so häufig vorhandenen Callus in Betracht ziehen.

Was in der Literatur über die Grenzen der Theilbarkeit zu finden ist, wird im Einzelnen in den nachfolgenden Blättern an den gehörigen Stellen angegeben werden.

---

[1]) Vergl. A. v. Kerner, Pflanzenleben, II, S. 447 ff.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Sämmtliche Versuche wurden in dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien ausgeführt. Dem Leiter des genannten Institutes, Herrn Hofrath Prof. Dr. Julius Wiesner, erlaubt sich der Verfasser für zahlreiche Rathschläge und Unterstützungen seinen besten Dank hiemit auszudrücken.

I. Die Grenzen der Theilbarkeit.

Im Pflanzenreich beherrscht die Theilbarkeit einen viel grösseren Kreis als im Thierreich. Während im letzteren fast nur die Polypen und die sich diesen in absteigender Linie anschliessenden niederen Thiere in Betracht kommen, ist in ersterem Reiche die Theilbarkeit eine fast allgemein verbreitete Eigenschaft. Die nieder organisirten Pflanzen sind in höherem Grade theilbar als die höher organisirten. Freilich gilt dieser Satz nur mit vielen Einschränkungen.

Die Grenzen der Theilbarkeit zu erfahren ist eine der schwierigsten Aufgaben. Der einzige Versuch, diese Frage in möglichster Allgemeinheit zu lösen, rührt von Prof. J. Wiesner her, in dessen Werke „Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz" der Theilbarkeit der Pflanzen ein besonderes Capitel gewidmet ist.

Wir finden einzelne Beispiele aus der Reihe phanerogamer Pflanzen, wo zum Aufbau des ganzen Zellsystemes einer vollständigen Pflanze nur einige Zellen der embryonalen Anlage nothwendig sind. Wie bekannt, ist es gelungen, aus einem nur aus wenigen Zellen bestehenden Theilstücke des Keimlings von *Orobanche*[1]) vollständige Pflanzen zu ziehen. Jedenfalls ist die Theilbarkeit eine im Pflanzenreiche noch viel weiter gehende Erscheinung.

Die Theilung der Individuen in mehrere reproductionsfähige Stücke beruht auf einer Trennung von Zellcomplexen aus ihrem organischen Verbande; wird diese Grenze überschritten, d. h. dem zu individualisirenden Stück zu wenig an Zellen, welche plastische und Reservestoffe enthalten, mit auf den Weg gegeben, so geht ein solcher Zellencomplex zu Grunde. Wir kennen aber die Entstehung der Zellen innerhalb des Pflanzenkörpers aus ihres Gleichen, also durch Theilung älterer, bereits vorhandener und den neuen ähnlichen Gebilden.

Wir können noch weiter gehen. Die lebende Zelle enthält auch lebende Inhaltskörper, z. B. Chlorophyllkörner, deren Entstehung durch Theilung aus gleichartigen Körpern von Nägeli an Algen, von Kny an *Elodea* und von Mikosch an den Luftwurzeln der *Hartwegia comosa* constatirt wurde.

Auf dem Wege des Experimentes können wir freilich die Theilung des Protoplasmas, der Plasomen, als der letzten angenommenen Elementartheile der lebenden Zelle, innerhalb einer im Gewebeverbande befindlichen oder aus demselben herausgelösten Zelle nicht hervorrufen, sondern wir sind auf einen grösseren Complex von Zellen angewiesen, also auf verhältnissmässig grosse Theilstücke im Vergleiche zur isolirten Zelle. Auf derartige Versuche, welche in grosser Zahl

---

[1]) Koch, Die Entwicklungsgeschichte der Orobanchen, S. 15 (1887).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

von mir ausgeführt worden sind, will ich in der weiteren Ausführung dieses Capitels zu sprechen kommen.

Die Grenzen der Theilbarkeit sind bei verschiedenen Pflanzen verschieden weit zu verfolgen. Es geht dies schon aus den in der gärtnerischen Praxis geübten Reproductionsverfahren hervor, welche Verfahren rohe Versuche zur Ermittlung der Grenzen der Theilbarkeit darstellen. Es ergibt sich daraus, dass an verschiedenen Pflanzen bestimmte Organe theilungsfähiger sind als andere. Man vermehrt *Calycanthus floridus* und andere Arten dieser Gattung meist aus Wurzelstücken, *Begonia-* und *Peperomia*-Arten, sowie viele Gesneraceen mit Vorliebe aus Blättern[1]), *Vitis vinifera* sehr oft aus jungen Stammstücken. Die grössten Hindernisse setzen der Vermehrung aus Stecklingen sehr holzige, also protoplasmaarme Gewebe entgegen. Stecklinge der meisten Coniferen bewurzeln sich sehr schwer, die von *Fagus silvatica* gar nicht[2]). Ober- und unterirdische Stammtheile, Wurzeln, Blätter, Blüthen mit ihren Blüthenstielen, selbst Früchte[3]), auch Blüthen und Laubknospen können zur Reproduction dienen.

Von Versuchen mit Blüthen ist mir nur ein Experiment Vöchting's mit *Achimenes grandis (Gesneraceae)* bekannt.

Theoretisch ist jedes Organ theilungsfähig, also auch ein noch unentwickeltes, wie z. B. eine Knospe. Aus der Literatur sind nur wenige Versuche mit Knospen bekannt. Prof. Wiesner hat bereits vor längerer Zeit derartige Versuche unternommen, welche neben den Versuchen, die von anderer Seite unternommen wurden, in Wiesner's „Elementarstructur", S. 89 ausführlich besprochen sind. Es finden sich daselbst angeführt: *Vitis vinifera, Paeonia arborea, Glycine chinensis.* Von den von mir ausgeführten Versuchen mit Knospen verschiedener anderer Bäume und Sträucher ergaben folgende ein positives Resultat: *Populus nigra, Populus laevis, Fraxinus tamariscifolia, Fraxinus Ornus, Fraxinus excelsior, Fraxinus americana, Prunus avium* (Laub- und Tragknospen), *Maclura aurantiaca, Syringa vulgaris, Juglans regia, Salisburia adianthifolia.*

Bei den Versuchen mit den eben genannten Pflanzen kam es mindestens bis zur Bildung eines Callus, innerhalb welches bei *Fraxinus excelsior* auch die ersten Anlagen von Gefässen (mit Phloroglucin und Salzsäure lebhaft roth) wahrnehmbar sind. Es erwies sich als für das Resultat des Versuches gleichgiltig, ob Terminal- oder Axillarknospen gewählt wurden. Am Schnitt, welcher etwas unterhalb einer Axillarknospe derart geführt wurde, dass noch eine etwa 0·5 *mm* dicke Partie des Stammes an der Knospe blieb, waren die Gefässe mit einer gummiartigen Masse verstopft, die äussersten Zellschichten gebräunt, die Steinzellen unverändert. Unterhalb der gebräunten Zellen war eine Zelltheilung durch neue Wandbildung eingetreten. Die ersten Anlagen des Callus.

---

[1]) Vergl. A. v. Kerner, Pflanzenleben, II, S. 40.

[2]) Hansen, Adventivbildungen, Taf. VII, Fig. 48.

[3]) Vöchting beschreibt in der „Organbildung", I, XX, S. 110 ff. Versuche, welche mit den Früchten einer Opuntienart angestellt wurden und bildet sie auch ab. Aus den noch unreifen Beeren bildeten sich Sprosse, welche zu vollkommenen Pflanzen heranwuchsen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Neubildung der Calluszellen geht meist sehr rasch vor sich. Knospen von *Populus nigra* haben bei im Warmhaus durchgeführter Sandcultur, bei einer Durchschnittstemperatur von 21° C., mit einer Glasscheibe bedeckt, in 3—4 Tagen Callus gebildet. Meine Versuche wurden im Februar und März vorgenommen, und es ist möglich, dass zu einer anderen Jahreszeit, in welcher die Saftfülle der Organe geringer ist, die Reproduction langsamer vor sich geht. Freilich sind die Zellen dieser Neubildung sehr hinfällig, hyalin und spröde. Nach Ablauf einer Woche hört die Callusbildung auf und das ganze Gewebe geht zu Grunde. Ueber die Callusbildung kam es bei keinem der angestellten Versuche hinaus. Mit der Entfaltung der Knospen und Entwicklung kleiner Blätter war das Leben der Knospe abgeschlossen.

Versuche mit Knospen von *Populus nigra, Fraxinus Ornus* und *Fraxinus excelsior* wurden im grösseren Massstabe vorgenommen. (Je 50—150 Knospen von jeder Art.) Von den beiden Eschenarten wurden die Knospen ganzer Zweige verwendet.

Die Anordnung der ersteren an einem Zweige ist folgende: die Terminalknospe bildet einen Laubspross und setzt das Längenwachsthum des Zweiges fort, die Axillarknospen entfalten sich meist zu Blüthenknospen, doch kommen auch axillare Laubknospen vor. Bei meinen Versuchen zeigte es sich, dass beiderlei Knospen zur Callusbildung gleich geeignet sind.

Ueber die Möglichkeit, Knospen zur Bewurzelung zu bringen, liegen keine bestimmten Angaben vor, doch ist dieselbe nicht ohne Beweis zu läugnen.

Bei jeder Neubildung wird die zur Zellenvermehrung erforderliche Substanz aus den im Muttergewebe vorhandenen Reservestoffen und dem Protoplasma gebildet, vorausgesetzt, dass assimilirende Organe fehlen. Die Knospendecken von *Fraxinus excelsior,* wie auch der anderen früher angeführten Eschenarten enthalten nach den Untersuchungen von F. Schaar[1]) Reservesubstanzen; es scheint nun, dass bei der Callusbildung an Knospen nicht bloss die in den Knospendecken vorhandene Cellulose zur Ernährung herangezogen wird, sondern auch die in der Knospe selbst vorkommenden Reservestoffe. Zu diesem Schluss leitet uns die Betrachtung des Umstandes, dass viele Knospen, welche Callus bilden, die in ihnen angelegten Organe nicht entfalten — ich meine, dass die Knospen sich nicht öffnen und die Blatt- und Blüthenanlagen sich nicht vergrössern —, weil die zum Aufbau weiterer Zellen nöthige Substanz bei der Callusbildung schon verbraucht wurde, und weiter, dass andere Knospen, welche rasch ihre Knospendecken öffnen und die jungen Organe an das Licht treten lassen, zu keiner Callusbildung kommen, weil umgekehrt die schnelle Entwicklung der Blätter oder Blüthen für die Callusbildung keine plastischen Stoffe übergelassen hat.

Versuche, welche mit den Knospen von *Aesculus Hippocastanum, Fagus silvatica, Platanus orientalis* und *Tilia grandifolia* vorgenommen wurden, ergaben ein ganz anderes Resultat. Es unterblieb die Callusbildung ganz.

---

[1]) F. Schaar, Die Reservestoffbehälter der Knospen von *Fraxinus excelsior* in Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissensch. in Wien, XCIX. Bd. (1890), S. 291 ff.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Von den Cultivateuren sind bis jetzt nur wenige Versuche, Knospen zur Vermehrung zu benützen, unternommen worden, da der Vorgang der Knospenvermehrung ein viel unsicherer ist, als die anderen seit Alters her geübten Vermehrungsarten[1]).

Aus Blättern können zahlreiche phanerogame Gewächse vermehrt werden, und zwar meist Tropenbewohner, unter diesen besonders Piperaceen, Urticaceen, Begoniaceen, Acanthaceen, Gesneraceen und andere. Im Allgemeinen sind monocotyle Gewächse schwieriger zu theilen als dicotyle.

Eine plasmaarme, dünne Blattlamina, sowie ein sehr wasserreiches Blattgewebe lassen auf einen negativen Erfolg des Versuches schliessen. Zu den wenigen Ausnahmsfällen gehört *Hyacinthus,* welcher schon aus Blattstecklingen vermehrt wurde.

Die Ursache, warum die einzelnen Organe einer Pflanze nicht im gleichen Masse theilungsfähig sind, ist in inneren und äusseren Vorgängen zu suchen. Als wichtigster Vorgang ist die Fähigkeit der Callusbildung, die in der specifischen Organisation des Protoplasmas und in bestimmten anatomischen Verhältnissen[2]) des abgetrennten Organes ihren Grund hat, zu betrachten.

Unter den äusseren Bedingungen sind zunächst diejenigen von Wichtigkeit, unter welchen eine Zerstörung der Gewebe an der Schnittfläche unter Mitwirkung von Bacterien und anderer nieder organisirter Pilze geschieht. (Fäulniss.) Zwischen diesen Verhältnissen und den anatomischen, wie auch manchen physiologischen Eigenthümlichkeiten (zeitweilig gesteigerter Wassergehalt der Zellen, stark verholzte und plasmaarme Zellen) besteht ein gewisser Zusammenhang. Im Abschnitt über den Callus werde ich auf verschiedene hier in Betracht kommende Fragen hinweisen (z. B. antiseptisches Verfahren bei der Reproduction der Zuckerrübe aus Stücken des Hypocotyles). Besondere Berücksichtigung der äusseren, die Lebensfähigkeit des reproducirenden Gewebes vernichtenden Einflüsse verlangen jene Versuche, welche zur Ermittlung der Grenzen der Theilbarkeit angestellt werden.

Ich habe zahlreiche Versuche mit Knollen von *Solanum tuberosum,* mit Wurzeln von *Beta vulgaris* (rothe Rübe), *Armoracia rusticana, Taraxacum officinale, Podospermum Jacquinianum, Scorzonera hispanica* (cultivirte Schwarzwurzel), *Brassica Rapa* (cultivirte weisse Rübe) und anderer Pflanzen unternommen.

Zuerst will ich die Versuche mit Knollen von *Solanum tuberosum* besprechen.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass Kartoffelknollen, die im Keller liegen, nach einer gewissen Ruheperiode (etwa von October bis Anfang Februar), aus den „Augen" etiolirte Sprosse entwickeln. Dieser Vorgang ist eine Entwicklung vorhandener Anlagen mit Benutzung der reichlich als Reservesubstanz aufgespeicherten Stärke.

---

[1]) Ich habe meine Versuche mit Stücken der rothen Rübe unabhängig von den Versuchen Briem's ausgeführt. Briem hat unter anderen Vermehrungsarten auch die Axillarknospen des blüthentragenden Stammes verwendet.

[2]) Vergl. über diesen Punkt den Abschnitt über die Callusbildung.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Um die Vorgänge der Reproduction klarer darstellen zu können, will ich die Anatomie der Kartoffelknolle in wenigen Worten vorführen.

Die von reichlichen cambialen Elementen begleitete Gefässbündelzone schliesst die Rindenschichte von dem centralen Gewebe, der Markschichte ab. Von der Gefässbündelzone, welche schon makroskopisch, besonders an anthokyanhältigen Kartoffeln, deutlich sichtbar ist, zweigen in die Rindenschichte wie in die Markschichte zahlreiche Züge von cambialen Zellen ab, welche im letzteren Gewebe häufig anastomosiren. Diese cambialen Zellen bestehen aus in die Länge gestreckten, polyedrischen, parenchymähnlichen Zellen, welche durch den gänzlichen Mangel oder die äusserst geringe Anzahl der in ihnen enthaltenen Stärkekörner im mikroskopischen Präparat von den umgebenden stärkereichen Gewebe sich leicht unterscheiden lassen. In der centralen Partie der Kartoffel ist die Anzahl der cambialen Zellen grösser als in der Rindenschichte.

Als Erklärungsgrund, warum die Augen der Kartoffel gerade an jenen Stellen zur Entwicklung gelangen, wo im vorigen Jahre die Gefässbündel des unterirdischen Stammes an die Knolle anschliessen, sind die geringere Stärke der Rindenschichte und die vom vorjährigen Stengel vorhandenen, in das Gewebe der Knolle eintretenden Gefässbündel hervorzuheben, und zwar mit Berücksichtigung der Wichtigkeit cambialer Elemente — diese sind in grosser Anzahl gerade in der Umgebung der Gefässbündel zu finden — für die Entwicklung meristematischer Gewebe.

Das Zerschneiden der Knollen in der Art, dass an jedem Theilstück 1—3 Augen bleiben, wird in manchen Gegenden bei der Aussaat der Kartoffel schon lange geübt. In ähnlicher Weise werden auch von den Gärtnern Knollen der Georgine behandelt, um rasch mehrere Individuen aus einem Stocke zu erziehen.

Meine Versuche zielten zunächst dahin ab, das Verhalten von Stücken der Knolle zu beobachten, welche der Knospenanlagen vollständig beraubt waren. Zu diesem Zwecke wurden Kartoffeln in die Hälfte und eine andere Partie in Viertheile geschnitten. Durch das Zerschneiden werden die Cambiumpartien zur Reproduction angeregt und an diesen Stellen sind die Centren der Neubildung. An den Schnittflächen entstand ein phellogenartiger Callus und in den denselben durchziehenden Cambiumzellen die Adventivsprossen. Von einer Entwicklung angelegter Knospen kann nicht die Rede sein, da alle Knospenanlagen mit einem bedeutenden Stück des Gewebes entfernt worden waren.[1])

Der Einfluss einer Temperatur von + 18—20° C., das Einlegen der Knollenstücke in reinen Flusssand und die Luftfeuchtigkeit des Warmhauses begünstigen diese Art von Versuchen.

Nach einem Monat waren folgende Veränderungen an den Knollenstücken eingetreten. Die Lenticellen hatten sich erweitert und liessen eine Menge ihrer

---

[1]) Mitunter findet man besonders an sehr grossen und saftreichen Knollen tief angelegte Axillarknospen. Die Knospe ist vom Parenchym ringsum überwallt, und zwar in der Art, dass immer noch ein kleiner von der Epidermis ausgekleideter Canal offen bleibt. Der Gefässbündelring biegt an dieser Stelle nach einwärts. Diese Bildung erinnert an die „scheinbare Adventivbildung" von Knospen bei *Gleditschia*. Vergl. darüber: Hansen, Adventivbildung bei den Pflanzen (1881), S. 23.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

weissen Füllzellen austreten. Die Schnittflächen waren uneben und durchaus von Periderm bedeckt, hin und wieder finden sich darauf abgestorbene Reste der vom Schnitte verletzten Zellen. Das Periderm ist aus den darunter liegenden Zellen durch parallele Querwandbildung entstanden. Dieses Saftperiderm[1]) ist zugleich ein Schutz vor zu grosser Transpiration. Die Callusbildung unter dem Schutze dieses Saftperiderms geht in 4—5 Wochen so weit, dass ein Spross entsteht. Die Anlage des neuen Vegetationspunktes geht im Cambium vor sich. Wo ein Cambiumzug vom Schnitte getroffen wird, dort ist durch den Wundreiz die Möglichkeit zur Neubildung gegeben.

Die Anlage des Vegetationspunktes geschieht in folgender Weise: In den polyedrischen, nach der Längsaxe gestreckten Cambiumzellen entsteht erst eine Querwand, welche in spitzem Winkel gegen die Längsaxe der Mutterzelle verläuft; diese Bildung von Querwänden wiederholt sich in derselben Weise, wodurch eine Art Zellwirbel entsteht, indem die neugebildeten Zellwände um ein Centrum gruppirt sind. In ihrer Mitte wird der neue Vegetationspunkt angelegt. Dieser Vorgang ist die Ursache, warum das darüber liegende Gewebe gehoben wird. Die in dieser Weise angelegte Knospe bildet sich dann zu einem Spross aus. Mitunter dauert aber die Ausbildung eines Sprosses aus dem Callus längere Zeit und dann treten knotenförmige Verdickungen auf der Schnittfläche auf, welche mitunter Monate lang ruhen (vergl. das Verhalten von Wurzelscheiben der rothen Rübe).

Da das Vorkommen der Cambiumzellen nicht ausschliesslich an die ringförmige Cambiumzone geknüpft ist und Cambiumzellen auch im Parenchym und in der centralen Partie des Kartoffelknollens vorkommen, treten Neubildungen von Organen zwar vorwiegend in der Gefässbündelzone auf, sind aber im ganzen Parenchym des Knollens möglich und wurden von mir daselbst auch beobachtet.

Die Grenzen der Theilbarkeit konnte ich bei diesen Versuchen bis zu Würfeln von 4 cm^3 Rauminhalt verfolgen. Derartige Würfel aus dem Inneren einer Kartoffel geschnitten, bildeten noch einen Spross.

Die Reproductionsfähigkeit der Kartoffel erstreckt sich nicht bloss auf die Sprossbildung, sondern auch auf die Bildung von Adventivwurzeln, doch scheint die Grenze der Reproductionsfähigkeit für letztere Organe enger gezogen zu sein, als für die Sprossbildung.

Halbe Kartoffelknollen, welche an der Halbirungsfläche ausgehöhlt worden waren, wurden mit der concaven Seite nach unten auf feuchte Erde in ein Warmhaus gebracht. Der Versuch begann im November und wurde nach fünfmonatlicher Dauer nach der Bildung einer Adventivwurzel abgeschlossen. Dieser Vorgang wurde nur einmal beobachtet. Die Adventivwurzel entsprang an der Wandung der Aushöhlung in der Nähe der Gefässbündelzone; gerade über ihrem Ursprungspunkte befand sich aussen an der Schale eine Knospe, die sich schon einige Male zu einem Spross ausgebildet hatte, aber zum Zwecke der Zurückhaltung der Reservestoffe immer wieder entfernt wurde. Da zu jedem Auge einer Kartoffel ein Strang von Gefässen, sowie reichliche begleitende Cambiumzüge vom Gefäss-

[1]) J. Wiesner, Saftperiderm in Oesterr. botan. Zeitschr. (1890), Nr. 3.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

bündelring abzweigen, die Saftleitung zu dem letzteren wie nach aussen (in den schon entwickelten, aber rasch wieder entfernten Spross) abgeschnitten worden war, ist an dieser Stelle wahrscheinlich durch die Saftstauung die Adventivbildung begünstigt worden.

Die Adventivwurzel hat ihren Ursprung aus dem beinahe isolirten, aber von dem umgebenden Parenchym noch hinlänglich ernährten Gefässbündel und den dasselbe begleitenden Cambium genommen[1]).

Bei Besprechung der Versuche mit Stammstücken kann ich mich mehr auf die Versuche und praktischen Erfahrungen der Gärtner stützen, als dies im Vorhergehenden möglich war.

Es gibt wenige phanerogame Pflanzenarten, welche eine Vermehrung aus Stecklingen[2]) nicht zulassen. Zumeist sind es Coniferen, ferner *Fagus silvatica*, die den Reproductionsversuchen die grössten Schwierigkeiten bieten. Mit *Fagus silvatica* sind bisher noch gar keine Bewurzelungsversuche gelungen. Viele Coniferen bedürfen einer erhöhten Boden- und Lufttemperatur, um Wurzeln zu bilden. Pappeln und Weiden sind, wie bekannt, zu Reproductionsversuchen sehr geeignete Objecte. Aus verschiedenen Pflanzenfamilien kennen wir eine Unzahl theilungsfähiger Pflanzen. Es ist klar, dass neben Theilen der Wurzel oder des Rhizomes Theile des oberirdischen Stammes in höherem Masse reproductionsfähig sind als Knospen und Blätter, vorausgesetzt, dass die reproducirenden Elemente nicht zu verholzt sind und daher wenig Protoplasma enthalten, sind die Axentheile vieler Pflanzen vermöge ihres gefäss- und cambiumreichen Aufbaues, sowie ihrer meist dauerhafteren Zellstructur in höherem Masse geeignet, den schädlichen Einflüssen, welche vor der Wundheilung den durch die Führung des Schnittes verwundeten Zellen drohen, zu widerstehen.

Verschiedene Versuche mit Stecklingen von Holzgewächsen finden sich in der Zusammenstellung der Versuche, und ich will an dieser Stelle nur kurz auf einige Versuche hinweisen, welche die Menge der Reservestoffe und die Reproductionsfähigkeit zu verschiedenen Jahreszeiten und in verschiedenem Alter der Zweige näher beleuchten sollen. Das Resultat dieser Versuche mit *Salix purpurea* und *Populus nigra* ist: 1. Zur Zeit der grössten Saftfülle (in den Monaten März und April) geht die Reproduction am raschesten vor sich. 2. Zur Zeit des Höhepunktes der Blattentwicklung (etwa um Mitte Mai, nach Entfernung der schon entwickelten Laubsprosse) geht die Reproduction, da, wie die anatomische Untersuchung zeigt, noch genügend Reservestoffe vorhanden sind, noch vor sich, aber langsamer als in den vorhergehenden Monaten. 3. Heurige (noch krautige) Stecklinge von *Salix purpurea* bilden Callus und Adventivwurzeln. 4. 2—4jährige Zweigstücke von *Salix purpurea* bilden reichlicher Callus und Adventivwurzeln als krautige Stecklinge.

---

[1]) Diese Wurzelbildung ist nicht zu verwechseln mit den Wurzeln, welche an der Basis der Knospen der Kartoffel häufig gebildet werden und die bei tiefer Anlage der Augen leicht irre führen können.

[2]) Ich bezeichne als Stecklinge zur Reproduction geeignete oberirdische Stammstücke.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Grenzen der Theilbarkeit gehen bei holzigen Stecklingen nicht so weit, wie bei noch protoplasmareichen Sprossen. Wurzelscheiben von *Armoracia rusticana* von 2 *mm* Dicke und 30 *mm* im Durchmesser bilden noch Callus, während ein 40 *mm* langes Stück eines 2—4jährigen Weidenzweiges nicht mehr zu reproduciren vermag.

Von besonderer Bedeutung für die Theilungsfähigkeit von Stammgebilden ist das Verhalten von knotenlosen Stücken, die aus Stämmen geschnitten sind. Durchschneidet man ein Internodium von *Coleus*, so stirbt der stehen gebliebene Rest bis auf den nächsten Knoten ab. Derselbe Versuch an einem Internodium von *Heterocentron diversifolium (Melastomaceae)* ausgeführt, zeigt, dass der Rest des Internodiums noch Blätter reproducirt. Mit diesem Verhalten steht in Zusammenhang die Erscheinung, dass die Internodien sehr vieler Gewächse zwischen zwei Knoten durchschnitten, bis zum nächsten unteren Knoten absterben, weil das Gewebe des stehen gebliebenen Stückes des Internodiums nicht mehr gehörig ernährt wird. Sehr auffällig wird dieser Vorgang durch die Ausbildung einer Trennungsschichte knapp über dem unter dem Schnitt liegenden Knoten. Das Abwerfen des Internodiumstückes geht dann rasch vor sich.

Um das verschiedenartige Verhalten des Gewebes des Internodiums und seine Theilungsfähigkeit kennen zu lernen, unternahm ich Versuche mit Stammstücken der *Aroideae Pothos celatocaulis*. In folgender Art wurden die Versuche abgeändert: 1. Stammstücke von 20—30 *mm* Länge, an jedem Ende mit einer Axillarknospe. 2. Stammstücke von 15—30 *mm* Länge, nur an einem Ende mit einer Axillarknospe versehen. 3. Stammstücke von 15—30 *mm* Länge, ohne jede Knospenanlage. Es wurden von jeder Art 20 Theilstücke verwendet. Diese Stücke blieben vom Jänner bis October mit Bleidraht auf *Sphagnum*-Polstern angeheftet und wurden in einem Warmhaus ganz so wie andere epiphytische Tropengewächse behandelt.

Von den Reihen 1 und 2 wuchsen alle Axillarknospen zu kleinen Pflanzen heran, indem die Knospen sich zu Blättern entfalteten und aus den Blattachseln der jungen Pflanze Wurzeln entsprangen. Von der Reihe 3 ging eine Anzahl der Stecklinge bald zu Grunde, einige hielten sich bis October des folgenden Jahres grün und saftig, ohne aber an den Schnittflächen eine Spur von Callus oder Adventivorganen gebildet zu haben. Die in der Reihe 2 verwendeten Stecklinge behielten das über, beziehungsweise unter dem Knoten liegende Stück des Internodiums auch nicht lange, denn nachdem von den sich aus den Knoten entwickelnden Adventivorganen die wenigen im Gewebe des Internodiums vorhandenen Reservestoffe aufgezehrt worden waren, ging das Stück des Internodiums zu Grunde.

Anders verhalten sich nach Versuchen von Vöchting[1]) knotenlose Stücke des Internodiums von *Heterocentron diversifolium*. Sie bildeten in einem mit Wasserdampf gesättigten Glasgefässe aufgehängt am unteren Ende Wurzeln. Die kleinsten Stücke waren 25 *mm* lang und 2 *mm* dick. Knospenbildung wurde nicht beobachtet.

---

[1]) Vöchting, Organbildung, I, S. 73.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Mit *Philodendron Lindenii* habe ich ähnliche Versuche wie mit *Pothos celatocaulis* gemacht, welche dasselbe Resultat ergaben.

Ich unternahm noch folgende zwei Versuche, um die Fähigkeit des Gewebes, ohne Knoten Callus und Organe bilden zu können, nachzuweisen. Mit Blättern sammt dem Blattstiel von *Begonia Rex*.

Die Blattlamina wurde bis auf etwa 8 cm^2 um den Blattstiel herum entfernt und derselbe bis auf eine Länge von 10 *cm* an der Blattlamina gelassen. Dieser Rest des Blattes wurde in sehr sandige Erde gesetzt und mit einer Glasplatte überdeckt in ein Wohnzimmer gebracht. In vier Wochen hatten sich die eigenthümlichen trichomartigen Gebilde am Vereinigungspunkt der Hauptnerven des Blattes gezeigt, welche Hansen[1]) ausführlich bespricht, und die der Adventivbildung bei dieser Pflanze vorherzugehen pflegen. Nach drei Monaten kam ein kleiner Laubspross aus der Erde hervor, welcher aus dem an der Schnittfläche des Blattstieles gebildeten Callus seinen Ursprung genommen hatte. Ganz ähnlich verhielten sich die Blattstiele von *Peperomia arifolia*, nur dass die Entwicklung der Adventivsprosse drei bis vier Monate in Anspruch nahm.

Beide Versuche zeigen, dass auch Pflanzentheile ohne Knoten reproduciren können, im Gegensatz zu anderen, welche aus knotenlosen Stücken niemals Callus oder Organe bilden können.

Versuche mit Theilen einer Kohlrübe zeigten, dass die Gewebe dieses Stammgebildes keine Reproductionsfähigkeit haben. Der Grund mag in der relativ geringen Anzahl cambialer Elemente liegen, wie auch in der Möglichkeit, dass man beim Zerschneiden der Kohlrübe Stücke des Internodiums ohne Sprossanlage herausschneidet und das übrig gebliebene Gewebe nicht zu reproduciren vermag. Es gingen alle Versuchsobjecte bei den in Sand im Warmhause angestellten Versuchen zu Grunde.

Die Wurzeln vieler phanerogamer Pflanzen werden zur Vermehrung auf vegetativem Wege verwendet. Die Gärtner vermehren *Calicanthus floridus* aus Wurzelstücken. In neuester Zeit wurde die asexuelle Zuckerrübe aus Stücken des Hypocotyles und den Axillarsprossen des Blüthenstandes erzogen.

Meine Versuche waren in erster Linie dahin gerichtet, Theile von cultivirten Wurzeln verschiedener Gewächse, welche bei geringerer Verholzung ihrer Elemente auf einen höheren Protoplasmagehalt der Zellen schliessen lassen, zu untersuchen, wie andererseits die von Prof. J. Wiesner angeregten Versuche mit verschiedenen ausdauernden Wurzeln krautiger Gewächse, insbesondere mit Wurzeln von *Taraxacum officinale* fortzusetzen und die Reproductionsfähigkeit, wie die mögliche Grenze der Theilbarkeit dieser Pflanzenorgane kennen zu lernen.

Dieselben Vegetationsbedingungen wie sie für die Cultur der Knospen, Blätter, Rhizome und oberirdischen Stammtheile angeführt wurden, erweisen sich auch bei den Versuchen mit Wurzeln als geeignet.

---

[1]) Hansen, Adventivbildungen, S. 34 ff. — Vergl. auch F. Regel, Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern. Jen. Zeitschr. für Naturwissensch. (1876), S. 447 ff.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Sehr dünne, wie auch sehr wasserreiche Wurzeln sind für Reproductionsversuche nicht geeignet. So misslangen alle Versuche, die Wurzeln der *Hartwegia comosa* zur Reproduction zu bewegen.

Die Besprechung der Versuche beginne ich mit

Peucedanum Cervaria.

Es wurden Wurzeln von *Peucedanum Cervaria* im October ausgegraben, sämmtliche vegetative Organe entfernt und die Wurzelstücke unter die früher erwähnten Vegetationsbedingungen gebracht.

Die Länge der Stücke schwankte zwischen 20 und 40 *mm*, ihr Durchmesser betrug 10—15 *mm*.

Nach einem Monate bildete sich Callus, in weiteren zwei Monaten aus dem Cambium an der Schnittfläche ein Spross. Die Bildung von Adventivwurzeln aus den Lenticellen trat erst vier Monate nach dem Beginne des Versuches ein.

Daucus Carota (cultivirte gelbe Rübe).

Es wurden saftreiche kleine Rüben verwendet. Nach zweimonatlicher Versuchsdauer deutliche Callusbildung an den Schnittflächen, nach weiteren zwei Monaten war der Callus zerstört, ohne dass eine Organbildung beobachtet werden konnte.

Sämmtliche Versuche mit den Wurzeln der wild vorkommenden gelben Rübe misslangen. Diese sind sehr arm an parenchymatischem Gewebe und diesem Umstand ist das Misslingen dieser Versuche trotz halbjähriger Dauer zuzuschreiben.

Scorzonera hispanica (cultivirte Schwarzwurzel).

Die Wurzeln wurden in derselben Weise behandelt, wie die von *Peucedanum*. Nach vier Wochen bildete sich der Callus an den Schnittflächen, in zwei Monaten darauf waren an den aus dem Callus entwickelten Sprossen derjenigen Wurzel, welche mit dem Sprossende nach abwärts gerichtet waren, die Stengelglieder entwickelt. Letztere erreichten eine Länge von 5 *cm*. Adventivwurzeln aus dem Callus sind an dieser Pflanze selten zu beobachten, da die Lenticellen in der Rinde der Nebenwurzeln, welche häufig zur Entwicklung kommen, zum Ausgangspunkt von Adventivwurzeln dienen. Durch Einschnitte in die Wurzel wird die Bildung von Adventivsprossen befördert; meist kommen aus solchen Einschnitten Sprosse hervor.

Podospermum Jacquinianum.

Die Wurzeln wurden Mitte October ausgegraben, alle vegetativen Organe entfernt. An der Länge nach gespaltenen Wurzeln trat die Callusbildung am Cambium nach 14 Tagen ein. Einen halben Monat später waren Laubsprosse daraus entwickelt. Dieselbe Entwicklung des Callus und der Sprosse wurde am Querschnitt beobachtet. Adventivwurzeln aus dem Callus wurden nicht gebildet. Nach dreimonatlicher Versuchsdauer gingen sämmtliche Wurzelstücke zu Grunde.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Taraxacum officinale.

Die Anatomie der Wurzel von *Taraxacum officinale* ist von A. Vogl[1]) auseinandergesetzt worden. Nach Experimenten, welche Prof. J. Wiesner schon vor einiger Zeit mit Wurzeln derselben Pflanze unternommen hat, deren Ergebniss in der Biologie[2]) des eben genannten Autors wie in dem Werke „Elementarstructur" zum Theil niedergelegt ist, eignet sich diese Pflanze besonders zu Versuchen über die Polarität und die Theilungsfähigkeit.

Auch an dieser Wurzel wurde die Theilung nach der Längs- und Querrichtung vorgenommen.

Merkwürdig ist die Erscheinung, dass Sprosse dieser Pflanze, welche unter normalen Verhältnissen gestauchte Internodien hat, unter Abschluss des Lichtes entwickelte Stengelglieder treiben[3]). Die Blätter der Blattrosette sind auseinander gerückt.

Als Grenze der Theilbarkeit ergab sich in meinen Versuchen eine Länge der Wurzel von 22 *mm*. Die Wurzelstücke wurden im Lichte im wasserdunstgesättigten Raume cultivirt und bildeten nach fünfwöchentlicher Versuchsdauer Callus. Sprossbildung wurde erst dann beobachtet, wenn die oben genannte Wurzellänge überschritten wurde. Dieselben Versuche im Dunkeln ausgeführt ergaben ein negatives Resultat. An längeren Wurzelstücken (60—80 *mm* lang), die der Länge nach in die Hälfte gespalten wurden, kann man wahrnehmen, dass bei Cultur im Sand die Sprossbildung aus dem Cambium vom Wurzelende gegen das Sprossende stufenartig an Intensität zunimmt, wie im entgegengesetzten Sinne die Wurzelbildung aus den Lenticellen der Rinde.

Armoracia rusticana.

Bei den Versuchen mit *Armoracia* wurden Wurzeln von 40—60 *mm* im Durchmesser verwendet.

Die Aussenrinde ist vielfach gerunzelt und hat zahlreiche Knospen, welche nach ihrer Isolirung in Verbindung mit einer gewissen Menge von Nährgewebe sich sehr bald zu Blattbüscheln ausbilden, und zwar geht diese Bildung, wie es auch selbstverständlich ist, in viel kürzerer Zeit vor sich, als die Callus- und Organbildung aus den Schnittflächen des isolirten Wurzelstückes. Man findet überdies besonders am oberen Wurzeltheil knotenartige Verdickungen, welche als Knospen deshalb nicht bezeichnet werden können, weil sie keinen Vegetationspunkt haben, doch tragen sie den Charakter von Adventivbildungen an sich.

Wird ein solcher Knoten mit einer Scheibe der Wurzel oder auch für sich abgetrennt, so entwickelt sich dieses Gebilde bald zu einem Spross. Vermeidet man beim Zerschneiden der Wurzelscheiben für Reproductionsversuche eine solche Knospe, so entwickeln sich der Callus und die jungen Organe aus den Schnittflächen.

---

[1]) Vogl, Commentar zur österr. Pharmacop., I, S. 334.

[2]) Wiesner, Biologie, S. 51.

[3]) Vergl. Wiesner, Ueber den absteigenden Wasserstrom (Botan. Zeitung, 1889, Nr. 1 und 2).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Grenze der Theilbarkeit wurde durch Schnitte senkrecht und parallel zur Längsaxe der Wurzel zu ermitteln versucht. Stellt man an einer Reihe von Wurzelstücken Schnitte her, welche parallel zur Längsaxe an verschiedenen Stücken so geführt sind, dass am ersten Stück ein kleiner Theil der Knospenanlage, am nächsten Stück noch weniger von der Anlage, am folgenden Stücke nichts mehr von der Organanlage vorhanden ist, so kann man die Wahrnehmung machen, dass im selben Masse, als die Schnitte gegen den Mittelpunkt der Wurzel vorschreiten, die Reproduction immer langsamer vor sich geht, was leicht erklärlich ist, da die Menge der angelegten Zellen immer geringer wird. Da aber zu jedem der früher angeführten Organanlagen Gefässbündel und Cambiumstränge vom Cambiumring der Wurzel abzweigen, wird bei parallel zur Längsaxe der Wurzel geführten Schnitten immer noch ein Theil der Gefässbündelabzweigung stehen bleiben, bis endlich der Cambiumring erreicht wird.

Die Geschwindigkeit der Reproduction und der Grad derselben nimmt in gleichem Masse ab. Ist noch eine Sprossanlage vorhanden, so wird diese bald ausgebildet, sind nur das Cambium und die Gefässbündel vorhanden, so kommt es über die Callusbildung nicht hinaus.

Die anatomischen Verhältnisse der *Armoracia*-Wurzel sind folgende: Die Wurzel lässt am Querschnitt drei leicht unterscheidbare Partien erkennen: die Aussenrinde mit der darunter liegenden Innenrinde, den geschlossenen Cambiumring mit zahlreichen mit Gefässbündeln versehenen Auszweigungen zu den knospenartigen Anlagen an der Rinde der Wurzel, das centrale Parenchym (Markschichte). Die Rindenschichte besteht aus parenchymatischen Elementen, durchzogen von Cambiumzellen. Gefässbündel sind in dieser Partie nicht vorhanden. Im centralen Parenchym finden sich Gefässe und Cambiumzüge. Die Hauptrichtung der Gefässbündel und des begleitenden Cambiums ist parallel zur Längsaxe der Wurzel. Das ganze Parenchym ist mit zahllosen kleinen Stärkekörnern erfüllt.

Scheiben, welche aus der Vegetationsspitze näher gelegenen Theilen der Wurzel geschnitten sind, regeneriren viel rascher als Stücke der unteren Wurzelpartie.

1. An verschiedenartig geformten Stücken der Wurzel wurde die Callusbildung zuerst an den Kanten beobachtet, dann (etwa nach vier Wochen) am Cambium, weniger in der Rinden- und Markschichte.

2. Adventivwurzelbildung. Ein Stück Wurzel (50 *mm* lang) wurde im Sand im Warmhaus cultivirt; die an der Wurzel vorhandenen Knospenanlagen bildeten sich bald zu Sprossen aus. An der unteren Schnittfläche (Wurzelende) bildete sich Callus. Nach einiger Zeit entstanden aus diesem Wurzeln.

Der Versuch wurde am 23. Jänner eingeleitet, am 4. März waren die Adventivwurzeln schon 2 *cm* lang.

Im Callus, sowie in den neugebildeten Adventivwurzeln ist die Anlage von Gefässen zu beobachten. Der Anschluss der letzteren im Callus, wie in den Adventivwurzeln ist noch nicht vor sich gegangen, doch haben sich die Gefässenden schon genähert.

3. Scheiben von 20 *mm* Dicke. Das Rindenparenchym wurde entfernt und damit auch die Anlagen der Knospen. Wo der Schnitt die schon früher

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

erwähnten Abzweigungen der Gefässbündel getroffen hat, entstand ohne vorherige Callusbildung eine Gruppe von Sprossanlagen, die später zu Blättern ausgebildet wurde.

4. Scheiben von 1·5 *mm* Dicke. Die Callusbildung tritt zuerst in der Cambiumzone auf, von dort schreitet sie centripetal vor. Mitunter finden sich in der Markschichte einige isolirte Stellen von Callusbildung. Auch in der Rindenschichte ist Callusbildung zu beobachten, jedoch seltener.

Liegt ein von einer Knospenanlage radial verlaufendes Gefässbündel vom Parenchym entblösst an der Schnittfläche, so ist gar keine Callusbildung an dieser Stelle wahrnehmbar, da die Gefässe selbst nicht reproduciren. Ist hingegen das Gefässbündel durch eine Reihe von Zellschichten von der Schnittfläche geschieden, so ist die Callusbildung gerade über dem Gefässbündel begünstigt, ein Beweis dafür, dass die Nähe der Gefässe und des Cambiums für die Stelle der Reproduction von Bedeutung ist.

5. Die Rindenschichte für sich, die Markschichte mit dem Cambium, sowie die Markschichte für sich sind im Stande von einander unabhängig zu reproduciren. Zu diesem Zwecke wurden dickere Scheiben (ca. 20 *mm*) aus *Armoracia*-Wurzeln geschnitten. An einer Partie der Wurzelscheiben wurde die Markschichte allein, an einer zweiten Partie die Rindenschichte allein, an einer dritten Partie die Markschichte mit dem Cambium cultivirt.

Es zeigte sich, dass bei allen drei Abänderungen dieses Versuches Callus erzeugt wurde. In erhöhtem Masse findet die Callusbildung am Cambium statt, da aber alle Theile der Wurzel Cambiumzüge enthalten, so ist jeder Theil der Wurzel zur Reproduction geeignet. Die Vorgänge an Wurzelstücken von *Amoracia* sind in kurzer Zusammenfassung folgende: die vom Schnitt getroffenen wie auch die benachbarten 3—8 Zellreihen werden gebräunt, d. h. der Zellinhalt wird durch eine braune Masse ersetzt, die Membranen sind gebräunt. Die Gefässe werden durch eine braune, gummiartige Substanz verstopft, welche mit KOH sich intensiv gelb, mit Phloroglucin $+ HCl$ sich lebhaft roth färbt. Die darunter liegenden Zellenreihen sind durch den geringen oder ganz fehlenden Stärkegehalt abgegrenzt. Sie erscheinen hell, während die stärkeführenden Zellen durch die höhere Lichtbrechung dunkler gefärbt erscheinen. Die noch unveränderten Zellen vermehren sich durch tangentiale Zellwände. Es wird ein Periderm gebildet. Die in diesen Zellen vor der Führung des Schnittes aufgespeicherten Stärkekörner scheinen aufgezehrt worden zu sein.

Die Bildung der Wurzel geschieht exogen aus dem Callus. Die Möglichkeit der Organbildung, wie die der Callusbildung ist bei der Wurzel der *Amoracia* weit zu verfolgen. Die Grenze der Theilbarkeit ist bei meinen Versuchen bis zu einer 2 *mm* dicken Scheibe zu verfolgen. Die Anzahl der der Dicke der Scheibe nach übereinander liegenden noch lebensfähigen Zellreihen betrug 21. Sobald die Bräunung der Zellen von beiden Schnittflächen her soweit vorschreitet, dass zwischen beiden gebräunten Zonen keine intacten Zellen mehr vorhanden sind, so ist die Grenze der Reproduction überschritten, da die gebräunten Zellen nur als Schutz, aber nicht mehr als meristembildende Elemente zu betrachten sind.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Brassica Rapa (weisse Rübe).

Die Callusbildung geht selbst an sehr dünnen Stellen (1·5 *mm*) grösserer Scheiben schnell vor sich, ist aber von sehr geringer Lebenskraft. Organbildung habe ich nicht beobachtet. Aus der oberen Hälfte einer Rübe geschnittene Scheiben bildeten an ihrem unteren (Wurzelende) eine solche Menge von Callus, dass die Scheibe nach unten vorgewölbt, an der oberen Fläche concav wurde, weil hier die Callusbildung noch weit zurück war. Ebenso bildeten Würfel aus einer Rübe geschnitten und mit dem Wurzelende nach oben gewendet, zuerst an diesem Ende reichlich Callus. Die äussersten durch den Schnitt verletzten Zellreihen werden gebräunt und dann abgestossen. Die darunter liegenden noch lebensfähigen Zellen sind sehr wasserreich und weisen eine Vorwölbung ihrer Membran gegen die Schnittfläche auf.

Beta vulgaris (rothe Rübe).

Die rothe Rübe zerfällt morphologisch in zwei äusserlich wenig kenntliche Theile, die in einander übergehen. Das Hypocotil mit einer glatten Epidermis und weniger tief angelegten Axillarknospen und die Wurzel mit stärkerer Epidermis und zahlreicheren, mehr hervortretenden Lenticellen.

Am Querschnitt sieht man die Cambiumringe concentrisch angeordnet. In das zwischen den Ringen liegende Parenchym zweigen Cambiumzellen aus. Der Verlauf der Gefässbündel ist in der Richtung der Längsaxe, parallel mit der Oberfläche der Wurzel.

Die Reproduction aus den Schnittflächen geht bei dieser Pflanze langsam vor sich. Die Callusbildung bedarf einer Zeit von 4—8 Wochen und dann bleiben meistens die entstandenen Calluswülste unverändert. Liegen Wurzelscheiben derartig im Sande eingebettet, dass ihre Fläche gerade noch vom Sand bedeckt ist, so ist — jedenfalls unter der Einwirkung des Lichtes und dem erhöhten Sauerstoffzutritt — an nach der Längsaxe horizontal orientirten Wurzelstücken eine lebhafte Entwicklung der Lenticellen oder Axillarknospen wahrzunehmen. Wenn hingegen bei senkrechter Orientirung der Längsaxe eine der Schnittflächen dem Lichte und der Luft mehr ausgesetzt ist, so wird die Sprossbildung aus dem Callus an dieser Fläche begünstigt.

Adventivwurzelbildung aus dem Callus habe ich nicht beobachtet, doch bilden die entwickelten Axillar- und Adventivsprosse an ihren Knoten bald Wurzeln.

Wurzelscheiben, welche aus dem hypocotylen Theile der Rübe geschnitten sind, bilden die angelegten Axillarknospen zu Laubsprossen aus, während Theile der Wurzel aus ihren Lenticellen reichliche Adventivwurzeln, aber nur selten Sprosse bilden. Auch an dieser Pflanze geht die Entwicklung aus den Lenticellen und Axillarknospen viel schneller vor sich, als die Neubildung von Organen aus dem Callus.

Die Versuche wurden in vielfacher Gestalt vorgenommen. So bilden Würfel aus der Rübe geschnitten, so dass keine Epidermis vorhanden ist, reichlich Callus. Auch kleine Stücke von 20 *mm* Länge und 7·5 *mm* Dicke bilden noch Callus.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Medicago sativa (Schneckenklee).

Die Wurzeln dieser Kleeart sind arm an Parenchym, die Gefässe stark verholzt. Die Langsamkeit der Reproduction ist jedenfalls von diesen Umständen abhängig. Der Callus ist sehr widerstandsfähig gegen den Einfluss von Schimmelpilzen und in seinem anatomischen Bau der Wurzel ähnlich.

Die Versuche, welche im Sand vorgenommen wurden, hatten erst nach dreimonatlicher Dauer einen Erfolg. An 70 *mm* langen und 7·5 *mm* dicken Wurzeln, welche zum Theil in normaler Lage, zum Theil mit dem Sprossende nach abwärts gerichtet waren, bildete sich am Wurzelende ein mächtiger Callus und in demselben eine Adventivwurzel. Das Sprossende bildete unbeeinflusst von der Lage der Wurzel nur wenig Callus.

Weitere Versuche im Lichte im absolut feuchten Raume ergaben nach einer fünfmonatlichen Versuchsdauer kein Resultat. Die meisten Wurzeln waren noch erhalten ohne jede Callusbildung. Das Gewebe an der Schnittfläche war auf ein grosses Stück zerstört. Versuche im Sand im Warmhaus ergaben ein minder günstiges Resultat, die Erscheinung des polaren Gegensatzes war dennoch zu bemerken. Die Callusbildung war gering und zeigte sich mitunter auch an in der Rinde durch grosse Turgescenz der Wurzel enstandenen Rissen.

II. Polarität.

Der Begriff der Polarität wurde von Vöchting[1]) aufgestellt, wenn auch dieselbe Erscheinung schon von viel älteren Beobachtern wie Duhamel u. A. erkannt worden war. Polarität nennt man den sichtbaren Gegensatz zwischen Spross- und Wurzelende in Beziehung auf einen ganzen Pflanzenstock oder einen seiner Theile. Es kann z. B. an einem Stück einer Weidenwurzel ein oberes (Spross-) Ende bezüglich des unteren (Wurzel-)Endes unterschieden werden.

Bei Reproductionsversuchen mit Stücken von Weidenzweigen zeigt sich, dass das obere Ende, welches früher der Vegetationsspitze näher war, vorwiegend Adventivsprosse, das entgegengesetzte Ende aber meist Adventivwurzeln entwickelt. Aehnliche Erscheinungen lassen sich fast an allen Organen der lebenden Pflanze nachweisen. Vöchting führte viele Versuche an ober- und unterirdischen Stammtheilen, Wurzeln, Blättern, selbst Früchten und Theilen des Blüthenstandes *(Gesnera)* aus. Pfeffer[2]) nennt dieselbe Erscheinung Verticibasalität. Die Ansicht der genannten Autoren wird von Sachs[3]) durch die Annahme von spross- und wurzelbildenden Stoffen in der Pflanze bekämpft. Sicher ist, dass die Polarität in der Eizelle durch die Schwerkraft mitbedingt wird. Leitgeb[4]) wies dies an

[1]) Vöchting, Organbildungen im Pflanzenreiche, I (1878) und Band II im Capitel: „Der polare Gegensatz am Compl. von Pflanzentheilen", S. 16—39.

[2]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II, S. 165.

[3]) Sachs, Stoff und Form der Pflanzenorgane; Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg, Bd. II, S. 469 ff. (1880). — Vergl. Vöchting, II, S. 188.

[4]) Vergl. Leitgeb, Zur Embryologie der Farne; Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissensch. in Wien (1878), Bd. 77, Abth. I, S. 222.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

der Eizelle von *Marsilea quadrifolia* nach. Wiesner[1]) widmet der Erscheinung der Polarität einen Theil des Capitels „Reproduction" in seinem Werke: Biologie.

Die Polarität kann auch aufgehoben werden, doch gehören solche Fälle zu den Ausnahmen. Versuche, welche Prof. J. Wiesner[2]) ausführte, bewiesen die Richtigkeit dieser Annahme. Es wurden Wurzelstücke von *Taraxacum officinale* von einer Länge von 5—6 *cm* an beiden Enden abgeschnitten, alle Nebenwurzeln, wie auch der Vegetationspunkt vollständig entfernt und die so hergerichteten Stücke im absolut feuchten Raum unter Zutritt des Lichtes bei gewöhnlicher Zimmertemperatur cultivirt. Es entstanden unter einer grösseren Anzahl von Versuchsobjecten an zwei Stücken an beiden Schnittflächen vollständig entwickelte Blattbüschel. Diese höchst interessante Erscheinung findet eine Erklärung durch das Resultat verschiedener Versuche, welche ich auf Anregung meines hochverehrten Lehrers Prof. J. Wiesner im pflanzenphysiologischen Institute in Wien unternahm.

Im October und November wurden Stücke von *Taraxacum*-Wurzeln, welche in der früher beschriebenen Weise zum Versuch vorbehandelt wurden, im absolut feuchten Raum unter Zutritt des Lichtes zur Reproduction gebracht. Die Callusbildung trat am Sprossende früher ein als am Wurzelende, und aus dem Callus am Sprossende entwickelten sich bald Sprosse mit den eigenthümlich gestalteten Blättern[3]), nämlich mit sehr verlängertem Blattstiel und einer in die Länge gestreckten Lamina. Während dieses Vorganges hatte sich am Wurzelende der Callus entwickelt und war lebhaft ergrünt. Das Ergrünen rührte von zahlreichen eingelagerten Chlorophyllkörnern her. Da das seiner Blätter und Nebenwurzeln vollständig beraubte Wurzelstück am Spross- wie am Wurzelende Chlorophyll enthaltende Gewebe gebildet hatte, so kann von der Aufhebung der Polarität in beschränktem Masse gesprochen werden, und es bilden die eben angeführten Versuche den Uebergang zur Bildung Chlorophyll tragender, blattartig geformter Organe. Zur Blattbildung kam es in keinem Falle dieser öfter beobachteten Erscheinung. Die Wurzelstücke hatten eine Länge von 15—20 *cm*. Bei der Mehrzahl der Versuche ist die Polarität deutlich ausgeprägt.

Wurzelstücke von 6—7 *cm* Länge und 0·75 *cm* Durchmesser von *Medicago sativa* bildeten in gleicher Weise, wenn das Spross- oder das Wurzelende nach oben gekehrt war, im feuchten Sande im Warmhause nach fünf- bis sechsmonatlicher Versuchsdauer am Wurzelende einen knollenartigen mächtigen Callus, aus dem schliesslich eine Wurzel gebildet wurde, während der Callus am Sprossende klein und steril blieb.

Auch an sehr dünnen, die äusserste Grenze der Theilungsfähigkeit erreichenden Scheiben der Wurzel von *Armoracia rusticana* ist eine Polaritätserscheinung wahrnehmbar, die um so auffallender ist, als das den Callus reproducirende Gewebe von dem reproductionslosen oft nur durch einige Zellreihen

---

[1]) Wiesner, Biologie, S. 133 ff.

[2]) Wiesner, Elementarstructur, S. 112, Anmerkung.

[3]) Vergl. Wiesner, Biologie, S. 51.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

getrennt ist. Die Callusbildung ist stets an der morphologischen Oberseite der Scheibe begünstigt.

Auch durch die Ringelung von Zweigen verschiedener Holzgewächse können Polaritätserscheinungen hervorgerufen werden, da jedes zwischen zwei Ringelstellen liegende Zweigstück eine morphologische Einheit darstellt, d. h. an seinem unteren Ende vorwiegend Wurzeln, an seiner oberen Begrenzung vorwiegend Sprosse zur Ausbildung bringt[1]).

Nach Vöchting sind in der Theorie Polaritätserscheinungen für jede einzelne Zelle anzunehmen; experimentell kann aber dieser Satz nicht geprüft werden, deshalb, weil es unmöglich ist, eine einzelne Zelle aus dem Gewebeverbande herauszulösen, zu ernähren und zur Reproduction zu bringen. Versuche nach dieser Richtung können in zweckmässiger Weise nur mit den kleinsten Stücken des betreffenden Organes angestellt werden, welche noch das Reproductionsvermögen besitzen. Derartige Versuche fallen zum grössten Theil mit Experimenten über die Grenze der Theilbarkeit zusammen.

Wenn ich also im Nachstehenden einige Polaritätsversuche mittheile, die ich mit sehr dünnen Scheiben von *Armoracia*-Wurzeln angestellt habe, so ist eine Beschreibung derselben in aller Kürze möglich, weil ich bezüglich der anatomischen Verhältnisse auf jene Ausführungen verweisen kann, welche bereits bei den Versuchen mit denselben Pflanzen im Abschnitte über die Grenzen der Theilbarkeit ausführlicher erörtert worden sind.

Sobald Scheiben von *Armoracia*-Wurzeln in Sand gebracht worden sind, bildet sich durch Absterben der äussersten vom Schnitt getroffenen und der diesen Partien zunächst liegenden Zellen, wie auch durch Ausfüllung der Gefässe mit einer gelbbraunen, gummiartigen Masse ein Abschluss des Wurzelstückes und zugleich ein Schutz vor allzu grosser Transpiration, und es beginnt unter dem Schutze dieser Decke eine rege Zelltheilung durch Anlage von parallel zur Schnittfläche orientirten Zellwänden. Diese neue Gewebeform ist als Meristem zu bezeichnen, da dieselbe den Uebergangszustand des Gewebes darstellt, in welchem die Bildung der neuen Organe durch auf die eben erwähnten parallelen Zelltheilungswände in schiefem Winkel gerichtete und wie um ein bestimmtes Centrum gruppirte Zellwände eingeleitet wird. Von diesen Vorgängen ist äusserlich nur die Bräunung der Schnittflächen zu erkennen, alle anderen Vorgänge spielen sich im Gewebe ab. Erst das Erscheinen eines Callus an der Schnittfläche ist die durch vermehrte Zelltheilung im Inneren und durch Sprossung bei genügendem Raume ermöglichte Fortsetzung der Meristembildung nach aussen.

Da die Organbildung an *Armoracia rusticana* selten vor sich geht, wurde auch eine beiderseitige (nichtpolare) Organbildung nicht wahrgenommen; es ist

[1]) Aus der Wurzel der weissen Rübe geschnittene Scheiben bildeten an ihrem unteren Ende (Wurzelende) eine solche Menge von Callus, dass eine Vorwölbung der unteren Fläche und in Folge des an der oberen Fläche fehlenden Callus eine Concavität der Schnittfläche entstand. Ebenso bilden Würfel aus der weissen Rübe geschnitten, die mit dem Wurzelende nach oben gewendet werden, an dieser Fläche eine mächtige Callusschichte, während am entgegengesetzten Ende erst viel später die Meristembildung eintritt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

aber nicht ausgeschlossen, dass bei Versuchen in noch ausgedehnterem Massstabe die Erscheinung der Aufhebung der Polarität, wie sie an *Taraxacum*-Wurzeln beobachtet wurde, eintreten könne.

Um den Einfluss der Schwerkraft auf die Callusbildung an dünnen Wurzelscheiben derselben Pflanze kennen zu lernen, wurde eine grössere Anzahl solcher dünner Scheiben in drei Versuchsreihen getheilt: 1. Die morphologische Oberseite der Wurzelabschnitte nach oben gekehrt; 2. die morphologische Unterseite nach oben; 3. beide Schnittflächen in gleichem Masse dem Einflusse der Schwerkraft ausgesetzt durch senkrechtes Aufstellen der Scheiben im Substrat. Das Resultat dieser Versuche war, dass in den meisten Fällen ein polares Verhalten der Callusbildung unabhängig von der Lage des Versuchsobjectes wahrnehmbar ist.

Es scheint aus Versuchen mit anderen Pflanzentheilen, als mit Wurzelstücken von *Beta vulgaris, Daucus Carota, Brassica Rapa* u. a. m. hervorzugehen, dass die Callusbildung noch nicht als Polaritätserscheinung zu bezeichnen ist, wenn auch das Verhalten von *Medicago*-Wurzeln eine Ausnahme macht, sondern dass diese Bildung als Reactionswirkung der Verwundung durch die vermehrte Zufuhr plastischer Stoffe zu betrachten sei.

Wenn wir die Ergebnisse sämmtlicher Versuche, welche von verschiedenen Forschern unternommen wurden, überblicken, so müssen wir sagen, dass die Polarität als eine dem Organismus vermöge seiner Organisation eigenthümliche Erscheinung zu betrachten ist, wenn gleich nicht zu leugnen ist, dass äussere, uns jetzt noch nicht genauer bekannte Umstände in bestimmten Fällen eine Aufhebung der Polarität bedingen. Die Versuche, welche von Wiesner angestellt wurden, werden bei weiteren Studien über die Polarität als Ausgangspunkt anzunehmen sein.

Unter den von mir mitgetheilten Versuchen habe ich einen besonders hervorgehoben, dessen Ergebniss meiner Meinung nach die Brücke bildet zwischen jenen Versuchen mit ausgesprochener Polarität und dem früher angeführten Versuche Prof. Wiesner's.

III. Callus.

Zur Callusbildung im engeren Sinne gehören alle dichten, reihenweise geordneten, meristematischen, farblosen zarten Vernarbungsgewebe, die noch nicht in bestimmte Dauergewebsform differencirt sind, deren Zellreihen noch an der Spitze fortwachsen und aus welchen Organe gebildet werden können[1]).

Zu den callösen Bildungen im weiteren Sinne müssen wir auch die Periderm-[2]) und Korkbildungen rechnen.

Zerschneidet man eine Kartoffel in Stücke und lässt dieselben bei gewöhnlicher Zimmertemperatur frei liegen, so wird an den Schnittflächen die fehlende

[1]) Vergl. A. v. Kerner, Pflanzenleben, II, S. 29 und 40.

[2]) Vergl. Wiesner, Ueber das Saftperiderm; Oesterr. botan. Zeitschr. (1890), Nr. 3, und Wiesner, Elementarstructur, S. 140.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Epidermis durch Periderm ersetzt. An anderen Organen wird das verletzte Parenchym durch Wundkork ausgeheilt.

Die Ursache der Callusbildung (im weiteren Sinne) ist meist eine Verletzung.

Um aber einen Callus zu bilden, der später als Nährgewebe und als in vielen Fällen auftretendes Uebergangsgebilde vom entwickelten Gewebe des Organes zu einer neuen Anlage vorhergehen muss, bedarf die Pflanze günstiger Bedingungen.

Eine zerschnittene und in ein Wohnzimmer gebrachte Kartoffel vermag aus der Schnittfläche weder Wurzeln noch Sprosse zu treiben, unter günstige Bedingungen gebracht, d. h. unter dem Einflusse eines gewissen Feuchtigkeits- und Wärmegrades, bilden sich Sprosse und Wurzeln aus Kartoffelstücken, welche aller angelegten Organe beraubt wurden. — Viele Pflanzen mit holzigen Stämmen lassen sich nur bei höherer Bodenwärme vermehren. Zugleich ist auch eine Verletzung des reproducirenden Organes nothwendig oder wenigstens von günstigem Einfluss. Die Raschheit der Callusbildung hängt ab von der Natur der Pflanze, dem verletzten Organ und den gebotenen Bedingungen. Man findet an alten geköpften Weiden oft einen wulstartigen Callus, an dessen vergrautem Periderm zweifellos zu erkennen ist, dass der Callus schon einige Jahre alt ist, doch ist noch keine Organbildung eingetreten. Wenn es aber die Oeconomie der Pflanze verlangt, geht die Callusbildung auch sehr schnell vor sich[1]).

Bei vielen Stecklingen, welche die Gärtner in das Warmhaus bringen, tritt die Callusbildung in wenigen Tagen ein *(Coleus, Iresine, Achyranthes).*

Die Neubildung von Organen an Wundflächen überhaupt geht, soweit meine Erfahrung reicht, nie ohne vorhergehende Callusbildung vor sich. Man muss bei der Beurtheilung dieser Frage sehr vorsichtig zu Werke gehen, da leicht sehr verborgene (tief im Gewebe angelegte und noch wenig entwickelte Organe) als neu angelegt betrachtet werden können, während sie bloss weiter entwickelt wurden.

In vielen Fällen hat der Callus mit dem Verschluss der Wunde seine Aufgabe erfüllt und wird dann durch ein dauerndes Hautgewebe nach Aussen abgeschlossen, da inzwischen axillar oder aus den Lenticellen des zu vermehrenden Stammes entwickelte Wurzeln die Ernährung der Pflanze besorgen. Es ist dies der häufigste Vorgang.

Zu alte oder auch schon in jüngeren Stadien stark verholzte Gewebe bilden keinen Callus[2]), da die Menge der plastischen Stoffe und die Theilungsfähigkeit ihrer Zellen nicht ausreichend sind.

Bei Versuchen, welche mit Stücken von Wurzeln vorgenommen wurden, geschah die Callusbildung an den protoplasmareicheren, minder verholzten Gewebepartien. Fast an allen Holzgewächsen geht die Callusbildung vom Cambium und

---

[1]) Ich beobachtete einmal ein kräftiges Exemplar einer Esche. Der rasch eintretende Frost hatte eines Tages den Stamm auf mehr als 1 *m* Länge durch einen tief in das Holz reichenden Spalt zerrissen. In drei Monaten war der Spalt fast ganz, in zehn Monaten vollständig von Wundcallus überwallt.

[2]) Vergl. Wiesner, Elementarstructur, S. 87.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

den unmittelbar unter der Rinde liegenden Elementen aus und schreitet centripetal vor, indem sie einen wulstartigen Ring über der Wundstelle bildet. Das Mark und das Holzparenchym betheiligen sich meist gar nicht an der Heilung der Wunde. Manchen Holzgewächsen, welche durch eine rege Callusbildung an ihren Abschnitten ausgezeichnet sind, z. B. *Ailanthus, Populus, Salix,* verschiedene *Acer*-Arten, *Eleagnus, Aesculus, Fraxinus excelsior* u. a., sind andere gegenüber zu stellen, die gar keine Wundverheilung bilden (Fichte, Tanne, Föhre, überhaupt die meisten Coniferen, *Robinia, Pseudacacia, Lonicera, Viburnum Lantana).*

Der Zweck der Callusbildung ist ein mehrfacher: 1. Zur Wundheilung (Schutz vor zu grosser Transpiration); 2. zur Ernährung der aus demselben entstehenden Organe; 3. als assimilirendes Gewebe; 4. als nothwendiges Uebergangsgewebe zwischen dem Zellgewebe der fertigen Pflanze und dem neu anzulegenden Organ.

1. Die Wundheilung und dadurch die Verminderung der Transpiration geschieht zuerst und meist rasch. Manche Stecklinge kommen über die Callusbildung nicht hinaus. In manchen Fällen ist mit der Wundheilung schon der Zweck der Callusbildung erreicht.

Oft kommt es an Pflanzentheilen zur Bildung eines Callus, welcher entweder nicht weiter entwickelt wird[1]), obwohl derselbe einen bedeutenden Umfang erreicht, oder erst nach längerer Ruhe, sei es ohne mechanische Eingriffe oder erst nach erfolgter Verletzung, Organe entwickelt.

Sorauer führt in seiner populären Pflanzenphysiologie, S. 169 einige Fälle an, in welchen eine mächtige Callusbildung bemerkbar ist, aber ohne künstliches Einschneiden derselben keine Wurzeln gebildet werden[2]) (Coniferen, Neuholländer, Eriken).

Im Laufe meiner Versuche konnte ich ein ähnliches Verhalten an Wurzelstücken von *Beta vulgaris* (Culturvarietät: rothe Rübe), die in Scheiben geschnitten worden und in einem Warmhaus im feuchten Sand gezogen worden waren, beobachten.

Aus den Cambiumringen bildete sich an mehreren Stellen Callus, der sich nach drei- bis viermonatlicher Versuchsdauer mit einem derben Periderm umgab und so in ein ruhendes Stadium überging, ohne eine Spur von Organbildung erkennen zu lassen Verletzungen dieses Callus wurden nicht versucht. Ich bezeichne einen derartigen Callus als „ruhenden Callus", da er eines äusseren

---

[1]) Vergl. Wiesner, Elementarstructur, S. 103.

[2]) Eine merkwürdige Beobachtung über die Wundheilung an vom Blitz getroffenen Rebenschösslingen machte Prof. E. Ráthay (Ueber eine merkwürdige, durch den Blitz an *Vitis vinifera* hervorgerufene Erscheinung; Denkschriften der kais. Akad. der Wissensch. in Wien, 58. Bd., 1891, S. 22 ff.). Der Blitz hat den Rinden- und Holzkörper bis auf das Cambium getödtet. Das letztere schützte sich durch Eintrocknung seiner oberen Zellschichten (Wundkorkbildung) vor zu grosser Transpiration und äusseren Einflüssen und bildete unter dem Schutze des Korkes einen Callus, welcher die fehlenden Elemente wieder zu ersetzen strebte. Dieser Vorgang ist der Wirkung der Ringelung ähnlich.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Anstosses bedarf, um activ zu werden, d. h. Organe zu bilden. Auch an anderen Stecklingen ist das Callusstadium ein schwer zu überwindendes Hinderniss bei Reproductionsversuchen. Bei mit Wurzelstücken von *Medicago sativa* eingeleiteten Versuchen, welche sich als dauerhafte, weil der Bacterien- und Schimmelbildung vermöge ihres derben, holzigen Gewebes fast gar nicht ausgesetzte Versuchsobjecte erwiesen, bildete sich ein mächtiger, knollenartiger Callus am Sprossende, nach einigen Monaten bildete sich daraus eine Wurzel. Versuche im absolut feuchten Raume im Lichte mit derselben Pflanze zeigten von Juni bis December noch gar keine Callusbildung.

2. Der Callus ernährt die aus ihm entwickelten Organe, da er Reservestoffe aufspeichert, und in seinem Gewebe cambiale Elemente und die ersten Gefässe angelegt werden, durch deren Anschluss an die bereits vorhandenen Gefässe des Muttergewebes einerseits und an die jugendlichen Organe andererseits eine Verbindung zwischen dem Hauptstock und dem neuen Organ hergestellt wird. Je plasmareicher der Callus ist, desto mehr günstige Bedingungen sind für die Reproduction aus dem Meristem gegeben. Manche Callusgewebe, z. B. an Wurzelstücken von *Amoracia rusticana,* enthalten reichlich Stärke, der Callus an *Beta*-Wurzeln enthält Zucker, also die wichtigsten Elemente zum Aufbau und zur Ernährung der Gewebe.

3. Manche Pflanzentheile, besonders Wurzeln, haben die Eigenthümlichkeit, wenn sie im Lichte und im mit Wasserdampf gesättigten Raume cultivirt werden, in ihrem Callus Chlorophyllkörner zu entwickeln. *Taraxacum officinale* und Wurzelscheiben der *Amoracia* lassen diese Erscheinung sehr oft und deutlich erkennen. Es ist also einem solchen meristematischen Gewebe die Fähigkeit gegeben, seinen eigenen Mutterstock mit neuen plastischen Stoffen zu versorgen. Diese Erscheinung ist um so auffälliger, wenn sie am Wurzelende einer an beiden Enden abgeschnittenen Wurzel von *Taraxacum officinale* auftritt. Das Sprossende entwickelt rascher Callus und Sprosse als das Wurzelende, und so wird dem Wurzelstück von den grünen Blättern der Sprosse wie auch vom ergrünten Callus vom Wurzelende her plastische Substanz zugeführt; der Callus versieht dann nicht bloss die Function eines die Transpiration verringernden Wundgewebes und eines Meristemes zur Bildung der Organe, sondern auch die eines, wenn auch nur vorübergehend assimilirenden Gewebes.

Es ereignete sich auch öfter, dass das Chlorophyll nach einiger Zeit verschwand und später Wurzelbildung aus dem Callus eintrat. Bei *Amoracia* blieben die ergrünten Meristeme erhalten.

4. Wir finden niemals unmittelbar aus einer Wundstelle entspringende Wurzeln oder Sprosse. Es scheint also begründet, wenn wir den Callus als Uebergangsgewebe, als Meristem, bezeichnen, zu welchem die Zellbildung erst herabsteigen muss, um erst wieder in diesem niedriger organisirten Gewebe die secundäre Eizelle anzulegen[1]), aus welcher Organe reproductiv gebildet werden.

---

[1]) Wiesner, Elementarstructur, S. 95.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Hansen[1]) verfolgte die Anlage neuer Sprosse an verwundeten *Begonia*-Blättern bis auf die erste Zelltheilung, welche durch eine tangential angelegte Querwand geschieht. Die Sprosse werden exogen aus Elementen der Epidermis, die Wurzeln endogen gebildet. Bei den Wurzeln wurde die Entwicklung von Hansen nicht bis zu den ersten Stadien verfolgt. Callusbildung ohne vorhergehende Verwundung wurde nach Hansen[2]) an den aus Blättern, beziehungsweise aus den Blattachseln oder Stamminternodien hervorgegangenen Sprossen folgender Pflanzen beobachtet: *Cardamine pratensis, Nasturtium officinale, Nasturtium silvestre, Veronica Beccalunga, Hottonia palustris, Ranunculus fluitans, Polygonum amphibium, Atherurus ternatus.*

Eine grosse Menge verschiedenartiger Callusbildungen treffen wir an absichtlich, meist zum Zweck der Reproduction verwundeten Pflanzen; diese Callusbildungen sind auch äusserlich leicht kenntlich.

Bei vielen unserer Versuche kommt es nicht weiter als zur Bildung eines Callus, welcher dann oft zu Grunde geht. Wahrscheinlich kennen wir die günstigen Vegetationsbedingungen nicht genügend, um das zarte Gewebe erhalten zu können[3]).

Von der Callusbildung bis zur Anlage eines Organes hat das Gewebe noch sehr viele Veränderungen durchzumachen.

Armoracia-Wurzeln, welche leicht an Schnittflächen Callus wie auch Organe bilden, verhalten sich in folgender Weise: Es tritt zunächst eine oberflächliche Bräunung der Schnittfläche ein, hervorgerufen durch eine Ausfüllung der verletzten Zellen mit Wundgummi. Die Gefässe werden durch dieselbe Masse verstopft. Unter den gebräunten Zellschichten werden die noch unveränderten Zellen durch Zellwände in ein Phellogen verwandelt, welches sich bald zu Periderm umgestaltet. Durch diesen Vorgang werden die darüber liegenden Zellpartien von der Ernährung abgeschlossen, sie sterben ab und bilden mit den von Wundgummi erfüllten Zellen eine zusammenhängende Schutzdecke über der Wunde. Unter dieser Decke geht nun die Zelltheilung weiter vor sich, die durch Theilung enstandenen Zellen vergrössern sich, es treten neue Theilungswände auf und durch diese fortgesetzte Vermehrung der Zellen entsteht eine Anschwellung des ganzen meristematischen Zellensystemes. Ist die Callusbildung weiter vorgeschritten, so wird das Periderm gehoben und die bisher im Inneren verborgenen Vorgänge werden nach Aussen

---

[1]) Vergleichende Untersuchungen über Adventivbildung im Pflanzenreiche (1881), S. 40.

[2]) Hansen, l. c., S. 47.

[3]) Wie früher schon bemerkt wurde, eignen sich Scheiben aus der rothen Rübe geschnitten sehr gut zu Reproductionsversuchen, sind aber der Fäulniss leicht unterworfen, wenn die Wurzelstücke nicht mit fein gepulverter Holzkohle behandelt wurden. Diese Anwendung der Holzkohle als antiseptisches Mittel haben sich die Gärtner schon seit Langem zu Nutze gemacht. Dasselbe Verfahren haben die Zuckerrübenzüchter in neuester Zeit zur Erziehung der „asexuellen Rübe" angewendet. Gleichzeitig führten meine Versuche, unabhängig von den eben genannten Experimenten der Züchter, zu demselben Resultat. Ich habe die Anlagen der Adventivknospen am Hypocotyl der Rübe von der Wurzel abgeschnitten, in Stücke zertheilt, von denen jedes ein oder mehrere Knospen trägt, und im Warmhaus im Sand cultivirt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

durch eine Vorwölbung der Schnittfläche sichtbar. Die gebräunten, abgestorbenen Zellen werden jetzt abgestossen. Aus diesem Meristem können dann Organe entwickelt werden.

Nicht immer wird die Callusbildung durch eine Vorwölbung der Schnittfläche sichtbar. Es wurden zahlreiche Versuche mit Stücken von Kartoffelknollen angestellt, deren „Augen" sorgfältig entfernt worden waren.

Nach sechswöchentlicher Dauer des Versuches wurden vollkommene Sprosse aus dem Cambium gebildet. Die Anlage dieser Sprosse geschieht in folgender Weise: Nachdem die Schnittfläche sich mit Periderm bedeckt hat, beginnt darunter die Zelltheilung. In den die Gefässbündel begleitenden oder auch als selbstständige Verzweigungen auftretenden Cambiumzügen geht eine Zelltheilung vor sich, aus welcher die Knospenanlage entsteht. Diese wächst und schiebt die darüberliegenden Gewebspartien empor.

Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse.

1. Der Callus ist ein Schutz- oder Nährgewebe, in manchen Fällen auch die nothwendige Stätte der Meristem- und der Organbildung. Er schliesst die Wunden von Pflanzenorganen und schützt sie vor zu grosser Transpiration, wie auch vor schädlichen Einflüssen von Aussen her.

2. Die Gefässe reproduciren nicht.

3. Die Nähe der Gefässe in Verbindung mit cambialen Elementen ist für die Stelle der Meristembildung massgebend.

4. Auch das Parenchym für sich vermag (wenigstens Callus) zu reproduciren.

5. Parenchym- und protoplasmaarme Zellsysteme sind zur Reproduction minder geeignet.

6. Zur Reproduction ist nach den bisher unternommenen Versuchen eine bestimmte Höhe der Temperatur nothwendig (+ 17—24° C.).

7. Die Anlage der Organe an Wurzelstücken von *Armoracia rusticana* erfolgt im Callus exogen.

8. Die Grenzen der Theilbarkeit sind an Scheiben, welche aus der Wurzel von *Armoracia* geschnitten werden, bei 1·5 *mm* Dicke (21 Zellreihen) erreicht.

9. An holzigen Gewächsen geht die Grenze der Theilbarkeit weniger weit, als an protoplasmareichen Geweben (z. B. *Armoracia*).

10. Stücke von 1—2 *cm* Höhe, welche aus Kartoffelknollen geschnitten wurden, bilden Adventivsprosse.

11. Die Anlage von neuen Vegetationspunkten — secundären Eizellen — erfolgt in den Cambiumzügen der Kartoffelknolle.

12. Nach der Art der Reproduction sind die phanerogamen Gewächse einzutheilen in solche, welche aus ihren Internodien reproduciren *(Begonia, Heterocentron)*, und in solche, deren Internodienreste bis zum nächsten Knoten absterben

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

und erst aus diesem Organe reproduciren (z. B. *Peperomia* und die Mehrzahl der Phanerogamen).

13. Knospen sind zur Reproduction zu bringen. Doch habe ich nur die Callusbildung und darin die Anlage von Gefässbündeln beobachtet *(Fraxinus)*.

14. *Fagus silvatica* vermag nicht zu reproduciren.

15. Die Polarität kann auch vollständig aufgehoben werden.

16. Zur Zeit der grössten Saftfülle (März, April) geht die Reproduction an 2—4 jährigen Zweigstücken von *Salix purpurea* am raschesten vor sich.

17. Zur Zeit des Höhepunktes der Blattentwicklung (etwa um den 15. Mai) geht die Reproduction nach Entfernung der bereits entwickelten Blätter langsamer vor sich, als in den vorhergehenden Monaten.

18. Selbst heurige, noch krautige Sprosse von *Salix purpurea* bilden Callus und Adventivwurzeln.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 43

Autor(en)/Author(s): Rechinger sen. Karl

Artikel/Article: Untersuchungen über die Grenzen der Theilbarkeit im Pflanzenreiche. 310-334