

Mittheilungen.

18. L. Kny: Ueber die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äusseren Einflüssen.

Eingegangen am 31. März 1889.

Veranlassung für die Untersuchung, deren Ergebnisse im Folgenden mitgetheilt werden sollen, war der Wunsch gewesen, im Anschlusse an *Saccharomyces cerevisiae*¹⁾ andere geeignete Objecte zu finden, um den Einfluss des Lichtes auf die Zelltheilungen zu prüfen. Die Knollen versprachen hierfür besondere Vortheile; denn für einige von ihnen, wie für die Kartoffelknollen, war es bekannt, dass bald nach erfolgter Verletzung ausgiebige Zelltheilungen stattfinden, um die Wunde durch Periderm zu schliessen. Was für den Aufbau neuer Membranen und für die Fortbildung der Protoplasten an plastischem Material erforderlich ist, liegt in Form von Reservestoffen in ihnen aufgespeichert, braucht also nicht erst unter Mitwirkung des Lichtes erzeugt zu werden.

Im Laufe der Versuche über Lichtwirkung wurde dann der Wunsch rege, auch den Einfluss anderer Agentien auf die Bildung des Wundperiderms kennen zu lernen. Soweit ich übersehe, ist diese Frage in der botanischen Literatur bisher fast ganz unberührt geblieben.

Bei den Versuchen über den Einfluss des Lichtes wird leider die Schärfe der Resultate bei vielen Arten dadurch beeinträchtigt, dass an den dem Lichte ausgesetzten Knollen und Knollentheilen Chlorophyllbildung eintritt. Ausser bei der Kartoffel war dies in erheblichem Maasse der Fall z. B. bei *Inula Helenium*, *Ullucus tuberosus*, *Gloxinia hybrida*, *Begonia discolor*. Es wird hierdurch ein störendes Moment in den Versuch eingeführt; denn beim Beginn der Chlorophyllbildung wird offenbar ein Theil des plastischen Materials, welches in der verdunkelten Knollenhälfte für Neubildung von Zellen Verwendung finden kann, für die Erzeugung des Chlorophyllfarbstoffes in Anspruch ge-

1) Siehe diese Berichte, II. (1884), pag 129 ff.

nommen. Später wird umgekehrt durch das Chlorophyll die Erzeugung organischer Substanzen selbstständig vermittelt; es wird also nun der beleuchteten Wundfläche ein Ueberschuss von Baumaterial zur Verfügung gestellt.

So sehr man bei Auswahl passender Objecte für Versuche, welche den Einfluss des Lichtes auf die Bildung des Wundperiderms feststellen sollen, hierauf Rücksicht zu nehmen hat, so wenig ist dieser Umstand von Bedeutung, wenn es sich um die Beziehungen der Wundperidermbildung zur Temperatur, zur Luftfeuchtigkeit, zum freien Sauerstoff der Luft, zum Druck und zur Orientirung der Wundfläche gegen die Lothlinie handelt. Versuche, welche diese Fragen beantworten sollen, lassen sich bei vollem Lichtabschluss anstellen.

1. Beziehung der Peridermbildung zum Licht.

Als Untersuchungs-Objecte dienten Knollen von *Solanum tuberosum*, *Inula Helenium*, *Gloxinia hybrida*, *Begonia discolor*, *Gladiolus Breuchleyensis*, *Antholyza speciosa*, *Ficaria ranunculoides*, *Dahlia variabilis*, *Thladiantha dubia*, *Tradescantia crassifolia*, *Maranta Kerchovei*.

Gesunde Knollen der genannten Arten, welche annähernd symmetrisch ausgebildet waren, wurden mittels einer für diesen Zweck besonders angefertigten, sehr scharfen und dünnen Klinge der Länge nach halbirt. Es wurde besonders darauf geachtet, dass der Schnitt möglichst genau durch die Längsachse der Knolle ging und dass die beiden Hälften in Form und Grösse einander möglichst genau entsprachen. Jede der beiden Hälften wurde, die Schnittfläche nach oben gekehrt, in eine flache Glasschale gebracht, und diese mit einer wasserhellen Glasglocke bedeckt. Letztere stand, ebenso wie die Glasschale, in einem Porcellan-Untersatze¹⁾. Um den Gang der Temperatur verfolgen

1) Um den Feuchtigkeitsgrad der Luft annähernd zu ermitteln, welcher die Bildung des Wundperiderms am meisten begünstigt, wurden mit längsgetheilten Georginen- und Kartoffelknollen folgende Versuche angestellt. Eine Anzahl derselben wurde mit nach oben gekehrter Schnittfläche auf einer Porcellanschale frei in's Zimmer gelegt; eine zweite Partie Knollenhälften wurde mit einer am oberen Ende tubulirten, eine dritte mit einer nicht tubulirten Glasglocke bedeckt; bei einer vierten Partie endlich war der Boden der Porcellanschale mit Wasser bedeckt, so dass die in einer flachen Glasschale befindlichen Knollenhälften sich unter der geschlossenen Glocke in einer nahezu dunstgesättigten Atmosphäre befanden. Um die nachtheiligen Folgen, welche die Absperrung des von der Glocke umschlossenen Luftraumes von der Atmosphäre haben könnte, zu beseitigen, wurde die Luft unter der Glocke wiederholt erneuert. Als Resultat ergab sich, dass die sub 3 bezeichneten, unter der nicht tubulirten Glocke befindlichen Knollenhälften, welche von halbflechter Luft umgeben waren, am raschesten und reichlichsten Wundperiderm bildeten. Bei der Kartoffel war der Unterschied ein augenfälliger als bei *Dahlia variabilis*. Die sub 1 bezeichneten Knollenhälften waren in der Luft des geheizten

zu können, befand sich unter derselben Glasglocke auch ein Thermometer, welches Ablesungen bis zu $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$. noch mit Genauigkeit gestattete. Unter derselben Glocke waren jedesmal mehrere Knollenhälften untergebracht.

Von den beiden Glocken, welche die zusammengehörigen Hälften der dem Versuche unterworfenen Knollen enthielten, wurde die eine mit einer grösseren wasserhellen Glocke, die andere mit einer annähernd gleich grossen, innen matt geschwärtzten Blechkappe oder mit einer mit schwarzem Papier überklebten Glasglocke bedeckt. Beide standen im geheizten Zimmer, etwa 2 m von einem grossen, nach Norden gerichteten Fenster entfernt, neben einander und empfingen niemals directes Sonnenlicht. Der Gang der Temperatur erwies sich unter diesen Umständen unter beiden Glocken entweder genau gleich oder doch nur wenig verschieden. Die beobachtete Differenz betrug bisweilen $0,5^{\circ}\text{C}$., im Maximum 1° . Bei vorhandener Ungleichheit wurde die höhere Temperatur meist unter der beleuchteten Glocke beobachtet.

Die Peridermtheilungen begannen bei den untersuchten Arten nicht gleichzeitig. Bei verschiedenen Kartoffelsorten wurden sie im Januar und Februar im geheizten Zimmer schon nach 2 Tagen, bei *Begonia discolor* nach 4 Tagen, bei *Dahlia variabilis* erst etwa nach 7 Tagen beobachtet. Bei *Ficaria ranunculoides* wurden im Mai die ersten Scheidewände nach 4—5 Tagen gesehen.

Leider war trotz sorgfältiger Behandlung der Schnittflächen nicht zu vermeiden, dass die Theilungen an verschiedenen Stellen derselben ungleichzeitig begannen und in ungleichem Maasse fortschritten. Zum Theil war dies in der Natur des Objects begründet, insofern, als die Randpartieen sich anders als die Mitte, und die Leitbündel, wo solche vom Schnitte getroffen waren, sich anders als das Grundgewebe verhielten. Aber auch unmittelbar benachbarte Stellen des Grundgewebes zeigten oft so erhebliche Unterschiede in der Zahl der gebildeten Theilungswände, dass Zählungen, weil sie in zu grosser Ausdehnung hätten vorgenommen werden müssen, sich als unthunlich erwiesen, und eine möglichst sorgfältige Schätzung an ihre Stelle treten musste. Am besten eignete sich zu genaueren Zählungen noch *Dahlia variabilis*

Zimmers vertrocknet, ohne es auch nur zum Beginn einer Peridermbildung gebracht zu haben.

Mit diesen Versuchs- Ergebnissen stimmt die Angabe von FRANK (Die Krankheiten der Pflanzen, 1880, pag. 101) überein, wonach ein mittlerer Grad von Lufttrockenheit der Wundheilung durch Kork am günstigsten ist.

Mit Rücksicht auf das Vorstehende wurden sämtliche, im Folgenden zu besprechenden Versuche, falls nicht ausdrücklich das Gegentheil erwähnt ist, so ange stellt, dass die Knollenhälften sich zu mehreren mit nach oben gekehrter Schnittfläche auf einem trockenen Porcellanuntersatze unter einer nicht tubulirten Glasglocke befanden.

und in den ersten Stadien der Peridermbildung *Gladiolus Brenchleyensis*: doch wurde auch hier einer mehr summarischen Schätzung meist der Vorzug gegeben.

Die Resultate meiner Versuche lassen sich dahin zusammenfassen, dass die Zelltheilungen, welche die Bildung des Wundperiderms einleiten, im diffusen Tageslichte und unter Lichtabschluss gleichzeitig beginnen und dass auch in ihrem Fortgange und in der Verkorkung der Peridermzellen ein erheblicher Unterschied bei Lichtentziehung nicht hervortritt.

Der erste dieser beiden Punkte, das Auftreten der ersten Theilungswände, wurde besonders bei der Kartoffel näher festgestellt. Doch scheinen — nach den bei den anderen Arten beobachteten frühesten Stadien zu urtheilen, diese sich hierin ebenso zu verhalten.

Das zweite Ergebniss möchte ich zuvörderst nur für jene Knollen aussprechen, welche, wie die von *Gladiolus*, *Antholyza* und *Dahlia*¹⁾ am Lichte kein oder nur sehr wenig Chlorophyll bilden. Hier war das unter dem Wundperiderm befindliche Grundgewebe nach 3 Monaten unter der hellen und dunklen Glocke noch gleich straff, und die Zelltheilungen hatten gleichen Schritt gehalten. Wo dagegen, wie bei *Begonia discolor*, die beleuchtete Knollenhälfte starke Grünfärbung zeigte, war das Gewebe der anderen Hälfte, nachdem sie mehrere Monate im Dunkeln verweilt hatte, deutlich schlaffer, und es waren hier die jüngsten, noch nicht verkorkten Theilungswände nicht selten in deutlich geringerer Zahl vorhanden als in der beleuchteten Hälfte.

2. Beziehungen der Peridermbildung zur Wärme.

Dass bei Gleichheit der sonstigen Verhältnisse die Zelltheilungen unter dem Einflusse sommerlicher Temperaturen lebhafter stattfinden werden, als nahe dem Nullpunkte, erscheint so selbstverständlich, dass es eines Nachweises hierfür nicht bedarf. Von Interesse wäre es dagegen, den Gang der Intensitätscurve genauer zu verfolgen und festzustellen, ob, wie es wahrscheinlich ist, dieselbe von der Minimaltemperatur stetig zum Optimum aufsteigt und von da, ohne secundäres Aufsteigen, sich zum Maximum senkt. Die mir zur Verfügung stehenden Einrichtungen gestatteten leider nicht, eine darauf zielende Untersuchung in Angriff zu nehmen.

An die Frage nach dem directen Einfluss der Temperatur schloss sich die andere, ob die Temperatur, welcher Knollen vor der Verwundung längere Zeit hindurch ausgesetzt waren, die Raschheit der

1) Die Knollen von *Dahlia* zeigen, dass unter Einfluss des Lichtes auch andere Stoffwechselprocesse stattfinden können, welche möglicherweise auf die Zelltheilungen bei der Peridermbildung störend einwirken. In den beleuchteten Knollenhälften trat in den den Sekretbehältern benachbarten Parenchymzellen rother, gelöster Farbstoff auf. Im Dunkeln unterblieb dessen Bildung.

Zelltheilungen beim Aufbau des Wundperiderms beeinflusst. Nachdem von MÜLLER-THURGAU¹⁾ festgestellt war, dass Frühkartoffeln, welche im Juli 24 Tage hindurch in einem Eiskeller verweilt hatten, sehr viel rascher und kräftiger austrieben, als Kartoffeln der gleichen Ernte, welche während dieser Zeit in einem gewöhnlichen Keller aufbewahrt worden waren, liess sich von vornherein vermuthen, dass eine längere, erhebliche Abkühlung der Knollen in Folge der hierdurch bedingten Stoffwechselprocesse auch auf die Zelltheilungen bei der Wundperidermbildung begünstigend wirken werde.

Der Erfolg entsprach der Erwartung, wenn auch nicht ganz in vollem Maasse.

Am 21. August 1888 wurde eine grössere Zahl gesunder Knollen einer rothen Frühkartoffel in den Dunkelschrank und ebensoviele Knollen in den Eisschrank gebracht und das Eis bis zum 13. September, also während 23 Tagen, täglich erneuert.

Die Temperatur des Eisschranks schwankte, soweit beobachtet, zwischen $6\frac{1}{4}$ und 7° C., diejenige des Dunkelschranks zwischen 18 und 21° C.

Am 13. September wurden 12 möglichst gleich grosse Knollen, welche im Eisschrank verweilt hatten, und ebensoviele ihnen ähnliche des Dunkelschranks der Länge nach halbirt, und immer je 6 Hälften gleicher Herkunft zusammen unter einer Glasglocke in den Dunkelschrank gestellt. Es befanden sich im Dunkelschranke also im Ganzen 8 Glasglocken mit je 6 Knollenhälften.

Am 17. September, 19. September, 21. September und 30. November wurden je zwei Glocken mit Knollenhälften aus dem Eisschranke, und solchen aus dem Dunkelschranke auf die Zahl der erfolgten Zelltheilungen verglichen.

Während die zweite Untersuchung am 19. September keine irgend erhebliche Verschiedenheit ergab, waren bei den drei andern Untersuchungen die Hälften der Knollen, welche im Eisschrank verweilt hatten, entschieden um ein Geringes in den Theilungen gefördert. Bei der ersten Untersuchung, wo 1—4, meist 2—3 Tangentialwände in derselben Reihe gebildet waren, betrug die Förderung durchschnittlich nicht ganz eine Tangentialwand, bei der vierten Untersuchung (30. November) durchschnittlich etwa eine Tangentialwand.

Ein zweiter, in grösserem Maassstabe angestellter Versuch, bei welchem eine Anzahl Kartoffeln während eines Monates in einem Eiskeller, eine gleiche Zahl in einem Warmhause verweilten, ist leider aus Ursachen, deren Beseitigung nicht in meiner Macht lag, verunglückt.

1) Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen (THEIL's Landw. Jahrb., XIV. (1885), pag. 883).

3. Beziehung der Peridermbildung zur Orientirung der Wundfläche.

Die Orientirung der Wundfläche konnte nach zwei Richtungen von Einfluss sein.

Erstens war zu untersuchen, ob es bei horizontaler Stellung der Wundfläche von Bedeutung für die Zelltheilungen sei, dass die Wundfläche nach aufwärts oder nach abwärts gekehrt ist.

Zweitens musste ermittelt werden, ob bei horizontaler oder verticaler Stellung der Wundfläche die Zelltheilungen in gleichem Maasse gefördert werden.

Mit Beziehung auf die erste Frage wurden die zusammengehörigen Längshälften von 8 Knollen unter 4 Glaslocken so aufgestellt, dass die eine Hälfte jeder Knolle mit nach oben gekehrter Schnittfläche auf den Boden einer Krystallisirschale, die andere in 3 *cm* Entfernung über ihr mit nach unten gekehrter Schnittfläche auf zwei am Rande der Krystallisirschale mit Wachs befestigten dünnen Glasstäben lag. Die Kulturen befanden sich im Dunkeln.

Die 8 Knollen wurden im Laufe von 14 Tagen nach einander untersucht, und zwar die beiden zusammengehörigen Hälften jedesmal unmittelbar nacheinander. Bei der ersten Untersuchung waren durchschnittlich etwa 3 Tangentialwände in einer Reihe gebildet.

Als Resultat ergab sich durchschnittliche Gleichheit in der Zahl der Theilungswände.

Um die zweite Frage zu beantworten, wurden im Laufe des Februar und März 4 Versuche in gleicher Form angestellt. Es wurden jedesmal die zusammengehörigen Hälften von 6 längsgetheilten Kartoffelknollen in 2 Krystallisirschalen so aufgestellt, dass die Schnittfläche der einen Hälfte horizontal nach oben lag, die der anderen nahezu verticale Stellung hatte. Jede der beiden Krystallisirschalen stand im Porcellan-Untersatz und war mit einer nicht tubulirten Glasglocke bedeckt.

Bei dreien der Versuche wurde die Untersuchung nach 2 Tagen vorgenommen. Fast an allen Stellen der Wundfläche war zu dieser Zeit die erste Theilung, an einzelnen Stellen schon die zweite Theilung vollzogen. Bei dem vierten Versuche erfolgte die Untersuchung erst nach 6 Tagen.

Bei zweien der ersten 3 Versuche war in der durchschnittlichen Förderung der Zelltheilungen zwischen den verticalen und horizontalen Knollenhälften ein irgend hervortretender Unterschied nicht wahrzunehmen. Bei dem dritten Versuche, wo die Untersuchung ebenfalls nach zwei Tagen vorgenommen wurde, war bei einer der 6 Knollen die Zahl der Zellen in der verticalen und horizontalen Knollenhälfte ebenfalls ohngefähr gleich; dagegen zeigte sich bei den anderen 5 Knollen die Zahl der Zellen, welche die erste Tangentialtheilung

erfahren hatten, in der horizontalen Hälfte um ein sehr Geringes grösser als in der verticalen.

Bei dem vierten Versuche ergab sich nach 6tägigem Verweilen im Dunkeln Gleichheit in den Theilungen beider Knollenhälften.

Als Gesamtergebnis ergibt sich also, dass die Lage der Wundfläche zum Horizont die Peridermtheilungen nicht in irgend erheblicher Weise beeinflusst.

4. Beziehung der Peridermbildung zum Druck.

Die im letzten Abschnitt an erster Stelle besprochenen Versuche, bei denen eine der Knollenhälften mit nach abwärts gekehrter Schnittfläche auf dünnen Glasstäben ruhte, konnten gleichzeitig dazu dienen, den Einfluss eines schwachen Druckes auf die Peridermtheilungen zu prüfen. Die Knollenhälften waren durch ihr Eigengewicht den Glasstäben schwach angedrückt, gleichzeitig gestattete aber die gerundete Form der letzteren dem Sauerstoff der Luft, bis zur Berührungskante vorzudringen. Jede Form des Versuches, welche den Luftzutritt beschränkte oder verhinderte, musste natürlich vermieden werden.

Ausser den im letzten Abschnitte besprochenen Versuchen wurde noch eine Anzahl besonders zu diesem Zwecke angestellt. Immer war dabei Sorge getragen, dass Luftcirculation unterhalb der Schnittflächen in ausgiebiger Weise stattfinden konnte.

Bei der Untersuchung wurden nur diejenigen Stellen berücksichtigt, an welchen die Anschmiegung des Glasstabes äusserlich kenntlich war. Diese Vorsicht ist deshalb geboten, weil in Folge der Einkrümmung ihrer Ränder die Wundflächen nicht selten über den Stäben hohl liegen.

Sämmtliche Versuche, welche zum Theil 3, zum Theil 4 Tage dauerten, ergaben das Resultat, dass zwischen den mit dem Glasstabe in Berührung gekommenen und den ihnen benachbarten unberührten Stellen ein Unterschied in der Zahl der Zelltheilungen nicht bestand.

5. Beziehung der Peridermbildung zum freien Sauerstoff.

Wenn es auch selbstverständlich ist, dass bei Ausschluss freien Sauerstoffs von den Knollenhälften mit der normalen Athmung ausgiebige Zelltheilungen behindert sind, so war doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass beim ersten Beginn der Peridermbildung die in den Knollen gespeicherten sauerstoffhaltigen Verbindungen bis zu einem gewissen Punkte für den freien Sauerstoff Ersatz bieten könnten und dass vor dem Absterben der Knollenhälften mit ihrer Hilfe eine oder die andere Scheidewand sich aufbauen könnte.

Um dies zu prüfen, wurden je 6 Längshälften von Kartoffelknollen sofort nach dem Durchschneiden mit nach oben gekehrter Schnittfläche in 2 Krystallisirschalen gelegt und diese in je einen Porzellan-Untersatz gebracht, dessen Boden mit Quecksilber und ausgekochtem Wasser in

dicker Schicht bedeckt war. In der Krystallisirschale befand sich neben den Knollenhälften ein kleines Becherglas mit verdünnter Kalilauge und krystallisirter Pyrogallussäure. Um letztere erst nach einiger Zeit zur Auflösung gelangen zu lassen, war sie in einer mit Gummi arabicum zugeklebten kleinen Papierkapsel in die Flüssigkeit gebracht worden.

Ueber jede Krystallisirschale wurde rasch eine nicht tubulirte Glocke gestülpt, deren Raumgehalt nach Eintauchen in das von Wasser bedeckte Quecksilber nahezu 2 Liter betrug. Unter dem Rande der Glocke waren gleichzeitig mit dieser zwei Glasröhren eingeführt, mittels deren sich ein Gasstrom durch die Glocke unter Abschluss der äusseren Luft leiten liess. Diejenige Röhre, durch welche das Gas zugeführt wurde, reichte bis in den oberen Theil der Glocke hinauf, die andere nur bis dicht über den Wasserspiegel. An beiden Röhren war der nach aussen ragende Schenkel möglichst kurz, so dass nach Beendigung der Gasdurchleitung jedes Rohr sich ohne Lüften der Glocke im Quecksilber niederlegen liess. Der Raum unter der Glocke war nun nach Aussen vollständig abgesperrt.

Als indifferentes Gas wählte ich Wasserstoff. Zu seiner Darstellung im KIPP'schen Apparat wurde arsenfreies Zink verwendet; ausserdem war dafür gesorgt, dass das Gas, bevor es in die Glocke gelangte, zum Zwecke der Reinigung Waschflaschen mit verdünnter Kalilauge, essigsauerm Bleioxyd und pyrogallussaurem Kali passirte. Aus der Glocke gelangte das Gas mittels eines in eine feine Spitze ausgezogenen Glasrohres in eine Seifenlösung. Das Hindurchleiten wurde erst dann unterbrochen, als bei Annäherung eines brennenden Streichholzes an die Seifenblasen keine bemerkbare Verpuffung mehr erfolgte.

Während der Gasstrom noch fort dauerte, wurde die Kautschukverbindung zuerst am Ableitungs- und demnächst am Zuleitungsrohre unterbrochen und jedes derselben sofort unter das Quecksilber getaucht.

War schon durch das beschriebene Verfahren Sicherheit für annähernde Reinheit des Gases gegeben, so wurde dieselbe noch besonders durch Anwesenheit der Lösung von pyrogallussaurem Kali unter der Glocke gewährleistet, welche sich nach Auflösung des Gummis der kleinen Papierkapsel hergestellt hatte. Etwaige in dem abgeschlossenen Luft- raume noch vorhandene Spuren von Sauerstoff oder solche, welche nachträglich aus den Intercellularen der Kartoffel hervor getreten waren, mussten durch dieses allmählich gebunden werden. Es trat im Inhalte des kleinen Becherglases auch deutliche Braunfärbung ein; doch war auch nach 12 Tagen die braune Farbe noch keine sehr tief dunkle: ein Beleg dafür, dass der Pyrogallussäure nur geringe Mengen Sauerstoff zur Verfügung standen.

Um betreffs der Unschädlichkeit des angewandten Gases vollständig sicher zu gehen, stellte ich gleichzeitig einen Controlversuch an. Eine

mit 4 Knollenhälften (aber keinem Becherglase mit pyrogallussaurem Kali) beschickte und, wie oben, mit Quecksilber und Wasser gesperrte Glasglocke wurde mit einem Gemenge von Luft und Wasserstoff in nicht näher bestimmtem Verhältnisse gefüllt. Das Verfahren bei Durchleitung des Wasserstoffgases war genau dasselbe, wie das oben beschriebene. Die Zuleitung wurde unterbrochen, als das in die Seifenblasen tretende Gasgemenge noch stark verpuffte.

Die 3 Glocken wurden in dieser Form am 11. Januar angesetzt und alsbald verdunkelt.

Nach 12 Tagen wurden drei Knollenhälften der einen mit reinem Wasserstoffgas gefüllten und zwei Knollenhälften der mit dem Gasgemenge gefüllten Glocke untersucht. Die anderen Knollenhälften wurden, nachdem die Glocken wieder übergestülpt waren, unter Luftzutritt bis auf Weiteres ihrem Schicksale überlassen.

Aeusserlich zeigten sich am 23. Januar alle 12 Knollenhälften, welche 12 Tage lang in der reinen Wasserstoff-Atmosphäre verweilt hatten, auf ihrer Schnittfläche von weisslicher Färbung, als ob sie eben frisch angeschnitten wären. An einzelnen Stellen der Schnittfläche waren grosse Flüssigkeitstropfen hervorgetreten. Unter der mit dem Gasgemenge gefüllten Controlglocke dagegen zeigten die Schnittflächen blassbräunliche Färbung.

Bei der microscopischen Untersuchung ergab sich, dass an allen 3 Knollenhälften, welche 12 Tage lang in reinem Wasserstoffgase verweilt hatten, auf keinem der zahlreichen, durch die verschiedensten Theile derselben geführten Schnitte auch nur eine einzige der Schnittfläche parallele, kürzlich gebildete Theilungswand mit Sicherheit nachweisbar war, während an den beiden Knollenhälften der Controlglocke überall zahlreiche solche Theilungswände (bis 7 in derselben Reihe) vorhanden waren.

An den dem reinen Wasserstoff entnommenen Knollenhälften reichte die Blaufärbung der Membranen bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung bis zur Schnittfläche; nur an der alleräussersten Partie der durch den Schnitt getroffenen Membranen war der blaue Ton ein schmutziger. Unter der Controlglocke dagegen waren die Membranen nicht nur der äussersten Zellen des Wundperiderms selbst, sondern auch der oberflächlichen an der Schnittfläche gelegenen Zellen, welche sich nicht getheilt hatten, nach Behandlung mit Chlorzinkjod braun geblieben und zeigten sich resistent gegen concentrirte Schwefelsäure. Es geht hieraus hervor, dass auch die Bildung des Korkstoffes vom Zutritt freien Sauerstoffes abhängig ist.¹⁾

1) Dass Zellmembranen, welche bestimmt sind, mit Luft oder Wasser in Berührung zu treten, verkorken bezw. sich mit einer Cuticula bedecken, ist wiederholt

Hatte der zwölf tägige Abschluss der Knollenhälften vom freien Sauerstoff den Eintritt von Zelltheilungen verhindert, so war derselbe doch nicht ausreichend gewesen, um die Zellen vollkommen zu tödten. Bei den 3 Knollenhälften, welche nach zwölf tägigem Verweilen im Wasserstoff unter der von jetzt ab mit Luft gefüllten Glocke zurückgeblieben waren, ging das Gewebe unterhalb der Stellen, wo die grossen Flüssigkeitstropfen ausgeschieden waren, sehr bald in Fäulbiss über, was äusserlich durch tiefe Bräunung kenntlich wurde; an den anderen Stellen aber waren nach 6 Tagen noch reichliche Peridermtheilungen eingetreten.

Die andere mit reinem Wasserstoff gefüllte Glocke wurde erst nach 19 tägigem Verschluss in Untersuchung genommen. An 3 darauf geprüften Knollenhälften war ebenfalls eine einzige Tangentialtheilung nahe der Schnittfläche erfolgt. Auch hier zeigten alle Membranen bis zur Schnittfläche Zellstoffreaction.

Die drei anderen Knollenhälften dieser Glocke wurden erst 7 Tage später untersucht, nachdem sie während dieser Zeit von Luft umgeben waren. Sie waren durchweg in Fäulniss übergegangen.

Die Frage, bei welcher Partiärpressung des Sauerstoffes noch Zelltheilungen an den Wundflächen stattfinden, ist Mangels geeigneter Objekte von mir bisher nicht untersucht worden. Da durch das Verweilen eines athmenden Pflanzentheiles in einem abgesperrten Luftraume sich dessen Gehalt an Sauerstoff fortwährend ändert, so sind einigermassen zuverlässige Resultate nur dann zu erhoffen, wenn die Knollenhälften im Verhältniss zum Luftraume ein möglichst geringes Volumen besitzen, der Sauerstoffverbrauch also ein relativ geringer ist. Mit Rücksicht hierauf wären *Ficaria*-Knollen besonders günstig; doch musste ich wegen der grossen Ungleichmässigkeit der einzelnen Exemplare bezüglich der Raschheit der Zelltheilungen von ihrer Verwendung Abstand nehmen.

Da durch Verletzung der Knollen der Anstoss zu Zelltheilungen gegeben ist, welche an den unverletzten Knollen nicht eingetreten wären, und da verletzte Knollen intensiver athmen, als unverletzte,¹⁾ so lag die Frage nahe, ob halbirte Knollen in reinem Wasserstoffgase rascher absterben, als unverletzte.²⁾

hervorgehoben worden (vgl. z. B. HOFMEISTER, Die Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, pag. 248). Dagegen ist meines Wissens bisher noch nicht versucht worden, den experimentellen Nachweis zu liefern, dass der Zutritt des freien Sauerstoffes eine nothwendige Vorbedingung für die Bildung des Korkstoffes ist. Ob dies in allen Fällen so ist, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Bei der Verkorkung der Endodermis ist der Luftzutritt jedenfalls ein sehr beschränkter.

1) BÖHM, Botan. Zeitung, 1887, pag. 685 ff.

2) Auch bei Samen ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass sie in ruhendem

Der Monat Februar, in welchem ich einen hierauf bezüglichen Versuch anstellte, war kein günstiger, da im warmen Zimmer dann die Knospen schon leicht austreiben, also auch unabhängig von der Peridermbildung Zelltheilungen stattfinden. Unmittelbar nach der Ernte der Kartoffeln hätte der Versuch wahrscheinlich ein schlagenderes Resultat ergeben.

Am 8. Februar wurden 3 Glasglocken, wie oben, mit reinem Wasserstoffgas gefüllt und die etwa noch vorhandenen Spuren von Sauerstoff durch pyrogallussaures Kali absorbirt. Unter der einen Glocke befanden sich 8 Längshälften, unter den beiden anderen je 4 unverletzte Kartoffelknollen.

Nachdem am 1. März (also nach 21 Tagen) an 4 Knollenhälften festgestellt war, dass keine Theilung stattgefunden hatte, wurden die anderen 4 Hälften von da ab bis zum 14. März bei Luftzutritt unter der Glocke gelassen. Drei von ihnen waren total verschimmelt; an der vierten, zum Theil noch gesunden, waren nachträglich noch einige Peridermtheilungen eingetreten.

Die 4 Knollen von Glocke 2 wurden am 1. März halbirt und die Hälften, mit den Schnittflächen nach oben gekehrt, bis zum 14. März unter Glasglocken aufbewahrt. Bei der Untersuchung zeigten sich 6 Hälften total in Fäulniss übergegangen. An den beiden anderen Hälften, welche zum Theil verschimmelt waren, konnte eine Peridermbildung nicht wahrgenommen werden.

Die dritte Glocke wurde erst am 8. März (also nach 28 Tagen) gelüftet, die Knollen halbirt und die Hälften bis zum 14. März, wie bei Glocke 2, aufbewahrt. Sie befanden sich bei der Untersuchung am 14. März durchschnittlich in besserem Zustande als die Hälften von Glocke 2. Vier zeigten sich noch ziemlich frisch und straff, hatten aber in der Mitte schwarze Flecke. In diesen 4 Knollenhälften waren reichlichere Theilungen eingetreten, als in der einen Knollenhälfte von Glocke 1.

Als Resultat, welches aber noch einer wiederholten Bestätigung bedarf, ergibt sich also eine durchschnittliche Begünstigung der Knollen, welche in unversehrtem Zustande dem Sauerstoffmangel ausgesetzt waren.

Zustände den freien Sauerstoff längere Zeit entbehren können, ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüssen, als in dem Zustande lebhafter Keimung. Vergleichende Versuche mit dieser Fragestellung sind meines Wissens bisher zwar nicht angestellt worden, doch ist ja allbekannt, wie gross der Sauerstoffverbrauch von Keimpflanzen ist, und andererseits weiss man, dass ruhende Samen nur wenig Sauerstoff verathmen. (Vergl. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, I. (1881), pag. 351; VAN TIEGHEM et BONNIER, *Bullet. de la Soc. botan. de France*, 1882, pag. 29.)

6. Einfluss des Wasserstoffsperoxydes auf die zur Bildung des Wundperidermes führenden Zelltheilungen.

Am 5. Februar 1889 wurden 18 Kartoffelknollen der Länge nach halbirte. Die einen Hälften wurden zu je 6 mit nach oben gekehrter Schnittfläche unter 3 nicht tubulirte Glocken gebracht, unter welchen sich auch je ein flaches Gefäß mit reinem Wasser befand. Die anderen diesen ersten correspondirenden Längshälften wurden unter drei andere Glocken gebracht, unter welchen sich je ein ebensolches Gefäß mit frisch bezogener Lösung von Wasserstoffsperoxyd¹⁾ befand. Vom 5. bis 9. Februar wurde die Wasserstoffsperoxydlösung täglich erneuert, nachdem kurz vorher jedes Mal ein der Glocke von innen angechniegter, befeuchteter Streifen von Jodkalium-Stärkepapier noch Blaufärbung gezeigt hatte.²⁾ Die Culturen befanden sich im Dunkeln.

Am 9. Februar wurden zwei zusammengehörige Glocken untersucht, wobei jede Knollenhälfte mit der ihr correspondirenden verglichen wurde. Es stellte sich hierbei heraus, dass 3 bis 7 der Wundfläche parallele Wände in einer Reihe gebildet waren. Ein durchgreifender Unterschied war zwischen beiderlei Knollenhälften nicht festzustellen.

Zwei andere zusammengehörige Glocken wurden am 11. Februar, die beiden letzten am 16. Februar untersucht. Seit dem 9. Februar war das Wasserstoffsperoxyd nicht erneuert worden; doch zeigte ein befeuchteter Streifen von Jodkalium-Stärkepapier unter der Glocke am 11. Februar noch deutliche Blaufärbung. Auch diese beiden Male war zwischen den correspondirenden Knollenhälften ein Unterschied nicht erkennbar.

Bei einer Wiederholung des Versuches mit 5 Knollen am 5. März wurde die Untersuchung schon nach 2 Tagen vorgenommen. Diesmal war fast über die ganze Wundfläche die erste ihr parallele Theilung erfolgt, an wenigen Stellen schon 2 Theilungen übereinander. Bei 3 Knollen verhielten sich die beiden Hälften genau gleich; bei 2 Knollen dagegen waren in derjenigen Hälfte, welche der Einwirkung gasförmigen Wasserstoffsperoxyds ausgesetzt war, die Theilungen um ein Geringes zahlreicher.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass, falls das letzte Resultat

1) Der Procentgehalt der Lösung an Wasserstoffsperoxyd wurde nicht bestimmt.

2) Um festzustellen, ob das Wasserstoffsperoxyd in unzersetztem Zustande oder ob nach seiner Zersetzung activer Sauerstoff den Wundflächen der Knollen unter der Glocke zur Verfügung steht, brachte ich neben gewöhnlichem Jodkalium-Stärkepapier auch noch solches in die abgesperrte Atmosphäre, welches vorher in eine frische Lösung von Eisenvitriol getaucht war. Da an diesem letzten Papierstreifen die Blaufärbung erst viele Stunden nach dem andern Streifen und deutlich schwächer eintrat, schliesse ich, dass die Wundfläche der Knollen nur einen Theil unzersetztes gasförmiges Wasserstoffsperoxyd empfängt.

nicht ein zufälliges ist und thatsächlich der active Sauerstoff, welchen das Wasserstoffsperoxyd den Wundflächen zur Verfügung stellt, die Zelltheilungen begünstigt, die Förderung durch denselben jedenfalls nur eine minimale ist.

Im Anschluss an das erhaltene Ergebniss war zu untersuchen, ob die so geringe Wirksamkeit des Wasserstoffsperoxydes auf die Zelltheilungen im Phellogen vielleicht seinen Grund darin habe, dass solches von vornherein in den lebenden Zellen vorhanden ist.

Bringt man auf die frische Wundfläche einer Kartoffel einen kleinen Krystall von Jodkalium, so tritt bald Blaufärbung¹⁾ der Stärkekörner ein, und es verbreitet sich diese Blaufärbung rasch einige Zellschichten weiter nach innen. Dasselbe beobachtet man in schöner Weise, wenn man über einen kleinen Jodkaliumkrystall die zwei soeben glatt auseinandergeschnittenen Hälften einer Kartoffel fest zusammenbindet, wodurch der Luftzutritt zu der sich bläuenden Wundstelle erschwert wird. Reibt man Eisenvitriol mit Jodkalium zu einem groben Pulver zusammen und bringt ein wenig davon in derselben Weise zwischen zwei frisch getrennte Knollenhälften, so erfolgt keine Blaufärbung. Schon diese letztere Thatsache wäre mit der Anwesenheit von Wasserstoffsperoxyd unverträglich. Dass aber activirter Sauerstoff auch in anderer Form nicht in den lebenden Parenchymzellen der Kartoffel vorkommt, die Blaufärbung der Stärke durch Jodkalium vielmehr erst mit dem Absterben der Zellen eintritt, ergibt sich daraus, dass, wenn man einen kleinen Krystall von Cyanin zwischen zwei Kartoffelhälften einbindet, zahlreiche Schichten lebender Zellen sich blau färben.²⁾

7. Einfluss von Quecksilber- und Joddämpfen auf die Peridermbildung.

Trotz der geringen Spannung, welche der Quecksilberdampf bei gewöhnlicher Zimmertemperatur besitzt, genügt bei einer grünen, belüfteten Pflanze bekanntlich ein Aufenthalt von wenigen Tagen oder selbst wenigen Stunden unter einer mit Quecksilber abgesperrten Glocke, um die Laubblätter zum Verlust der Fähigkeit der Kohlenstoff-Assimilation und zum Absterben zu bringen.³⁾

Es lag nun die Frage nahe, ob das Wundperiderm die Kartoffelknolle schon am Beginn seiner Entstehung gegen die schädliche Ein-

1) Mit einem mehr oder weniger deutlichen Stich ins Rothe.

2) Ueber Cyanin als Reagens auf activen Sauerstoff siehe PFEFFER in den Arbeiten des botanischen Instituts in Tübingen, II., pag. 259 und Berichte der botanischen Gesellschaft, VII. (1889), pag. 84.

3) BOUSSINGAULT, Agronomie, Chimie agricole et Physiologie, IV. (2. éd., 1868), pag. 337 ff.

wirkung der Quecksilberdämpfe zu schützen im Stande ist, oder mit welchem Entwicklungszustande dieser Schutz gegebenen Falles eintritt.

Am 4. December 1888 wurden je 6 ähnliche Knollenhälften der Kartoffel mit nach oben gekehrter Schnittfläche in je 3 Krystallisirschalen gebracht und diese in Porcellanuntersätzen mit einer nicht tubulirten Glasglocke bedeckt. Auf dem Boden des einen Untersatzes befand sich reines Leitungswasser, auf dem Boden des zweiten mit Wasser bedecktes Quecksilber, auf dem Boden des dritten nur Quecksilber.

Die Untersuchung der letzten Knollenhälften fand am 5. Januar 1889 statt. Es waren durchschnittlich 8—9 Wände in jeder Peridermreihe gebildet. Ein durchgreifender Unterschied zwischen den Knollen der drei Glocken war betreffs der Zahl der Theilungswände nicht vorhanden. Unter der mit Quecksilber allein gesperrten Glocke hatten die jungen Peridermzellen ebenso wie die unter ihnen befindlichen Gewebezellen ein ganz ebenso gesundes Aussehen wie unter den beiden anderen Glocken. In den unter dem Korkkambium befindlichen stärkehaltigen Zellen war überall Chlorophyllfarbstoff vorhanden, welcher besonders in der Nähe des Zellkernes deutlich hervortrat.

Joddampf zeigte sich unbedingt schädlich, wenn derselbe aus einem Gefässe mit einer Mündung von etwa 3 *cm* Durchmesser sich frei entwickelte.

In geringen Mengen und nur zeitweilig einwirkend, fand ich ihn dagegen unschädlich.

Unter einer Glasglocke befand sich mit 6 Knollenhälften der Kartoffel ein kleines Jodkörnchen, unter einer anderen 2 Jodkörnchen. Am nächsten Tage waren in Glocke 1 sämtliche Wundflächen blauflechtig, in Glocke 2 tiefblau gefärbt. Nach 6 Tagen war das Jod verschwunden, und die Blaufärbung unter Glocke 1 ganz, unter Glocke 2 zum Theil verloren gegangen. An je einer geprüften Knollenhälfte waren reichliche Zelltheilungen unter einer mehrfachen Lage abgestorbener stärkererfüllter Zellen eingetreten. Bei Glocke 2 war die Lage abgestorbener Zellen im Ganzen dicker als bei Glocke 1.

Nach weiteren 40 Tagen waren nicht nur die Peridermtheilungen in beiden Glocken rüstig fortgeschritten, sondern es waren auch einzelne Knospen zu kurzen geilen Trieben ausgewachsen.

Es folgen hier die wichtigsten Resultate, welche sich aus dem Vorstehenden ergeben:

1. Die bei der Bildung des Wundperiderms an Knollen stattfindenden Zelltheilungen werden durch einen mittleren Feuchtigkeitsgehalt der Luft am meisten begünstigt.

2. Bei Lichtabschluss finden die Zelltheilungen in chlorophyllfreien Knollen in gleicher Zahl wie im diffusen Tageslichte statt.
 3. An Knollen, welche vor der Verwundung während 23 Tage einer Temperatur von 6—7° C. ausgesetzt waren, fanden die Zelltheilungen um ein Geringes ausgiebiger statt, als bei Knollen, welche während derselben Zeit einer Temperatur von 18°—21° C. ausgesetzt waren.
 4. Mit Rücksicht auf die Förderung der Zelltheilungen ist es gleichgiltig, ob die Wundfläche nach oben oder unten gekehrt ist. Es ist ohne erheblichen Einfluss, ob ihre Stellung eine horizontale oder verticale ist.
 6. Freier Sauerstoff der Luft ist nicht nur für den Beginn der bei Bildung des Wundperiderms stattfindenden Zelltheilungen, sondern auch für die Verkorkung der Membranen erforderlich.
 7. Durch Einwirkung sehr geringer Mengen gasförmigen Wasserstoffsperoxyds werden die Zelltheilungen bei der Bildung des Wundperiderms vielleicht um ein sehr Geringes gefördert.
 8. Quecksilberdampf von einer Spannung, wie derselbe bei gewöhnlicher Zimmertemperatur besteht, erwies sich als unschädlich für die Bildung des Wundperiderms.
 9. Joddampf, in geringer Menge und nur wenige Tage der umgebenden Atmosphäre beigemischt, bewirkte zwar ein rasches Absterben der oberflächlichen Zellschichten der Wundfläche, verhinderte aber die Wundperidermbildung nicht. In reichlicherer Menge dagegen wirkte er tödtlich.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Kny Leopold

Artikel/Article: [Ueber die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äusseren Einflüssen 154-168](#)