

Experimentelle und histologische Studien über die Erscheinung der Verwachsung im Pflanzenreiche

von

Wilhelm Figdor.

(Mit 2 Tafeln.)

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

Der Ausdruck „Verwachsung“ wird in der botanischen Literatur sehr häufig gebraucht. Man versteht aber darunter zwei verschiedene Dinge, nämlich erstens die sogenannte Verwachsung von Blattorganen (z. B. in Blüten), welche aus getrennter Anlage durch Verbreiterung des Blattgrundes sich immer mehr und mehr einander nähern und schliesslich zu einem Ganzen verbunden, gewissermassen aus der Axe hervorschieben; sodann die echte Verwachsung, d. i. die nachträgliche organische Verbindung natürlich oder künstlich getrennter Theile, wie sie beispielsweise beim Pfropfen vorkommt. Nur mit diesen echten Verwachsungen werden wir uns in dieser Abhandlung beschäftigen. Ich muss aber gleich bemerken, dass Vieles, was in der Literatur als echte Verwachsung bezeichnet wird, diesen Namen nicht verdient, sondern auf eine Verkittung oder eine ähnliche Vereinigung hinausläuft, die nicht den Charakter einer organischen Verbindung besitzt.

Um sich im Allgemeinen rasch über die als „Verwachsung“ bezeichnete Erscheinung zu orientiren, halte ich eine Eintheilung derselben gemäss ihrer Entstehungsweise für zweckmässig.

Ich möchte demnach zwischen natürlich und künstlich hervorgerufener und zwischen normaler und teratologischer Verwachsung unterscheiden, je nachdem das Product der Ver-

wachsung als ein gewöhnliches Organ oder als eine spezifische Bildungsabweichung sich zu erkennen gibt.

Zu den natürlichen Verwachsungsprocessen zähle ich diejenigen, die sich in der Natur ohne Zuthun des Menschen, durch irgend welchen Zufall veranlasst, vollziehen, während zu den künstlich hervorgerufenen jene zu rechnen sind, die durch den Eingriff des Cultivateurs oder des Experimentators zur Erreichung eines bestimmten Culturzweckes, respective des Experimentes halber eingeleitet werden.

Sodann kommen noch jene Verwachsungen in Betracht, die ganz allgemein als Missbildungen (Bildungsabweichungen) aufgefasst werden. Hiebei ist die Möglichkeit einer Vereinigung¹ einerseits zwischen Theilen desselben Organes, anderseits zwischen Gliedern verschiedener, gewöhnlich gänzlich gesonderter Organe vorhanden. In jedem Falle kann die Verwachsung entweder in Folge eines Stillstandes in der Entwicklung oder in Folge des Zusammentretens von wirklich ursprünglich getrennten Organen entstanden sein.

Natürliche Verwachsungen von unterirdischen Organen treten verhältnissmässig häufig auf, insbesondere an von einer üppigen Vegetation begünstigten Orten. Göppert,² der als Erster Wurzelverwachsungen näher untersuchte, beobachtete eine solche bei *Abies pectinata*; *Pinus Pinaster*,³ *Taxus*,⁴ *Silybum marianum*,⁴ Möhrenwurzeln⁵ zeigen nach anderen Beobachtern dieselbe Erscheinung.

Bezüglich der künstlich hervorgerufenen Verwachsungsprocesse datiren die ersten Angaben⁶ aus dem Jahre 1768. Der Autor von „Des Jacinthes“ (Amsterdam, 1768, p. 124) durchschnitt Zwiebeln der blauen und rothen Hyacinthe und vereinigte je eine Hälfte der verschiedenen Culturvarietäten mit einander. Er constatirte nicht nur eine Verwachsung der Zwiebelhälften,

¹ Cf. Masters: Pflanzeneratologie, Übersetzung von Udo Dammer, Leipzig, 1886, S. 22.

² Moquin-Tandon: Pflanzeneratologie, deutsch von Dr. Schauer, Berlin, 1842, S. 271.

³ Gardener's Chronicle, 1884, Sept. 6.

⁴ Moquin-Tandon: l. c. S. 271.

⁵ L. c. S. 279.

⁶ Masters: l. c. S. 74.

sondern sogar auch des Schaftes.¹ Merkwürdigerweise waren die verschiedenfarbigen Blüten gemäss der Anordnung der Zwiebelhälften an den einzelnen Blütenständen orientirt. In neuerer Zeit wurden auch Pfropfungsversuche mit Knollen, hauptsächlich von *Solanum tuberosum*, eingeleitet, um die Frage der vegetativen Bastarderzeugung zu lösen. Besonders beachtenswerth sind in dieser Beziehung ausser den Untersuchungen von Taylor² und Magnus³ noch die Lindemuth's.⁴

Missbildungen (Bildungsabweichungen) endlich kommen auch auf diesem Gebiete nicht vereinzelt vor; eine annähernd vollständige Zusammenstellung derartiger Erscheinungen findet sich in den Teratologien von Masters und Moquin-Tandon.

Sobald man sich nur mit einigen der eben erwähnten Beispiele etwas eingehender befasst, so kommt man unwillkürlich auf den Gedanken, dass sehr oft bloss eine „Umwachsung“ oder auch „Verkittung“ an Stelle einer Verwachsung vorliegen musste. Diese Vermuthung wurde auch schon von Sorauer mit Recht aufgeworfen.

Von einer wahren „Verwachsung“ kann nur dort die Rede sein, wo eine Neubildung von Zellen eintritt, die von beiden Wundflächen der sich später vereinigenden Theile ihren Ausgang nimmt.

Schon Franke⁵ erwähnt in seinen Beiträgen ganz allgemein, dass „behufs einer Verwachsung die Gewebe, mit denen die betreffenden Pflanzentheile an den Contactflächen zusammentreffen, noch theilungsfähig sein müssen, wobei vermuthlich die Zellmembranen durch eine verkittende Substanz (eine Art Inter-cellularsubstanz) adhären“.

Bei einer „Verwachsung“ handelt es sich darum, dass die einzelnen, auf welche Art immer getrennten Theile eines Organes

¹ Dasselbe beobachtete Darwin.

² Taylor: Hildebrandt's bot. Ztg., 1869, S. 22.

³ Magnus: Sitzungsberichte d. bot. Ver. f. d. Provinz Brandenburg vom 30. October 1874.

⁴ Lindemuth: Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Thiele's landwirthschaftliche Jahrbücher, Berlin, 1878, Heft 6.

⁵ Franke: Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen. Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, III, 3, cit. bot. Centralblatt, 1882, Bd. X, Nr. 11, S. 401.

wieder zu einem einheitlichen Ganzen vereinigt werden. In der verwachsenen Zone muss genau dieselbe Art der Verbindung zwischen den einzelnen Zellen wie im normalen Gewebe vorhanden sein, und ist es mir in Folge dessen vollkommen unklar, wie Franke¹ von einer „Verwachsung“ reden kann, bei welcher er die vermittelnde Rolle der Verbindung einer „Kittsubstanz“ zuschreibt. Vielmehr ist auf Grund der Untersuchungen von Wiesner² die Sache wohl so aufzufassen, dass die organische Vereinigung durch die Verbindung lebender Zellmembranen vor sich geht.

Wir müssen, um mit Frank³ zu reden, eine Verwachsung so verstehen, dass die beiden mit einander verbundenen Theile in organische Continuität gesetzt werden.

Mit dieser Erklärung bin ich vollkommen einverstanden. Da jedoch Frank⁴ einmal eine „Verwachsung“ constatirt und dieselbe dadurch zu beweisen sucht, dass bei der Herstellung mikroskopischer Schnitte die verwachsenen Partien nicht von einander wichen, und ich, wie weiter unten folgen wird, in einigen Fällen eine sehr innige Verbindung durchschnittener Pflanzentheile durch Verkittungen beobachtete, so will ich gleich hier auf die Unzulässigkeit einer solchen Beweisführung aufmerksam machen.

Nach dieser allgemeinen Auseinandersetzung meiner Ansicht über „Verwachsungen“ gehe ich nun zum experimentellen Theile meiner Arbeit über. Den Schluss soll die Histologie der verwachsenen Stellen bilden.

Experimenteller Theil.

Bei Beschaffung des Untersuchungsmateriales habe ich mich nicht auf den Zufall verlassen, sondern die Verwachsung selbst eingeleitet, wodurch ich den Vortheil hatte, alle Bedingungen zu kennen, unter welchen die Verwachsung erfolgte. Vorversuche hatten mich gelehrt, dass sich rübenförmige Wurzeln und knollen-

¹ Franke: l. c.

² Wiesner: Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut. Diese Sitzungsber., Bd. 93 (1886), Abth. I.

³ Frank: Die Pflanzenkrankheiten, in Schenk's Handbuch der Botanik, I. Bd., 1881, S. 393.

⁴ Frank: l. c. S. 384.

förmige Stämme, beziehungsweise Wurzeln zu den Versuchen am meisten eignen, wesshalb ich an diesen meine Studien durchführte. Meine Untersuchungen erstreckten sich auf die schon erwähnten Parteen folgender Pflanzen: *Daucus Carota*, *Beta vulgaris* (rothe Rübe), *Brassica Rapa* (weisse Rübe), *Solanum tuberosum*, *Dahlia variabilis*, *Helianthus tuberosus*, *Stachys affinis*, *Cyclamen europaeum*, *Begonia* sp. und *Iris germanica*. Die drei ersten Pflanzen besitzen rübenförmige Wurzeln, alle übrigen Knollen, mit Ausnahme von *Iris germanica*, die ein Rhizom hat. Übrigens kann man, wie meine Versuche lehren, nach dem morphologischen Charakter der Wurzeln gar nicht die Möglichkeit einer Verwachsung von vornherein beurtheilen. Denn die einzelnen Pflanzen verhalten sich je nach den äusseren Bedingungen, unter denen sie stehen, ganz verschieden.

Die Versuche leitete ich in der Weise ein, dass ich z. B. eine Knolle mit Hilfe eines scharfen Messers in zwei Hälften theilte, dieselben sodann möglichst genau wieder auf einander passte, mit Lindenbast verband und die Wundränder mit Baumwachs, wie man solches beim Propfen von Obstbäumen verwendet, verschloss. Solche Knollen legte ich sodann bei einer durchschnittlichen Temperatur von 16°—19° C. in Sand, während ich die rübenförmigen Wurzeln mit leichter Erde bedeckte, die mässig feucht gehalten wurde, um eine allzu starke Transpiration hintanzuhalten. An in dieser Weise behandelten Exemplaren konnte ich nach einer bei verschiedenen Pflanzen verschieden langen Zeit eine Verwachsung constatiren.

Die Versuche mit zerschnittenen Organen, die entweder nur verbunden oder bloss verklebt wurden, ergaben trotz mehrfacher Wiederholung in keinem einzigen Falle ein positives Resultat.

Auf Grund der an dem Untersuchungsmateriale gewonnenen Erfahrungen möchte ich die Organe je nach ihrer Fähigkeit zu verwachsen, in folgende vier Kategorien bringen:

1. Organe, die eine dauernde Verwachsung eingehen;
2. solche, die zuerst verwachsen und dann zu beiden Seiten des neugebildeten Gewebes ein Periderm erzeugen;
3. Organe, welche die Neigung zur Verwachsung haben, bei denen aber gewöhnlich die Verbindung der Schnittfläche durch „Verkittung“ erfolgt, und endlich

4. Organe, die, soweit meine Untersuchungen reichen, gar nicht durch Verwachsung auf die Verwundung reagieren.

Ich will nun auf die nähere Besprechung dieser vier Punkte eingehen, wobei ich bemerke, dass ich stets erst auf Grund mikroskopischer Untersuchung urtheilte, ob eine Verwachsung eingetreten sei oder nicht.

Nebenbei werde ich auch einige wichtige Beobachtungen, die ich mit freiem Auge machte, erwähnen.

Zu den Pflanzen, bei denen der erste Fall zutrifft, gehören *Cyclamen europaeum* und *Brassica Rapa*. Die Erdscheibe benöthigt eine verhältnissmässig lange Zeit zur Verwachsung, indem erst nach circa zwei Monaten eine solche constatirt werden kann. Die Fläche, in der die Verwachsung eingetreten ist, zeigt eine bräunlich-violette Färbung.

Bei *Brassica Rapa*, sowie auch bei dem sub 2. angeführten *Solanum tuberosum* kann man schon nach bedeutend kürzerer Zeit (circa 10 Tagen) eine Verwachsung beobachten. Das Verwachsungsgewebe von *Brassica* unterscheidet sich von dem normalen in gar nichts. Die beiden Schnittflächen werden von Zellsträngen, die selbst in der Breite eine Mächtigkeit von einigen Millimetern erlangen, überbrückt und führen grösstentheils viel Zellsaft, wodurch sie ein beinahe hyalines Aussehen bekommen.

Unter 2. gehört die Kartoffelknolle, welche deshalb besonders interessant ist, weil bei derselben zwei verschiedene Arten der Neubildung von Zellen vorkommen, wie im histologischen Theile näher auseinandergesetzt werden wird. Wenn man nämlich ungefähr nach Ablauf der ersten 8 Tage eine auf die oben angegebene Weise behandelte Kartoffel anschneidet, so sieht man vorderhand bloss eine innige Verwachsung in der Gegend des Gefässbündelringes und eventuell auch in der Nähe eines Auges, wenn zufälligerweise ein solches in der Schnittfläche lag. Von dem Oberflächenperiderm der Kartoffel erstreckt sich ein braunes Gewebe zu beiden Seiten der Schnittfläche soweit hin, bis eine Verwachsung sichtbar wird. In der Mitte der Kartoffel hat sich hingegen ein klaffender Spalt gebildet, dessen Bildung auf keinen Fall allein durch die Druckwirkung des die beiden Hälften verbindenden Lindenbastes verhindert werden konnte.

Dass ein solcher Spalt sich bildet, ist in Folge der mechanischen Vertheilung der Gefässbündelelemente nicht befremdlich. Denn, wenn man z. B. irgend einen Zweig, der kein kräftig ausgebildetes Mark hat, quer durchschneidet und dann wieder zusammenbinden will, so bemerkt man, dass sich beide Schnittflächen in Folge der verschiedenen Spannungsverhältnisse der Gewebe so wölben, dass sie immer an den Stellen, wo die festeren Elemente zusammentreffen, exact passen, während das Rindenparenchym einen klaffenden Spalt bildet. So verhält es sich bei allen rübenförmigen Wurzeln. Wo hingegen an Zweigen das Mark etwas stärker entwickelt ist, da bildet sich in demselben eine Concavität, deren Abstand in der Mitte natürlicherweise von der horizontal gedachten Ebene am grössten ist, welchen Fall wir bei der Kartoffel, bei der wir ja auch eine Rinde, einen Gefässbündelring und ein Mark unterscheiden können, sehr schön verwirklicht sehen.

Quer durch diesen Spalt sind schon zu dieser Zeit vielfache Überbrückungen durch Zellstränge oder Ansätze zu solchen vorhanden, die im Allgemeinen während des ersten Monats vollkommen zur Ausbildung gelangen. Dieses Gewebe unterscheidet sich von dem mit Stärke vollgepropften Grundparenchym dadurch, dass es auf der frischen Schnittfläche als weisse, beinahe durchsichtige Zellmasse auftritt; warum dieselbe diesen Eindruck macht, wird durch die weiter unten mitgetheilte mikroskopische Untersuchung erläutert werden. Dieses Gewebe, das sich nach längerer Zeit mit der Luft in Berührung gelbroth färbt, hat im Grossen und Ganzen mit einem „Callus“ (Hanstein's¹ „Blastogen“) viel Ähnlichkeit, wofern man unter diesem Ausdrücke ein Gewebe versteht, das an irgend einem Theile einer Pflanze in Folge einer Verletzung gebildet wird.

Merkwürdigerweise sind diese „Überbrückungen“ nicht von Dauer; schon innerhalb der nächsten Wochen bemerkt man vom Gefässbündelring gegen das Centrum der Kartoffel hin zu beiden Seiten der Schnittfläche ein zwar noch weisses, jedoch schon mit einem Stich ins Braune versehenes Gewebe hinrücken, das

¹ Hanstein: Beiträge zur allgemeinen Morphologie der Pflanzen. Bot. Abhandlungen, Bonn, 1882, Bd. 4. Wehrverfahren gegen Verwundungen und Verstümmelungen, S. 136.

schliesslich in Folge seines Wachsthumes in antikliner Richtung das früher vorhandene callöse Gewebe zerdrückt und auf diese Weise eine vollständige Ausfüllung des früher vorhandenen Spaltes bewirkt. Diese Linie ist, wie sich aus dem Vergleiche ergibt, mit der Verbindungslinie Lindemuth's identisch, über dessen Untersuchung ich noch im histologischen Theile zu sprechen haben werde.

Die Zeit, innerhalb welcher die Verwachsung eintritt, ist je nach den Individuen verschieden, wie folgende Daten lehren:

1. Versuchsreihe.

10 Stück *Solanum tuberosum* wurden auf die oben angegebene Weise behandelt. Beginn des Versuches 12. November 1890.

24. November. 3 Knollen zeigten eine deutliche Verwachsung; bei einer davon war dieselbe in der vollkommensten Weise eingetreten, bei den beiden anderen zeigten sich, wie ich es des Öfteren beobachtete, noch einige Lücken im Marke.

8. December. 2 weitere Kartoffeln zeigten den Beginn einer Peridermbildung im Marke.

25. December. An 4 anderen Knollen war eine vollkommene Peridermbildung eingetreten, an einer noch gar keine.

2. Versuchsreihe.

4 Knollen von *Solanum tuberosum* (wie früher). Beginn des Versuches 16. Jänner 1891.

3. Februar. 2 Knollen zeigten eine vollkommene Peridermbildung, an den beiden anderen war nur der Beginn derselben vom Rande her zu sehen. — Wie aus diesen und noch vielen anderen Versuchen erhellt, scheint die Bildung der einzelnen neuen Gewebe auch von der Jahreszeit abhängig zu sein, indem nämlich gegen Beginn des Winters eine im Verhältnisse längere Zeit zu demselben Effecte benöthigt wird, als gegen Anfang des Frühjahres.

Da ich mit dem Ergebnisse meiner Untersuchung an der Kartoffel nicht zufrieden war, suchte ich die Bedingungen zu ermitteln, unter denen eine dauernde Verwachsung eintreten könnte. Jedoch war mein Bemühen in dieser Richtung hin erfolglos.

Dass als Hinderniss einer dauernden Vereinigung der immer verhältnissmässig gross auftretende Spalt eine bedeutende Rolle

spiele, schien mir sehr wahrscheinlich, indem nämlich nach meiner Meinung den Zellneubildungen von Seite der beiden durchschnittenen Hälften nicht genügend aufbauendes Material oder wenigstens in nicht hinreichend rascher Folge zugeführt werden könne, um ein lückenloses Ausfüllen des Spaltes zu bewerkstelligen. Möglicherweise ist auch die zu resorbirende Substanz der verletzten Zelleiber in zu geringer Menge vorhanden, die nach Billroth¹ gleichsam als formativer Reiz auf das übrige gesunde Gewebe wirkt. Als Schutzmittel gegen eine allzu starke Transpiration, die wohl nach einiger Zeit das Zugrundegehen des ganzen Organismus veranlassen würde, scheint das nachträglich gebildete Periderm zu dienen.

Um die Spaltbildung zu verhindern, versuchte ich einen grösseren Druck anzuwenden als jener ist, der mit Lindenbast erzielt werden konnte. Zu diesem Behufe setzte ich zerschnittene, verbundene (um eine etwa mögliche Verschiebung der Knollen zu verhindern) und am Schnittrande dicht verklebte Kartoffeln, die ausserdem in Sand eingebettet wurden, unter einen Druck von 4—5 kg. Bei dieser Belastung beobachtete ich in keinem einzigen Falle eine Spaltbildung, jedoch war ebensowenig eine Neubildung von Zellen zu sehen; es hatte sich nur zu beiden Seiten der Schnittfläche ein Periderm gebildet. Auf diese Weise sah ich, dass die von Franke² angegebene Bedingung, dass behufs einer Vereinigung von Pflanzentheilen die betreffenden Theile einen gegenseitigen Druck auf einander ausüben müssen, mit Vorsicht aufgenommen werden muss. Es erscheint mir überhaupt der gegenseitige Druck gleichsam nur als Reiz zur Zellvermehrung auf das normale Gewebe einzuwirken.³

¹ Billroth: Über die Einwirkungen lebender Pflanzen- und Thierzellen aufeinander. Eine biologische Studie. Wien, 1890.

² Franke: l. c.

³ Eine Analogie dazu bilden jene Beobachtungen, deren Ergebnisse Wiesner zur Erklärung der undulirenden Nutation herangezogen hat. An dem Epicotyle von *Phaseolus* und vieler anderer Dicotylen sind nach Vollzug der einfachen Nutation die an der convexen Seite gelegenen Zellen im Zuge, hingegen die an der concaven in Druck gespannt. Trotzdem, dass die erstere im Längenwachsthum etwas begünstigt ist, beobachtet man an der letzteren eine relativ starke Vermehrung der Zellen, was schliesslich zu

Als eine weitere Bedingung zur Erreichung desselben Effectes führt Franke¹ noch an: „Die Pflanzen müssen derselben Art angehören; Verwachsung zwischen Individuen verschiedener Species ist noch nicht beobachtet worden mit Ausnahme von Fichte und Tanne (Göppert).“ Dieser Satz ist heute nach den Untersuchungen von Strasburger, sowie durch die anderer Forscher nicht mehr zu halten. Strasburger² gelang es nämlich durch „Einspitzen“ *Datura Stramonium*, *Physalis Alkekengi* etc. auf *Solanum tuberosum* zu impfen und konnte sogar schon nach kurzer Zeit eine Verwachsung constatiren. Mit demselben Erfolge wurde *Schizanthus Grahmi* auf *Solanum tuberosum* geimpft, eine Scrophularinee auf einer Solanee, wodurch also sogar eine Verwachsung von zwei verschiedenen Familien angehörigen Pflanzen bewiesen ist.

Interessant erschien es mir auch, zu verfolgen, inwieferne die Neubildung der Zellen bei *Solanum tuberosum* von der Temperatur abhängig ist. Ich stellte deshalb meine Versuche in einem Eiskasten an, in dem die Temperatur zwischen 4—6° C. schwankte. Selbst nach 26 Tagen konnte ich an den wie gewöhnlich behandelten Knollen keine Verwachsung oder den Beginn einer Neubildung beobachten. Man muss demnach annehmen, dass diese Temperatur unter dem Minimum der hiezu erforderlichen Temperatur liegt. Ebenso wurde, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, die Bildung eines Wundperiderm³ sehr verzögert. Entweder ist daran auch die eben erwähnte Ursache Schuld oder bildete sich dieses Schutzgewebe desshalb so spät, weil sich die Kartoffeln in einem nahezu dunstgesättigten Raume befanden, wodurch erwiesenermassen die Peridermbildung verlangsamt wird. Erst bei Versuchsobjecten, die sich in einem ungeheizten Raume befanden, dessen höchste Temperatur 14·5° C. und dessen niedrigste 10° C. innerhalb 15 Tagen betrug, ergab

einer Umkehrung der Krümmung führen muss. Cf. Wiesner's Elemente der wissenschaftlichen Botanik, I, 3. Aufl., S. 275.

¹ Franke l. c.:

² Strasburger: Über Verwachsungen und deren Folgen. Ber. der deutschen bot. Ges., Berlin, 1885, Bd. III.

³ Dasselbe hatte ganz den Charakter des Saftperiderm. — Wiesner: Über das Saftperiderm. Österr. bot. Zeitschrift, 1890, Nr. 3.

sich nach Ablauf dieser Zeit eine Zellneubildung, so dass auch hier der Einfluss der äusseren Temperatur klar zu Tage tritt.

Als Repräsentanten der Pflanzengattungen, bei denen der sub 3) besprochene Vorgang eintritt, kann ich *Daucus Carota*, *Beta vulgaris*, *Dahlia variabilis* und *Helianthus tuberosus* anführen. Bei den zwei ersten Pflanzen ist innerhalb 8 Tagen eine Neubildung von Zellen an der Schnittfläche zu bemerken, die in der Gegend des Cambium ihren Ursprung hat. Die Xylemtheile haften in Folge der oben erwähnten Ursachen fest aneinander, und man kann an diesem Objecte vorderhand nicht unterscheiden, ob eine Verwachsung oder bloss eine Verklebung vorliegt. Wenn eine Verwachsung eingetreten, sieht man ungefähr nach einem Monate, dass sich der Spalt, der zuerst bloss im Rindenparenchym auftrat, in der Schnittlinie gegen das Centrum des Xylem hin verlängert hat. Der Spalt ist beinahe vollständig durch das Verwachsungsgewebe ausgefüllt. Wahrscheinlich wölbt sich das Xylem in Folge des Austreibens der Rüben, das immer eintritt oder bloss in Folge einer stärkeren Transpiration nach und nach convex; hiebei wird natürlicherweise der gegenseitige Druck der beiden Rübenhälften, der auch hier gleichsam als formativer Reiz wirkt, aufgehoben und können die einzelnen theilungsfähigen Zellen des Xylem sich so rasch vermehren, dass eine Verwachsung zu Stande kommt.

Bei *Helianthus tuberosus* und *Dahlia variabilis* ergaben sich gar keine Regelmässigkeiten bezüglich des Auftretens von Zellneubildungen. An manchen Stellen konnte man eine Verwachsung constatiren, jedoch schien das neue Gewebe nicht sehr lebensfähig zu sein. Man sah nämlich, dass unter den verwachsenen Stellen ein Wundperiderm sich zu bilden im Begriffe war, wie es auch ganz regelmässig unterhalb derjenigen Partien, wo nur eine Verklebung stattfand, auftrat. Bei diesen beiden Pflanzen zeichnet sich die Verbindungslinie durch eine bräunliche Färbung aus. Bei *Iris germanica* und *Stachys affinis* zeigte sich keinerlei Ausheilung der Wunde. Es machte sich nach einiger Zeit an der Schnittfläche ein Fäulnissprocess bemerkbar, der so lange andauerte, bis die ganze Knolle zu Grunde gegangen war. Bei *Begonia* sp. hingegen trat nach einer gewissen Zeit ein Periderm unterhalb der Schnittfläche auf.

In Folge des Ergebnisses der Untersuchung des eben erwähnten Materials glaube ich zwei allgemeine Bedingungen gefunden zu haben, unter denen allein eine Verwachsung eintreten kann:

1. Damit eine Verwachsung eintrete, muss ein kleiner Zwischenraum zwischen den verletzten Geweben liegen, so dass sich die neu auftretenden Zellen genügend entwickeln können, ohne dabei von dem normalen Gewebe beengt zu sein.

2. Darf ein gewisses Mass der Transpiration nicht überschritten werden.

Histologischer Theil.

Cyclamen europaeum.

Die Knolle von *Cyclamen europaeum* ist nach den Untersuchungen von Gressner,¹ die in diesem Punkte mit denjenigen Kamiénski's² übereinstimmen, das verdickte hypocotyle Glied der Pflanze. Die Knolle besteht im Allgemeinen aus einem homogenen Parenchym, in dem die Gefässbündel, welche der Mehrzahl nach typisch gebaut sind, ganz regellos verlaufen. Das Xylem besteht aus einer geringen Anzahl von Spiralgefässen, der Phloëtheil aus wenigen Siebröhren und obliterirten Siebröhren.³ Dieselben sind von Kamiénski für Bastzellen gehalten worden. Nach aussen hin wird das Ganze von der Schutzscheide, dem Rindenparenchym und schliesslich dem Periderm umgeben. Bezüglich der feineren anatomischen Verhältnisse verweise ich auf die oben angegebene Literatur.

An der Schnittfläche quer durch die Knolle sieht man in jüngeren Entwicklungsstadien einige von den parenchymatischen Zellen sich vorwölben und dann Theilungen sowohl in anti-, als auch perikliner Richtung eingehen. Sehr oft bemerkte ich auch an irgend einer vorgewölbten Zelle eine seitliche Ausstülpung mit einer darauffolgenden Abgliederung durch eine Membran,

¹ Gressner: Zur Keimungsgeschichte von *Cyclamen*. Bot. Ztg., 1874, Nr. 50, 51, 52.

² Dr. F. Kamiénski: Vergleichende Anatomie der Primulaceen. Abhandlungen der naturf. Gesellschaft zu Halle, 1878.

³ Das Keratenchym Wigands.

welche Erscheinung mich lebhaft an die der Sprossung erinnerte. In all' diesen neugebildeten Zellen ist ein entweder wand- oder mittelständiger Kern zu beobachten und um denselben herum häufig eine grössere Anzahl von kleinen Stärkekörnern. Das Plasma erscheint fein granulirt. Von dieser soeben beschriebenen Zellvermehrung sind natürlicherweise die Gefässe und obliterirten Siebröhren ausgeschlossen, ebenso die Siebröhren selbst.

Diese Zellenbildung findet solange statt, bis der ganze Raum zwischen den beiden Knollenhälften ausgefällt ist und die aufeinander treffenden Membranen zu einer verwachsen. Von diesem Standpunkte aus war es interessant, zu untersuchen, inwieweit man nachzuweisen im Stande sei, ob die Membranen als lebend zu betrachten sind. Mit dem Millon'schen Reagens, sowie mit dem mikrochemisch neu eingeführten Reagens von Reichl und Mikosch¹ (Salicylaldehyd + Fe + H₂SO₄) erzielte ich keine Membranfärbung, hingegen gab die alkalische Silberlösung (B) von Löw-Bokorny ein positives Resultat. Eine Graufärbung war zu beobachten, die Mittellamelle erschien deutlich schwarz, und in senkrechter Richtung darauf sah man an manchen Stellen schwärzliche Linien. Dieselben entsprechen wohl dem Symplasma Tangl's, das nach Wiesner eigentlich nur ein besonders ausgesprochener Fall des allgemein in der wachsenden Zellhaut vorhandenen Dermatoplasma ist.

Die mit einander verwachsenen Zellen platten sich in Folge des gegenseitigen Druckes ab. Es entsteht auf diese Weise sozusagen ein zusammengepresstes Gewebe, zwischen dessen Theilen man sehr oft eine gelbbraune, dem Aussehen nach eine gummiähnliche Masse erblickt, die jedenfalls durch eine unvollständige Resorption der beim Schneiden verletzten Zellen entstanden ist. Obwohl diese Masse ebensowenig wie die in den durchschnittenen Gefässen sich bildende Substanz die für Wundgummi charakteristische Färbung mit Phloroglucin + HCl, Orcin + HCl gab und auch das Gummiferment durch Orcin + HCl in der Wärme nicht nachgewiesen werden konnte, so trage ich doch kein Bedenken, dieselbe als nahe verwandt dem Wundgummi an die Seite zu

¹ C. Reichl u. Mikosch: Über Eiweissreactionen und deren mikrochemische Anwendung. Separatabdruck aus dem 19. Jahresberichte der k. k. Oberrealschule im II. Bez. zu Wien.

stellen; sie besitzt nämlich die Löslichkeits- und Quellungserscheinungen der Gummiarten, auch ist ein anderer ähnlicher Körper, der bei pathologischen Processen entsteht, bis heute nicht bekannt.

Um die Inhaltskörper der Zellen näher kennen zu lernen, wendete ich Zimmermann's¹ Tinctionsmethode *B* an. Dieselbe besteht in der Fixirung des Präparates in concentrirter Sublimatlösung, abwechselndem Auswaschen des Sublimats durch Wasser, Jodalkohol und wieder Wasser und nachheriger Tinction durch Säurefuchsin. Bezüglich näherer Angaben verweise ich auf Zimmermann's Abhandlung. Sowohl in dem Parenchym, als auch in den Siebröhren beobachtete ich Körperchen, die ich mit den Granulis Zimmermann's identificiren konnte. Die Granula, an denen ich auch Theilungszustände wahrzunehmen glaubte, haben eine Grösse von $1 - \frac{1}{4} \mu$; ausserdem waren noch bedeutend kleinere kugelige Gebilde circa $< \frac{1}{8} \mu$, die nicht gefärbt waren, in kleinen Gruppen oder auch in Strängen, gerade so wie im lebenden Zustande, vereint.

Brassica Rapa.

Da über die Anatomie der fleischig verdickten Wurzel von *Brassica Rapa* Naegeli, de Bary und Joh. Ev. Weiss¹ ausführlich berichten, so verweise ich bloss auf die erwähnten Arbeiten obgenannter Forscher. An der Verwachsung ist das Rindenparenchym, das Cambium und das Holzparenchym, welches letztere das bedeutende Dickenwachsthum verursacht, theilhaftig.

Das sich neu bildende Gewebe entsteht hier wie überall, wo ich noch eine Verwachsung constatirt habe, auf dieselbe Art und Weise, wie ich es schon bei *Cyclamen europaeum* beschrieb. Auch ist die Verwachsung hier ebenso wie in den später angegebenen Fällen nicht ganz lückenlos. Eine Wucherung von Zellneubildungen konnte ich insbesondere dort beobachten, wo ein Gefässbündel an die Schnittfläche trat, so dass das verletzte Gefässbündel gleich-

¹ Zimmermann: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Tübingen, 1890, Heft 1.

² Joh. Ev. Weiss: Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln. Flora, 63. Jahrgang, S. 105. Regensburg, 1880. Dort die übrige Literatur.

sam in das innere gesunde Gewebe der Rübe zurückgedrängt erschien. Was die Ursache dieser vermehrten Zellbildung ist, konnte ich mir nicht zurechtlegen, da ganz verschiedene Umstände dabei im Spiele sein können; nur das Eine steht fest, dass die untere Partie der Gefässe nicht resorbirt wurde, da man sonst eine bedeutend grössere Menge von Wundgummi hätte beobachten müssen, als sie in jenen Fällen, wo die Gefässe fehlten, immer vorhanden war.

Die Behandlung mit den schon früher angewandten Reagentien zeigte das Vorhandensein von Eiweissstoffen in den Membranen des verwachsenen Gewebes an.

Die Kartoffelknolle.

Bevor ich auf die Besprechung der anatomischen Verhältnisse verwachsener Kartoffelknollen eingehe, will ich die diesbezüglichen Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung Lindemuth's¹ erwähnen.

Lindemuth constatirte an einer Anzahl mikroskopischer Präparate, welche aus dem Gefässring zerschnittener und hierauf verbundener Knollentheile entnommen waren, eine stattgefundene Verwachsung. „Durchschneidet man eine gepropfte Knolle in senkrechter Richtung zur Verbindungsfläche, so hebt sich diese durch eine weissliche Linie, die ich als Verbindungslinie bezeichnen will, gegen das gelbliche Fleisch der Kartoffel ab. Niemals schliessen die Hälften am Rande fest; sie zeigen sich am deutlichsten auf der Schnittfläche bei Betrachtung der Verbindungslinie ungefähr auf der Länge von 2—3 mm etwas klaffend, mit bräunlich gefärbten, aus Vernarbungsgewebe bestehenden Wänden. Diese Bräunung setzt sich in der Verbindungslinie in der Länge von circa 2 mm fort und nimmt dann immer vor Erreichung des Cambium eine weissliche Färbung an. — Unter dem Mikroskope betrachtet zeigt sich die Verbindungslinie fast auf ihrer ganzen Länge bräunlich gefärbt, welche Färbung abgestorbenen Zellelementen zuzuschreiben ist. Die Wände der Schnittfläche sind mehr oder weniger stark verkorkt und schliessen so fest aneinander, dass, obgleich eine Verwach-

¹ Lindemuth: l. c.

sung auf der längsten Strecke der Verbindungslinie nicht nachgewiesen werden konnte, Hohlräume niemals vorhanden sind. An einigen Punkten, meist in der Cambialzone, wird die braune Färbung unterbrochen, die Korkwandungen verschwinden, das lebende Zellgewebe beider Hälften zeigt sich innig verschmolzen und die Verbindungslinie vielfach von Gefässbündelgruppen und einzelnen Spiralgefässen überbrückt.“

Lindemuth führt auch zur Bekräftigung dafür, dass eine Verwachsung wirklich eingetreten ist, das Ergebniss von verschiedenen Zerreißungsversuchen, die mit verwachsenen Kartoffelknollen veranstaltet wurden, an. Nebst vielen anderen Versuchen wird auch folgender erwähnt: Eine Kartoffelknolle, der durch 20 Tage hindurch Zeit zum Verwachsen gelassen worden war, wurde durch 8·375 kg getrennt. „Hiebei zeigten sich an der Trennungsfläche Bruchstellen auch in Rinde und Mark.“ Am Schlusse seiner Versuche schreibt Lindemuth: „Der charakteristische Bruch des Zellgewebes zeigt sich zuerst in der Nähe der Vegetationspunkte, später an anderen Stellen des Gefässbündelringes, zuletzt in Rinde und Mark.“ Dieser Satz, zu dessen Aufstellung sich Lindemuth bloss durch den einen eben erwähnten Versuch veranlasst sah, lässt sich meiner Meinung nach nicht mit seinen histologischen Untersuchungen in Einklang bringen.

Ferner erwähnt Lindemuth, dass bei Verwachsung gepropfter Kartoffelknollen eine Callusbildung überhaupt nicht stattfindet, am allerwenigsten aber an der stets klaffenden äusseren Berührungslinie, wo eine Verwachsung nie erfolgt. Er kommt also zu demselben Resultate wie Magnus,¹ der zwar anfänglich die Möglichkeit einer Callusbildung zugab, später jedoch nie die Bildung eines irgendwie bedeutenden Callus bemerken konnte. Anknüpfend an diese Beobachtungen will ich die meinigen folgen lassen.

Wenn man eine circa 8 Tage alte Knolle, bei der auf die oben angegebene Weise eine Verwachsung eingeleitet worden war, mikroskopisch untersucht, so bemerkt man, von aussen gegen innen vorschreitend, zunächst ein Periderm. Dasselbe

¹ Magnus: l. c.

schliesst, anfangs mit der Schnittfläche annähernd parallel laufend, beinahe unter einem rechten Winkel an das normale Periderm der Knolle an, wobei das das Wundperiderm erzeugende Phellogen von der Schnittfläche desto weniger weit entfernt liegt, je mehr es sich dem Gefässbündelringe nähert. Schliesslich entsteht in den neugebildeten Zellen des Rindenparenchym auch ein Phellogen, so dass eine vollkommene Verbindung zwischen den Peridermen beider Knollenhälften gebildet ist. Die Neubildungen des Rindenparenchym entstehen auf dieselbe Weise, wie weiter unten von denen des Grundparenchym angegeben werden wird.

In der Zone des Gefässbündelringes sieht man, wie auch Lindemuth ganz richtig angegeben hat, eine Verwachsung zuerst auftreten. Von dieser aus schreitet dieselbe gegen das Innere der Kartoffel, das hauptsächlich aus Parenchym gebildet ist, vor. Der Vorgang ist bei beiden Gewebsarten derselbe und will ich ihn der Einfachheit halber gemeinsam besprechen.

Die unterhalb der durchschnittenen Gewebeschicht liegenden gesunden Zellen gehen in derselben Weise, wie dies oben bezüglich *Cyclamen europaeum* und *Brassica Rapa* angegeben wurde, Theilungen ein. Jedoch sind Sprossungen hier viel häufiger zu beobachten und erlangen sie auch eine bedeutendere Mächtigkeit. Dass im Marke, wenn man diesen Ausdruck gebrauchen darf, ein gerade nicht lückenloser Verband zwischen den beiden Knollenhälften hergestellt wird, erkläre ich mir auf die Weise, dass beim Durchschneiden nicht alle Zellen gleichmässig getroffen werden, da sie nicht in Reihen angeordnet sind. Von einer Zelle wird durch den Schnitt mehr, von der anderen wieder weniger weggenommen, so dass die einzelnen Zellen eine verschieden grosse Menge von verletzten Zelleibern resorbieren müssen. Die Bläuung mit Guajaktinctur, welche man an frischen Schnitten immer¹ bekommt, deutet wohl auf die Anwesenheit eines Fermentes hin, jedoch liess sich nicht mit Sicherheit die Gegenwart eines Cellulose lösenden Fermentes constatiren.

Die jungen Zellen, mit einer nicht allzu dicken Membran umkleidet, haben anfänglich eine kugelige Gestalt, platten sich

¹ In zuvor gekochten Schnitten erhält man sie nie.

sodann beim gegenseitigen Aufeinandertreffen ab und verwachsen. Sie besitzen sowohl centrales, wie auch peripherisches Plasma oder auch letzteres allein; dasselbe tritt sowohl im lebenden, wie im todtten Zustande (besonders nach Fixirung mit 2% Essigsäure) sehr oft in Gestalt eines fünf- oder sechseckigen Netzes auf, dessen einzelne Fäden aus einer Unmenge ganz kleiner Kügelchen aufgebaut zu sein scheinen. Der Kern ist dem Plasma entsprechend gelagert, in zwei Fällen habe ich, und zwar ohne Anwendung von Tinctionsmitteln eine Andeutung der Karyokinese deutlich beobachtet. Auch hier sah ich häufig nicht vollständig resorbirte Substanz, vor der sich das junge, lebenskräftige Gewebe dadurch zu schützen sucht, dass es rings um dieselbe einen Mantel von Peridermzellen aufbaut; im optischen Durchschnitte gleicht das Ganze auffallend einem Spinnennetze. Die nicht resorbirte Substanz ist den Reactionen nach mit dem in den durchschnittenen Gefäßen als Verschluss dienenden Wundgummi identisch. Auch bemerkt man ganz deutlich eine Abnahme der Holzstoffreactionen sowohl der Intensität, als auch der Geschwindigkeit der Färbung nach, wenn man den Verlauf eines Gefäßes aus dem Innern gegen die Schnittfläche hin verfolgt. Eine Überbrückung der durchschnittenen, durch neu gebildetes Parenchym getrennten Gefäßbündel durch neu gebildete Gefäßbündel oder durch einzelne Spiralgefäße, wie sie Lindemuth beschreibt, konnte ich in keinem Falle beobachten.

Dass ein organischer Zusammenhang, d. h. eine Verwachsung zwischen den von beiden Seiten aus wachsenden Zellen wirklich stattgefunden hat, geht nicht nur aus dem mikroskopischen Bilde der vereinigten Zellen, sondern auch aus dem Umstande hervor, dass die Loslösung der verwachsenen Zellen nur durch jene Macerationsmittel gelang, durch welche der normale Gewebeverband gelöst wird. Dass es lebende Zellmembranen sind, welche die Verwachsung ermöglichen, glaube ich durch das Eintreten der Millon'schen Reaction (deutlich roth),¹ der alkalischen

¹ Bei Anwendung des Millon'schen Reagens machte ich die interessante Beobachtung, dass sich die Membranen der durchschnittenen, also abgestorbenen Zellen intensiv dunkelroth färbten, welche Färbung man bei lebenden Membranen nicht in dieser Masse bemerken konnte. Meiner Ansicht nach wird diese Tinction durch Tyrosin, einem Zersetzungsproduct

Silberlösung (grau) und der Salicylaldehydreaction an den verwachsenden Zellmembranen beweisen zu können, sowie auch durch das bloss vereinzelt eintreten der Blau-, respective Violett-färbung nach Behandlung mit Chlorzinkjod.

Ich versuchte auch durch Anwendung verschiedener Reagentien der Frage der Structur der Membran näher zu treten. Unter Anderem wandte ich auch Anilinblau und Congoroth an. Anilinblau färbte alle Membranen gleichmässig, hingegen bemerkte ich nach 24stündiger Einwirkung von Congoroth und gutem Auswaschen in Wasser eine gelbrothe Färbung der Membranen in der Verwachsungsschicht, so dass sich diese schon makroskopisch von dem übrigen mehr violett gefärbten Grundparenchym deutlich abhob. Um annähernd eine Bestimmung der verschiedenen Färbungen zu ermöglichen, wendete ich die in der Mineralogie schon seit Langem eingeführten Radde'schen Farbentafeln an. Das Grundgewebe zeigte 25. Cardinalton Purpur (*d*), das verwachsene Gewebe, sowie auch die cambialen Elemente der Gefässbündel 29. Carmin, 1. Übergang nach Zinnober (*k*). Vergleichsweise behandelte ich chemisch reine Cellulose¹ mit Congo-roth ebenso wie früher. Diese tingirte sich nur sehr schwach (25. Purpur, Cardinalton *t*) im Gegensatz zu dem früheren Objecte. Hieraus erhellt klar, dass die Membranen der Kartoffelknolle nicht allein aus einem chemischen Individuum, wie es die Cellulose ist, bestehen, sondern dass sogar die einzelnen unterscheidbaren Gewebe in verschiedenem Alter eine ungleichartige chemische Zusammensetzung besitzen. Nach der Einwirkung macerirender Mittel auf die verwachsene Kartoffel zu urtheilen, ist der Grad der Verbindung in den verwachsenen Partien derselbe wie in dem normalen Gewebe.

Durch die Zimmermann'sche Färbung konnte ich in den einzelnen Zellen keine besonders gefärbten Inhaltskörper beobachten; hingegen speicherten die verhältnissmässig grossen Siebder Eiweisskörper, hervorgerufen, welches gleich den Eiweisskörpern eine einfach hydroxylierte aromatische Gruppe enthält, und diese ist es ja bekanntlich, welche durch Millon's Reagens angezeigt wird. Cf. Krasser: Über den mikrochemischen Nachweis der Eiweisskörper. Diese Sitzungsberichte, XCIV. Bd., I. Abth., 1886.

¹ Dieselbe wurde durch Fällung aus einer Cellulose enthaltenden Kupferoxydammoniaklösung erhalten.

platten in den Siebröhren, sowie auch der gewöhnlich davor liegende Schleimpfropf viel Farbstoff auf.

Da Molisch¹ gerade an der Kartoffelknolle im Phellogen mit Hilfe des Wurster'schen² Reagenspapiers Sauerstoff in erregter Form nachweisen konnte, so lag der Gedanke nahe, zu prüfen, ob sich nicht derselbe in den neu bildenden Meristem-schichten, in welchen die Verwachsung stattfindet, insbesondere vorfindet. Wirklich trat in der verwachsenden Zone ebenso rasch eine intensive Blaufärbung ein wie im Phellogen. Um ganz sicher zu sein, dass die Blaufärbung nicht etwa durch die nach-trägliche Peridermbildung bedingt werde, versuchte ich an mikro-skopischen Schnitten, an denen noch keine Spur einer Periderm-bildung wahrzunehmen war, das Reagens in Lösung einwirken zu lassen. Jedoch waren diese Versuche nicht befriedigend. Erst wenn ich das z. B. salzsaure Tetramethylparaphenylendiamin trocken zur Anwendung brachte, konnte ich eine Färbung direct unter dem Mikroskope wahrnehmen. Ich pulverisirte nämlich das Reagens sehr fein, breitete es auf dem Objectträger sodann mit Hilfe eines Pinsels annähernd gleichmässig aus und legte den Schnitt darauf. Hiebei sah ich auch, dass die cambialen Elemente der Kartoffel dieselbe rasche Blaufärbung wie das Phellogen zeigen. Die durch das Reagens verursachte Färbung führe auch ich auf eine gewisse Menge activen Sauerstoffs zurück, da ich in keiner Gewebsart Nitrite durch die sehr exacten Reactionen P. Griess³ und durch die Jorissen's⁴ nachweisen konnte, wie es auch nach neueren Untersuchungen sehr unwahrscheinlich ist, dass Wasserstoffsperoxyd in der Pflanze vorkommt.

Über die anatomischen Veränderungen, die sich im Marke der Kartoffelknolle während der nächsten Wochen einstellen, ist ungefähr Folgendes zu sagen:

¹ Molisch: Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stick-stoffsalzen und der Pflanze. Diese Sitzungsber., Bd. 95, 1887, Abth. I, S. 10.

² Wurster: Über einige empfindliche Reagentien zum Nachweis minimaler Mengen activen Sauerstoffs. Ber. d. deutsch. chem. Ges., 19. Jhg., Berlin, 1886, S. 3195.

³ P. Griess: Ber. der deutschen chem. Ges. zu Berlin, XI, S. 624; weiters cf. Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie, 18, 1879, S. 597.

⁴ A. Jorissen: Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie, 21. Bd., S. 210.

Über und unter der verwachsenen Zone bildet sich im Grundparenchym ein Periderm aus, das sehr an das Saftperiderm erinnert. In Folge der zahlreichen periklinen Theilungen desselben wird das frühere Verwachsungsgewebe zerdrückt; zwischen beiden aufeinander getroffenen Peridermen sieht man Reste von abgestorbenen Zellen und Stärkekörnern, so dass man niemals dazwischen, wie auch Lindemuth beschreibt, Hohlräume beobachten kann. Diese Schichte entspricht der „Verbindungsline“ Lindemuth's. Es ist nunmehr ersichtlich, dass diese „Verbindungsline“ nicht, wie Lindemuth meint, aus den beim Schnitt verletzten und dann abgestorbenen Zellen, sondern vielmehr aus dem zu Grunde gegangenen Verwachsungsgewebe besteht.

Gelbe und rothe Rübe.

Obgleich ich diese beiden Objecte mit den Knollen von *Helianthus tuberosus* und *Dahlia variabilis* in eine grosse Gruppe vereinigt habe, so halte ich es doch für angemessen, sie von den zuletzt erwähnten Gewächsen getrennt zu behandeln. Denn man sieht an ein und demselben Exemplare einer gelben oder rothen Rübe bei weitem häufiger eine Verwachsung,¹ die im Cambium ihren Anfang nimmt, wie eine Verkittung auftreten; letztere kommt wahrscheinlich bloss in Folge Raummangels zu Stande. In keinem einzigen Falle konnte ich die Bildung eines Schutzgewebes zu beiden Seiten der verkitteten Membranen beobachten, während ich an den noch zu besprechenden Knollen von *Dahlia variabilis* und *Helianthus tuberosus* ein solches Schutzgewebe stets wahrnahm.

Dass das Gewebe der *Beta vulgaris* lange seine Theilungsfähigkeit bewahrt, erwähnt schon Vöchting² in seiner Arbeit: „Über Transplantation am Pflanzenkörper.“ Da derselbe jedoch hierin noch gar nichts über die Histologie der „angewachsenen Stellen“ mittheilt, so dürfte die Mittheilung meiner wenigen Beobachtungen nicht unwillkommen sein.

¹ Bei *Daucus Carota* färbten sich die verwachsenden Membranen mit Millon's Reagens gelbroth, mit der alkalischen Silberlösung grau, ja selbst ebenso die Gefässwände.

² Vöchting: Über Transplantation am Pflanzenkörper. Nachrichten von der königl. Gesellschaft der Wissenschaften etc. zu Göttingen, 1889

Helianthus tuberosus und *Dahlia variabilis*.

Im Gegensatze zu den eben erwähnten Rüben sehen wir hier beinahe überall eine „Verkittung“ auftreten, höchst selten eine Verwachsung. Selbst in letzterem Falle bildet sich zu beiden Seiten der neu gebildeten Zellen schon nach kurzer Zeit ein Periderm aus, so dass die Bedeutung der Verwachsung ziemlich belanglos ist.

Was die Natur der verkittenden Substanz, die überall gleich ist, betrifft, so bin ich diesbezüglich zu folgender Ansicht gelangt. Die verkittende Substanz entsteht durch chemische Metamorphose der Cellulosemembranen und halte ich sie für eine Modification des Wundgummi.¹ Man kann nämlich mit Phloroglucin und Salzsäure eine Rothfärbung, mit Orcin und Salzsäure eine Blaufärbung, mit Anilinsulfat und weiters noch mit Chlorzinkjod eine deutlichere Gelbfärbung als ursprünglich schon vorhanden war, beobachten, Reactionen, die alle für Wundgummi charakteristisch sind.

Hingegen stimmen die Löslichkeitsverhältnisse der bis jetzt beschriebenen Formen des Wundgummi nicht mit denen der verkittenden Substanz überein; letztere wird durch Kochen mit Salpetersäure nicht gelöst, sondern bloss entfärbt.

Ebensowenig lösend wie Salpetersäure erwies sich auch Eau de Javelle, das während einer Woche hindurch einwirkte und das bekannte Schulz'sche Macerationsgemisch, länger als 14 Tage in der Kälte angewandt.

Zum Schlusse will ich noch die biologische Bedeutung der Ausheilung verletzter unterirdischer Organe berühren.

Wie wir gesehen haben, ist die Verbindung der getrennten Theile entweder eine factische Verwachsung oder eine blossе Verkittung. Im ersten Falle wird durch das neugebildete Gewebe entweder jene Verbindung der Zellen wieder hergestellt, welche dem normalen Zustande entspricht oder es erfolgt nach der Überbrückung der getrennten Theile die Bildung eines Periderms, welches das neu gebildete Gewebe zu beiden Seiten von dem intact gebliebenen Gewebe trennt. Wir haben also drei Fälle zu unterscheiden. Nur in dem ersten Falle wird die ursprüngliche

¹ Cf. Strasburger: Das botanische Practicum. Jena, 1887, S. 207. Ebendort die übrige Literatur.

Einheit des Organes wieder hergestellt, so dass man annehmen darf, das ausgeheilte Organ functionirt genau so wie das normale. Im zweiten und im dritten Falle hingegen bleiben so viele Theile erhalten, als durch Schnitt gebildet wurden; durch die Verbindung ist aber jeder Theil derart abgeschlossen worden, dass er der Fäulniss, überhaupt der Zerstörung, nicht zugänglich ist und als ein normaler Reservestoffbehälter functioniren kann.

Übersicht der wichtigeren Resultate.

1. Eine factische „Verwachsung“, d. i. eine organische Verbindung ursprünglich oder künstlich getrennter Theile wird stets durch Neubildung von Zellen ermittelt. Die hiebei stattfindende Zellbildung ist eine gewöhnliche Zweitheilung mit mehr oder minder ausgesprochenen Anklängen an die „Sprossung.“

2. Die mit einander verwachsenden Zellen besitzen lebende Membranen und neben einem normalen Kerne ein häufig fein gekörnelttes Plasma, welches nach Ausweis der Wurster'schen Probe activirten Sauerstoff enthält.

3. Bezüglich der Fähigkeit von verletzten oder getheilten unterirdischen Organen sich zu der ursprünglich organischen Einheit zu verbinden, kann man vier Grade unterscheiden:

- a) die dauernde Verwachsung (Knolle von *Cyclamen europaeum* und rübenförmige Wurzel von *Brassica Rapa*);
- b) eine Verwachsung mit darauffolgender Peridermbildung (Kartoffelknolle);
- c) eine Vereinigung, welche theils auf einer „Verwachsung“, theils auf einer „Verkittung“ beruht, bei welcher letzterer die verletzten Zellen in eine gummiartige Kittschicht umgewandelt werden (die knollen-, beziehungsweise rübenförmigen Organe von *Beta vulgaris*, *Daucus Carota*, *Dahlia variabilis*, *Helianthus tuberosus*);
- d) es gibt unterirdische knollenförmige Organe, welche, einmal getrennt, sich nicht mehr organisch verbinden (*Iris germanica*, *Begonia* sp., *Stachys affinis*).

4. Damit eine „Verwachsung“ eintreten könne, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- a) Es darf ein bestimmtes Minimum der Transpiration nicht überschritten werden;

- b)* es muss zur Zeit der Neubildung ein genügend grosser Raum zwischen den Schnittflächen vorhanden sein, damit sich die neu bildenden Zellen ausbreiten können;
- c)* auf die Theile, die verwachsen sollen, muss anfänglich ein gewisser Druck ausgeübt werden, der wahrscheinlich als Reiz fungirt.

Tafelerklärung.

Die Zeichnungen wurden, wo keine weitere Bemerkung steht, mit Hilfe der Abbe'schen Camera unter Anwendung des Ocular 6 und des Objectiv 4.0 mm von Zeiss entworfen und bis auf Taf. II, Fig. 2 und 3 um die Hälfte reducirt.

Tafel I.

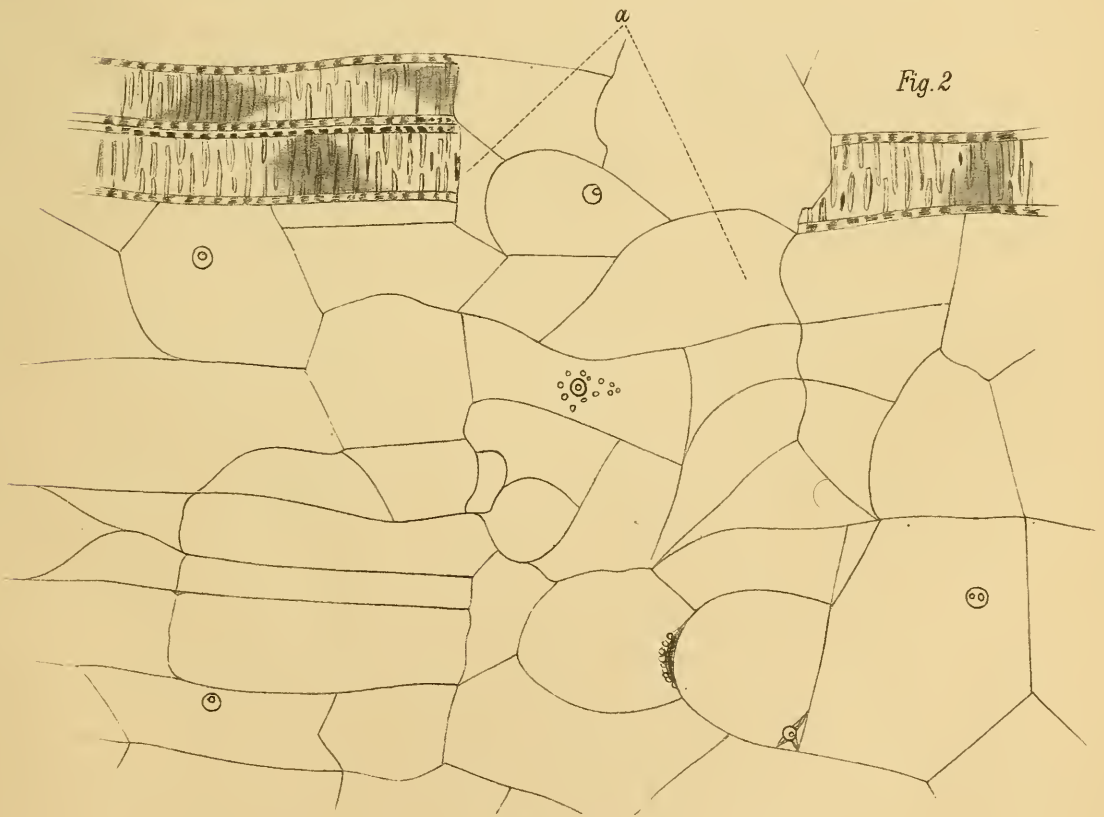
- Fig. 1. Querschnitt durch eine verwachsene Knolle von *Cyclamen europaeum*. Bei *a)* Verwachsungsgewebe. Bei *b)* eine Zellneubildung nach Art der „Sprossung“. Die auf dieser Tafel dunkel gehaltenen Partien bezeichnen eine gummiähnliche Substanz.
- Fig. 2. Querschnitt durch eine verwachsene Kartoffelknolle. Bei *a)* Verwachsungsgewebe.

Tafel II.

- Fig. 1. Querschnitt durch die Verwachsungszone der weissen Rübe. Bei *a)* z. B. eine Zellüberbrückung. Lupenbild. Vergr. circa 15fach.
- Fig. 2 und Fig. 3. Zellneubildung nach Art der Sprossung bei *Solanum tuberosum*. Bei *a)* Protoplasmanetz. Nicht reducirt.
-

Figdor: Verwachsung im Pflanzenreiche.

Taf. I.



Figdor del.

Lith. Anst. v. Th. Baumwirth, Wien.

Fig. 1

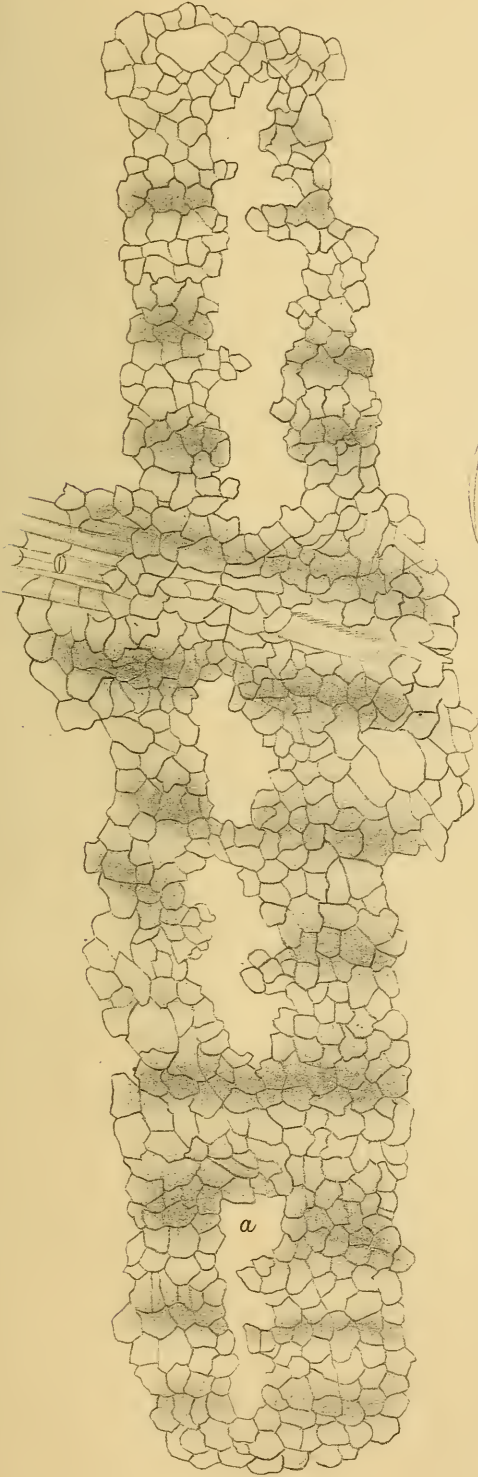
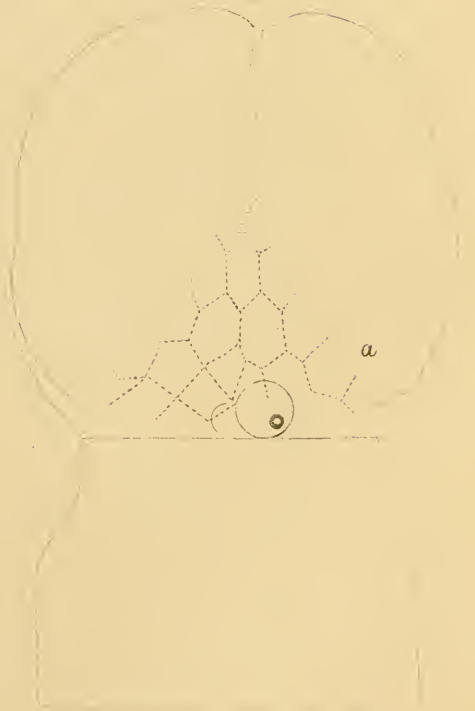


Fig. 2



Fig. 3



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [100](#)

Autor(en)/Author(s): Figdor Wilhelm

Artikel/Article: [Experimentelle und histologische Studien über die Erscheinung der Verwachsung im Pflanzenreiche 177-200](#)