

Erachtens die Annahme einer combinirten Zusammenziehung der Rückenstrecker und der Muskulatur der oberen Extremitäten empfehlen, so zwar, dass die erstere die Verkürzung und Zusammen-drückung in der Längsrichtung, die letztere die seitliche Distraktion bewirkt habe.

## VIII.

### Krankheiten des Pflanzengewebes in Folge von Reizungen und Vergleichung derselben mit Affectionen des thierischen Gewebes.

Ein Beitrag zur Cellularpathologie.

Von Dr. L. Waldenburg, pract. Arzt in Berlin.

(Hierzu Taf. V.)

**T**hier und Pflanze sind einander durch die Forschungen der exacten Wissenschaft um ein Bedeutendes näher gerückt: von der Histologie und Physiologie werden sie beide bereits unter wesentlich gleichen allgemeinen Gesichtspunkten aufgefasst. Nur in der Krankheitslehre, die noch nicht aus den Banden humoral- und neuropathologischer Anschauungen sich befreite, blieb die Trennung bestehen: Blut oder Nerven waren ja das Wesentliche aller Krankheiten des thierischen und menschlichen Leibes; welche Gemeinschaft konnte da mit den ohne diese beiden Faktoren vegetirenden Pflanzen vorhanden sein?

Manche Pflanzenkrankheiten, besonders die Gallen, mussten zwar längst die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich lenken und zur Vergleichung mit thierischen Affectionen einladen: so setzte schon der grosse Malpighi die Gallen den thierischen Tumoren an die Seite und nahm für beide eine analoge Entstehungsweise, nämlich eine Gährung des Ernährungssaftes, resp. des Blu-

tes, durch einen fremden Fermentstoff, als Ursache an. Der weitere Gang jedoch, den die Pathologie nahm, wies jeden innigeren Zusammenhang zwischen thierischen und pflanzlichen Affectionen zurück; die ganze Aufmerksamkeit concentrirte sich gerade auf diejenigen Theile, welche das Thier von der Pflanze unterscheiden, und das beiden Gemeinsame wurde vernachlässigt. Uebergehen wir naturphilosophische Speculationen, so wurde erst in der neuesten Zeit, als gegenüber den beiden das thierische Leben beherrschenden Systemen, dem Circulations- und dem Nervensystem, der eigentliche ganze Organismus zu Ehren kam, wieder eine Einigung zwischen thierischen und pflanzlichen Affectionen angebahnt. So finden wir schon bei Koch, dessen Theorie, wenn auch noch unklar, bereits eine dem Parenchym inne wohnende Kraft anerkennt, eine wichtige darauf bezügliche Bemerkung. (Meckel's Archiv 1832. Koch, Ueber die Entzündung nach mikroskopischen Versuchen. S. 121—260.) Koch kommt nämlich durch seine Entzündungsversuche zu dem Resultate, dass ausser der Herzkraft noch irgend etwas Anderes vorhanden sein müsse, was Einfluss auf die Blutbewegung habe; dies „unbekannte Etwas“ nennt er „Hülfskraft der Blutbewegung“. Diese Hülfskraft gehe von den die Blutsäule umgebenden Weichgebilden aus, so dass diese also eine Actio in distantia auf das Blut ausüben; sie hänge auch mit der Function der Nerven innig zusammen. „Mit der Ernährung und resp. mit der Regeneration stehe die Hülfskraft in der nothwendigsten Verbindung; ja, es scheine das Regenerationsvermögen um so vollkommener und ausgedehnter zu sein, je mehr die Hülfskraft überwiegt, und am vollkommensten, wo sie allein die Saftbewegung besorgt, in herzlosen Thieren und Pflanzen.“ Hier folgt die interessante Anknüpfung: (a. a. O. S. 257 in der Anmerkung) „Höchst merkwürdig ist die grosse Aehnlichkeit der Erscheinungen in dem gereizten Pflanzentheile mit entzündeten Stellen an höheren Thieren.“

Mit der weiteren Ausbildung der Attractionstheorie nahmen diejenigen thierischen Gewebe, welche der Blutgefässe und der Nerven entbehren, ein immer grösseres Interesse für sich in Anspruch, und so konnte es nicht fehlen, dass von diesen aus

auch die Aufmerksamkeit auf die Pflanzen gelenkt wurde. In Virchow's Cellularpathologie, der vollendetsten Blüthe jener Lehre, finden wir bereits eine Vergleichung der thierischen und pflanzlichen Affectionen ausführlicher hervorgehoben.

Seit längerer Zeit mit der Entzündungsfrage beschäftigt, wurde ich selbst durch eine Reihe von Reizversuchen, die ich am Knorpel vornahm, auf die Bahn gelenkt, durch ähnliche Experimente die Erregbarkeit des Pflanzengewebes einer näheren Prüfung zu unterwerfen. Die complicirten Verhältnisse, wie sie beim Thier eine exacte Beweisführung erschweren, sind bei der Pflanze auf höchst einfache Bedingungen reducirt: hier haben wir nichts als Parenchym, keine andere physiologische Thätigkeit als die der Zellen. Bei lokaler Reizung eines Pflanzentheils wird nichts als ein Zellencomplex einer Störung unterworfen: kein Nerv, kein Gefäss kann einen das Resultat verwickelnden Einfluss ausüben. Wir können hier auf einem neutralen Boden die nackten, ungetrübten Erfolge studiren, welche durch Verletzung eines rein cellulären Gewebes erzielt werden, und dadurch für die Beurtheilung von Affectionen, bei denen die Bedingungen durch neue Momente complicirt sind, ein festes Fundament gewinnen. Dass wir in der That das pflanzliche Parenchym dem thierischen, was die vitalen Beziehungen betrifft, an die Seite zu stellen berechtigt sind, darüber kann kein Zweifel mehr obwalten; natürlich müssen wir aber bei der Vergleichung die verschiedenen Verhältnisse, unter denen beide sich befinden, gebührend berücksichtigen.

Zum Gegenstand der Versuche wählte ich hauptsächlich die Stengel junger, so eben hervorsprossender Kräuter, die ich mir selbst in Töpfen zog, so die der Gurken, Kürbisse, Kartoffeln, Bohnen u. a., ausserdem einige erwachsene Holzpflanzen, besonders Oleander. Als Reizmittel benutzte ich solche, die auch an thierischen Geweben sich wirksam erweisen, sowohl mechanisch-traumatische, als caustische und chemische. Sämmtliche Experimente habe ich an einer grossen Reihe von Pflanzen mit häufigen Wiederholungen vorgenommen und bin überall zu wesentlich gleichen Resultaten gelangt. Einige Experimente lasse ich ausführlicher folgen.

## 1. Am Gurkenstengel.

## A. Fremde Körper.

Mitten durch den jungen, erst seit wenigen Tagen hervorgesprossenen Stengel wird ein Faden aus Seide, Zwirn oder Baumwolle gezogen und lose, so dass er keine Einschnürung verursacht, zusammengeknüpft. Anfangs fliesst etwas Saft aus der Wunde.

## a) 2 Tage nach der Verletzung:

Der Stengel erscheint an der verletzten Stelle etwas verdickt. Rings um den Faden liegt eine dünne Schicht trocknen, weniger durchsichtigen Gewebes. Auf dem Quer- oder Längsschnitt erblickt man unter dem Mikroskop zunächst 1) eine Lage zerstörten Parenchyms, darunter auch 2) scheinbar unverletzte Parenchymzellen von normaler Gestalt und Grösse, die jedoch durch gelblichen, körnigen Inhalt getrübt sind. Zuweilen liegt eine ganze Reihe dieser trüben gelblichen Zellen als eine besondere Schicht hinter dem zerstörten Zellgewebe. Auf diese Schicht folgt 3) eine andere, in welcher die Parenchymzellen sich meist an Grösse von den übrigen angrenzenden auszeichnen. Dieselben haben ihre regelmässige Lagerung und ihre symmetrisch prismatische Gestalt eingebüsst, sie sind, zumal nach der Wundfläche hin, meist abgerundet. Innerhalb der vergrösserten, vorzüglich im Breitendurchmesser ausgedehnten Zellen finden sich gewöhnlich zwei, in anderen mehrere blasse Kerne; dieselben sind in einigen noch dicht an einander gelagert, in anderen schon ganz von einander getrennt. Zuweilen sind selbst sehr blasse Scheidewände bereits sichtbar, welche die Zellen in zwei oder mehrere theilen.

## b) 5 Tage nach der Verletzung:

Geringe Verdickung des Stengels. Zunächst dem Faden: 1) Schicht geschrumpften Gewebes, gelblich, fast undurchsichtig; die einzelnen Zellen sind zerstört und nicht mehr zu erkennen. Es folgt 2) eine Reihe einzelner regelmässig gestalteter Zellen, durch gelbliche Körnchen getrübt. 3) Wucherungsheerd. Die ursprünglichen Zellen sind bedeutend sowohl in der Länge, als ganz besonders in der Breite — entsprechend dem Defect — vergrössert. Sie sind nicht mehr regelmässig nach den Axen des Stengels gelagert, sondern rings um die Wunde gruppiert; demgemäss haben sie auch ihre normal prismatische Gestalt verloren und sind mannigfach geformt, zum Theil selbst kuglig oder eirund. Durch Quer- und Längsscheidewände sind sie in ein reichliches Netz kleiner Zellen, deren Kerne deutlich erkennbar sind, getheilt.

## c) Nach c. 14 Tagen:

Verdickung des Stengels ist nicht stärker als in den ersten Tagen. Rings um die Wunde: 1) und 2) trockene, gelblich-weiße, sehr trübe Schicht, wie oben zusammengesetzt. 3) Breite Reihe neu gewuchelter Zellen, aus deren Gestalt und Lagerung deutlich hervorleuchtet, wie sie durch Längs- und Querheilung aus den normalen Parenchymzellen hervorgegangen sind. In der Nähe der Gefässe findet man eine besonders starke Wucherung der Cambiumzellen. Die neugewucherten Zellen sind klein, mannigfach gestaltet und nicht nach den Axen

des Stengels, sondern in der Weise geordnet, dass sie gleichsam eine netzförmige Kapsel um die durch den Faden bewirkte Oeffnung bilden. In einer weiteren Entfernung fängt das Gewebe allmähig sich dem normalen Habitus zu nähern an; nahe der Wucherungsschicht sind die Zellen jedoch noch sowohl unregelmässig gelagert, als auch vergrössert und durch Scheidewände getheilt.

d) Lässt man die Pflanze mit durchgezogenem Faden länger wachsen, so entwickelt sie sich regelmässig, die Verdickung des Stengels nimmt nicht zu und die Structur des Gewebes bleibt dieselbe, nur dass die Membranen der gewucherten Zellen sich etwas verdicken.

Das Resultat dieses Experiments ist also kurz folgendes:

- 1) Zerstörung des unmittelbar betroffenen Parenchyms.
- 2) Trübung und Gelbfärbung der zunächst liegenden Zellen.
- 3) Wuchernde Neubildung durch Theilung der umgelagerten und vergrösserten Zellen in der Umgebung der Wunde.

- 4) Nach längerer Zeit Verdickung der Zellwände.

Zu ganz gleichen Resultaten gelangt man, wenn man, anstatt einen Faden durchzuziehen, ein zugespitztes Hölzchen, einen Dorn, Stachel u. dergl. in den Stengel einbohrt.

Die Verdickung des Stengels, welche in der Regel nur bis zum 3ten bis 5ten Tage zuzunehmen pflegt, ist nur zum kleinsten Theil durch die Neubildung bedingt, indem diese eine nicht viel grössere Breite einnimmt, als Parenchym zerstört ist. Auch ist in manchen Fällen, wo die Wucherungsschicht in gleichem Grade ausgedehnt ist, aber das Parenchym dem fremden Körper dicht anliegt, die Verdickung kaum wahrnehmbar. Letztere scheint durch die Drehung des Stengels, wodurch die Wunde klaffender wird, hervorgerufen zu werden, ist also ohne grössere Bedeutung \*).

#### B. Quetschung.

Ein junger Gurkenstengel wird mit der Pincette an seiner Peripherie gequetscht.

Schon in den ersten Tagen tritt eine merkliche Verdickung an der verwundeten Stelle ein; zuweilen bildet sich selbst ein Knoten, dessen Durchmesser oft um die Hälfte den des übrigen Stengels übertrifft. Die Verdickung ist ganz durch Zellwucherung gebildet; die ursprünglichen Parenchymzellen sind besonders nach

\*) Auf diese Drehung des Stengels als wahrscheinliche Ursache der scheinbaren Verdickung wurde ich durch Herrn Dr. Pringsheim, der einige Präparate in Augenschein zu nehmen die Güte hatte, aufmerksam gemacht.

den Queraxen vergrössert und in dieser Richtung getheilt. Daneben befindet sich theils zerstörtes, theils lufthaltiges mit trübem, gelbem Inhalt gefülltes Parenchym.

Derselbe Versuch an älteren Stengeln ergibt die gleiche Veränderung, jedoch meistens nicht eine so bedeutende Zellwucherung und Verdickung des Stengels.

### C. Cauterisation.

Mittelst einer glühenden Nadel wird einem Gurkenstengel ein oberflächlicher Streifen eingebrannt. Die Cauterisation darf nicht zu tief geschehen, sonst knickt der Stengel um und vergeht.

An der verwundeten Stelle bildet sich ein brauner Schorf mit merklichem Substanzverlust. Im Schorf ist das ursprüngliche Gewebe zerstört, die einzelnen Zellen sind nicht mehr zu erkennen; man erblickt nur noch eine undurchsichtige, braungelbe Masse, in welcher ein Gewirre ungeordneter Zellmembranen hervortritt.

Oft schon am folgenden Tage, regelmässig aber am 2ten bis 4ten Tage beobachtet man die dem Schorfe anliegenden Zellen sowohl in der Längs- als in der Quertheilung begriffen.

In den folgenden Tagen ist die Zellwucherung unter dem Schorfe bereits eine sehr reichliche. Die durch vielfache Theilung neugebildeten Zellen liegen, verschieden gestaltet, nicht nach den Axen des Stengels regelmässig geordnet, vielmehr haufenweise so neben einander, dass sie den Defect am geeignetsten ausfüllen. Wo das normale Gewebe in die Wucherungsschicht übergeht, sind die noch normal gelagerten Parenchymzellen besonders nach der Queraxe — in welcher der Defect ist — vergrössert und vielfach getheilt.

Nach mehreren Wochen untersucht, erhält man folgendes Bild: Schorf wie früher. Auf dem Längsschnitt in einiger Entfernung vom Schorfe besteht das normale Gewebe aus den gewöhnlichen, sehr grossen ( $\frac{1}{8}$  —  $\frac{1}{2}$  Linie und mehr) und breiten, regelmässig nach der Längs- und Queraxe angeordneten, prismatischen oder auch fassförmigen Zellen. Näher dem Schorfe beobachtet man an Stelle dieser grossen Zellen kleinere von  $\frac{1}{2}$  —  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{8}$  ihrer Durchmesser noch so an einander liegen, dass es augenscheinlich ist, wie diese kleineren Zellen durch Quer- und Längstheilung aus den grossen hervorgegangen sind. In der Schicht endlich, welche sich unter dem Schorfe selbst befindet, sind die Zellen ebenfalls klein, zum Theil noch kleiner, aber in ausserordentlich reicher Anzahl, dabei aber nicht mehr von der regelmässigen Anordnung und Gestalt des normalen Parenchyms, sondern verschieden geformt, kuglig, eirund, unsymmetrisch eckig, haufenweise neben einander lagernd. An diesen Zellen lässt sich ihr Ursprung zwar nicht mehr für's Auge demonstrieren; es ist aber nichts desto weniger, wenn man die frischeren Wunden und die anliegenden Schichten vergleicht, ihre Abstammung aus Parenchymzellen unzweifelhaft.

## 2. Am Kürbissstengel.

### A. Fremde Körper.

Wird ein Faden durch einen jungen Kürbissstengel durchgezogen oder ein Dorn eingebohrt, so erhält man dieselben Erscheinungen wie am Gurkenstengel. Da der

Kürbissstengel dicker ist, so lassen sich alle Momente mit grösserer Leichtigkeit beobachten. Rings um den fremden Körper liegt eine Schicht zerstörten Gewebes, an welche sich eine Reihe scheinbar unverletzter Zellen von normaler Form und Grösse mit trübem, gelblichem Inhalte anschliesst. Schon in den ersten drei Tagen beobachtet man die Zellen sowohl der Rindensubstanz, als der Gefässbündel und des Markes nach der Richtung des Defects hin vergrössert und dem entsprechend an Gestalt und Anordnung verändert, mit mehreren blassen Kernen versehen und zum Theil schon durch dünne Scheidewände getheilt. In den folgenden Tagen nimmt die Zelltheilung sehr schnell zu, kommt jedoch, nachdem die Wucherung einen gewissen Grad erreicht hat, etwa am 6ten bis 8ten Tage, zum Stillstand, und die weiteren Veränderungen bestehen nur noch in einer allmähigen, nicht sehr bedeutenden Verdickung der neuen Zellwände.

Wie beim Gurkenstengel macht sich auch hier in den ersten 3—4 Tagen ein deutlich, oft sehr stark hervortretender Knoten in der Umgebung des fremden Körpers bemerkbar, der später stationär bleibt. Dieser Knoten lässt sich auch hier nicht durch die Wucherung allein erklären, denn die Breite der neugebildeten Zellschicht beträgt c.  $\frac{1}{8}$  —  $\frac{1}{4}$  Linie, die durch eine Reihe zerstörten Gewebes ziemlich aufgewogen wird. Misst man den Durchmesser des Stengels nach Abzug der Breite des durch den fremden Körper bewirkten Loches, so ist derselbe nur um ein Geringes länger, als der Durchmesser am übrigen Stengel, der Stengel zeigt sich auch hier um seine Axe gedreht; durch diese Drehung ist wahrscheinlicher Weise die Wunde erweitert und aufgetrieben und auf diese Weise eine scheinbare Anschwellung entstanden. Der fremde Körper sitzt unter diesen Umständen auch locker in der Wunde. In anderen Fällen sitzt derselbe ausserordentlich fest und ist, um mich so auszudrücken, innig mit der Wundfläche verwachsen, so dass man ihn nur mit Verletzung dieser herauslösen kann; hier tritt eine Anschwellung am Stengel entweder gar nicht oder nur höchst unbedeutend hervor.

#### B. Mechanische Verletzungen.

a) Durch den Stengel wird, wie im vorigen Falle, ein zugespitztes Hölzchen eingestossen, jedoch sofort wieder entfernt. Es ist also eine Stichwunde mit Quetschung. Es zeigen sich hierauf dieselben Erscheinungen, wie wenn der fremde Körper nicht herausgezogen wäre; nur ist die Zellwucherung geringfügiger. Der Defect bleibt bestehen.

b) Quetschung an der Peripherie des Stengels in c.  $\frac{1}{4}$  seines Durchmessers mittelst einer Pincette. Durch die Quetschung werden einzelne verletzte Stellen des Stengels halb losgelöst und in Lappen aufgetrieben. Im Verlaufe der ersten 3—4 Tage erscheint eine merkliche Verdickung des Stengels, besonders am oberen Theile der Wunde; die Anschwellung besteht aus festem Gewebe, wodurch die beschädigten, ursprünglich losen Lappen dicht verwachsen sind. Unter dem Mikroskop beobachtet man zwischen scheinbar normalem und mit gelblichem Inhalt gefülltem Gewebe breite Schichten, in welchen die Parenchymzellen in reichlicher Längs- und Quertheilung begriffen sind.

## C. Cauterisation.

Resultate wie am Gurkenstengel.

## 3. Am Kresse- und Lattig-Stengel.

Die Stengel sind zu dünn, um sich für umfassende Versuche zu eignen. Um so interessanter sind die Resultate, die man nichts desto weniger häufig nach Quetschungen der jungen, eben erst aufgekeimten Stengel erhält. Es bildet sich nämlich innerhalb der ersten Tage ein deutliches Knötchen als Verdickung der verletzten Stelle. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass die sonst nach der Längsaxe disponirten Zellen sich mehr schief lagern und aus ihnen durch Theilung eine mächtige Zellwucherung hervorgeht. Daneben finden sich auch Schichten von zerstörtem, mit gelbem Inhalt und reichlichen Luftblasen erfülltem Gewebe.

Die Quetschung muss, will man zu einem günstigen Resultate gelangen, sehr vorsichtig geschehen, sonst knickt der Stengel um und verwelkt.

## 4. Am Kartoffelstengel.

Der Kartoffelstengel ist einerseits wegen der mit Saftfülle sich vereinigenden Festigkeit seines Gefüges, andererseits wegen der symmetrischen Regelmässigkeit der nach Verletzungen eintretenden Zelltheilung ganz besonders zu unseren Experimenten geeignet. Ich habe ihn deshalb benutzt, um die ersten Anfänge und den allmähigen Verlauf der Erscheinungen an ihm zu studiren.

## A. Fremde Körper.

Durch den jungen Stengel wird ein Faden durchgezogen oder ein Stäbchen eingebohrt. Ich habe oft ein mehrere Linien breites, keilförmiges, dünnes Stäbchen angewendet, damit die Veränderungen über eine weitere Ausdehnung sich erstrecken.

Ein Knötchen an der verletzten Stelle tritt hier gewöhnlich nicht hervor.

b) 1ter Tag. Dünne Schicht zerstörten Gewebes. Darauf die normale Parenchymsschicht, die Zellen sind zum Theil noch normal, zum Theil scheinen sie etwas vergrössert. Wo ein Defect ist, sind die Randzellen nach dem Defect hin etwas verlängert. Die Zellen sind blass; in vielen erscheint der blasser Kern derselben vergrössert, in anderen schon getheilt, doch liegen die beiden jungen Kerne noch dicht an einander.

b) 2ter Tag. Schicht zerstörten Gewebes, an die sich zunächst normal geformte, mit gelblichem Inhalt erfüllte Zellen in ursprünglicher Grösse anschliessen. In ihrer unmittelbaren Berührung befinden sich Zellen, bald mehr — selbst um mehr als das Doppelte — bald weniger in die Breite verlängert, deren sonst prismatische Form an dem freien Rande abgerundet ist. Die vergrösserten Zellen sind blasser als normal. In den meisten Zellen befinden sich bereits zwei Zellkerne, zwar schon ganz getrennt, aber meist noch neben einander liegend; in anderen



wenigen beobachtet man auch vier Kerne neben einander. In manchen Zellen sind die Kerne schon ganz auseinander gerückt und die Zellen selbst durch dünne Scheidewände meist quer, in anderen auch längs getheilt.

c) 3ter Tag. Die Vergrösserung der Zellen nach der Wundfläche hin hat wesentlich zugenommen, sie sind durch parallele Scheidewände in mehrere kleine Zellen mit grossem, deutlichem Kern getheilt. Es treten gewöhnlich zwei Schichten hervor: in der dem direct verletzten Gewebe zunächst gelegenen Schicht sind die Zellen sehr bedeutend verlängert und durch eine grössere Menge paralleler Scheidewände — gewöhnlich 8 — getheilt; in der darauf folgenden Schicht dagegen sind die Zellen weniger gross und nur in der Zwei- und Viertheilung begriffen. Die wuchernden Zellen sind blass, ihre Membranen nicht verdickt. Die Scheidewände sind gleichfalls noch dünn.

d) 4ter Tag. Bild wie das vorige. Nur sind die ursprünglichen Zellmembranen und die Scheidewände schon etwas dicker.

In manchen Stengeln, zumal solchen, denen es bereits an Nahrung fehlt und deren Blätter schon zu welken anfangen, ist am 2ten bis 3ten Tage der Zustand ungefähr noch derselbe, wie in anderen am ersten Tage. Auch die verschiedenen Zellen an demselben Stengel halten mit einander nicht gleichen Schritt; manche sind vergrössert, andere nicht; in manchen ist erst der Kern getheilt, während in anderen schon Scheidewände sich ausbilden.

e) Nach 8—14 Tagen. Die durch Quertheilung aus den vergrösserten Parenchymzellen entstandenen jungen Zellen sind noch immer blasser als das übrige Gewebe, ihre Membranen sind verdickt. Sie erscheinen auf dem Querschnitt vierkantig, fast rechteckig und liegen regelmässig mauerförmig geschichtet hinter einander. Die Membranen der ursprünglichen vergrösserten Zellen, aus deren Quertheilung sie hervorgegangen sind, treten, gleichfalls verdickt, deutlich hervor. Das Ganze zeigt vollkommen das Bild von Korkgewebe, das hier also in regelmässiger Weise aus Parenchymzellen sich entwickelt hat. Beim Uebergang in das normale Gewebe haben die ursprünglichen Zellen meist noch ihre frühere prismatische Gestalt, sie sind jedoch, und oft sehr bedeutend, vergrössert und durch zwei bis vier quere Scheidewände getheilt; ihre Membranen und die Scheidewände sind ziemlich verdickt.

f) Nach 3—4 Wochen. Die Verdickung der Zellwände hat einen bedeutenden Grad erreicht. Die Uebereinstimmung mit Korkgewebe springt in die Augen.

## B. Schnitt, Stich.

Sticht man eine Nadel in einen Kartoffelstengel und zieht sie sofort wieder heraus, so erhält man dieselben Veränderungen in der Wunde, wie wenn der fremde Körper darinnen geblieben wäre. Das Loch verwächst nicht.

Macht man mittelst eines scharfen Messers einen Längsschnitt von einiger Tiefe in den Stengel, so verwächst auch die Schnittfläche nicht; der Spalt wird vielmehr klaffender. Nach 14 Tagen bis 3 Wochen erscheinen die Wundflächen bräunlich und schon dem unbewaffneten Auge korkähnlich. Unter dem Mikroskop beobachtet man hinter theils zerstörtem, theils verfärbtem Gewebe eine breite Lage gewucherter

Korkzellen, fast würfelförmig geschichtet, deren Ursprung aus in die Breite vergrösserten und durch viele parallele Scheidewände getheilten Parenchymzellen ersichtlich ist. Die Wandungen der ursprünglichen sowohl, wie der jungen Zellen, sind sehr verdickt.

Ein Querschnitt in den Stengel führt zu demselben Resultate; nur dass die Zellen sich hier nicht nach der Quer-, sondern nach der Längsaxe vergrössern und theilen.

### C. Cauterisation, chemische Reize.

Cauterisation mittelst Glühhitze bewirkt einen Schorf zerstörten Parenchyms und darunter Wucherung von Korkzellen aus dem normalen Gewebe.

Schwefelsäure erzeugt gleichfalls einen Schorf mit tiefem Defect und darunter dieselbe Zellwucherung.

Wird Senföl, rein oder etwas verdünnt, auf den Stengel aufgetragen, so wird die betroffene Stelle sofort weisslich, nicht unähnlich einer weissen Blase auf gesunder Haut; jedoch ist keine Auftreibung zu constatiren, vielmehr sinkt die Stelle allmählig ein und es entsteht ein weisser Schorf, unter dem später eine geringe Zellwucherung hervortritt. Kurz nach dem Aufpinseln des Ol. Sinapis lässt sich in den Zellen mikroskopisch keine Veränderung nachweisen, sie erscheinen normal an Gestalt und Ansehen.

Bei Anwendung von Salpetersäure wird die Stelle gelblich und sinkt später ein. Nach einigen Tagen — am 6ten Tage — untersucht, sieht man unter dem Schorfe von nicht mehr erkennbarem Gewebe normal gestaltete Zellen, die mehr oder weniger, besonders an der Zellwand, gelblich gefärbt sind. Diese Zellen gehen allmählig in normales Gewebe über. Eine Zellwucherung war in dem gegebenen Falle nicht vorhanden. (Eine Wiederholung des Versuches habe ich verabsäumt.)

### 5. Am Oleanderstengel.

Die Experimente, die ich am Oleanderstengel vornahm, haben insofern ein besonderes Interesse, als sie zu verschiedenen Jahreszeiten, in verschiedenen Phasen des Wachstums ausgeführt, verschiedene Resultate lieferten:

a) Im März, wo der Stengel noch gar keine Neigung zeigte, weiter zu wachsen und seine Knospen zu entfalten, zog ich einen Faden durch einen der jüngsten grünen Aeste. Nach 6 Tagen erscheint die Gewebsschicht um den Faden ganz undurchsichtig trübe, von gelblich-brauner Farbe. Im normalen Gewebe enthalten die Zellen reichliche Chlorophyll- und Stärkekörnchen, jedoch nicht in dem Maasse, dass sie deshalb nicht ziemlich klar und durchsichtig erschienen. Die Zellen in der Umgebung des Fadens hingegen sind trüb braun, indem sie theils mit gelben Körnchen (Xanthophyll), die meist zu grossen Kugeln conglomerirt sind, theils jedoch in geringerer Menge mit Stärkekügelchen vollständig erfüllt sind. Eine Zellwucherung konnte ich nirgends wahrnehmen.

b) Zug ich dagegen im Juli oder August, wo die Pflanze in vollem Wachsthum

sich befand, einen Faden durch den grünen Stengel oder bohrte einen Dorn ein, so war ungefähr am 8ten Tage das Resultat folgendes:

Zuerst Schorf von zerstörtem Gewebe und getrübten, verfärbten Zellen. Darauf eine Schicht, in welcher die normal fast sphärischen Zellen durch Vergrösserung nach der Wundfläche hin eine mehr eiförmige Gestalt angenommen haben. In ihnen sind 2—4 Scheidewände sichtbar. Die Zelltheilung tritt sowohl im Mark, als in der Gefäss- und Rindenschicht hervor.

Nach 2—3 Wochen findet sich unter dem Schorf eine c.  $\frac{1}{2}$  Linie breite Lage voll blasser, regelmässig neben und hinter einander geschichteter Zellen. Diese Zellen, aus der fortschreitenden Theilung des Parenchyms hervorgegangen, entsprechen dem äusseren Ansehen nach ganz den Korkzellen. Sie sind von prismatischer Gestalt und blassem Inhalt, nicht, wie die normalen runden Parenchymzellen, mit Stärke und Chlorophyll erfüllt.

c) In einen Ast, dessen fortwachsende Spitze ich eben abgeschnitten hatte, stiess ich ein spitzes Hölzchen unterhalb der beiden obersten Blätter. Auch hier findet sich nach 14 Tagen Zellwucherung, doch ist die neugewucherte Schicht kaum halb so breit, wie in dem früheren Falle, wo die Spitze erhalten war und fortwuchs.

d) Im März Faden durchgezogen. Während in den nächsten Wochen, wo die Pflanze noch kein dem Auge sichtbares Wachsthum zeigt, keine Wucherung hervortritt, macht sich später eine deutliche Verdickung des Stengels bemerkbar. Anfangs Juni untersucht, folgt auf eine Reihe theils zerstörten, theils getrübten Gewebes, in deren Umkreis eine blasse, durchsichtige Schicht jungen, neugebildeten Gewebes, aus einem Mauerwerk kleiner, prismatischer Zellen bestehend.

e) Senföl am Stengel bewirkt eine Bräunung, selbst Schwärzung der betroffenen Stelle und Einsinken bis zu einer beträchtlichen Tiefe, wobei leicht der ganze Stengel sich schwärzt, schrumpft und eintrocknet. Ist die Schrumpfung nur oberflächlich, so entsteht, zur Zeit des Wachstums der Pflanze, unter dem Schorfe eine Zellwucherung.

## 6. Am Bohnenstengel.

In den bisherigen Versuchen theiligten sich bei der Zellwucherung sämtliche Parenchymzellen in gleicher Weise; ganz anders ist das Verhältniss am Bohnenstengel.

Faden oder Stäbchen werden durch einen jungen Bohnenstengel durchgezogen. In den meisten Fällen erweitert sich in den ersten Tagen die Wunde und die Wundränder erscheinen braunroth, fast rostfarben. Die unmittelbar den fremden Körper umgebenden Parenchymzellen sind nämlich sowohl in Inhalt als Membran in dieser Weise gefärbt. Diese gehen dann allmählig in normales Gewebe über, indem weder die Parenchymzellen des Markes noch der Rinde sich vergrössern und theilen. Eine grosse Reihe des dem fremden Körper nahe liegenden Gewebes schwindet vielmehr, ganz besonders im Mark, so dass oft ein tiefer Defect sich bildet.

Dagegen macht sich an den kleinen Cambiumzellen des Gefässringes eine Wucherung bemerkbar. Schon nach wenigen Tagen beobachtet man eine Ver-

grösserung derselben nach der Wundfläche hin und eine Theilung derselben durch viele parallele Scheidewände. Die Neubildung nimmt zu und die Zellwände verdicken sich.

Die Wucherung aus den Cambiumzellen nimmt leicht bedeutende Dimensionen an, so dass sie die Wundränder und den fremden Körper überwallen. Der Ueberwallungswulst ist glänzend weiss und besteht aus einem zahlreichen Netz kleiner Zellen, welches von dem Gefässring ausgehend, zu einer ziemlichen Dicke (c.  $\frac{1}{2}$  Linie) nach aussen, weniger nach dem Marke hin, sich ausbreitet. Der fremde Körper erscheint in diesen Wulst, so weit er hineinreicht, gleichsam eingewachsen.

Andere Verletzungen am Bohnenstengel führen zu dem gleichen Resultate: die Parenchymzellen bräunen sich und schrumpfen, besonders im Marke, zu einem tiefen Defect; eine Wucherung derselben findet nicht statt. Eine Neubildung von der Gefässschicht aus tritt nach chemischen Reizen (Schwefelsäure, Senföl) auch nur in geringem Grade auf.

#### 7. An Blättern und Samen.

Die bisherigen Experimente bezogen sich auf dasjenige Organ der Pflanzen, welches in andauerndem, kräftigem Wachsthum begriffen ist, den Stengel; ihr Resultat war Zellwucherung theils aus dem gesammten Parenchym, theils aus einem bevorzugten Gewebe.

Eine neue Reihe von Versuchen erstreckt sich nun auf andere Pflanzentheile, deren Wachsthum ein beschränktes und deren Bedeutung nur eine vorübergehende ist.

Wird die grüne Blattlamina verschiedener Pflanzen (ich benutzte besonders die oben genannten) durch Schnitt, Stich, Quetschung, Cauterisation oder chemische Agentien verletzt, so färbt sich die betroffene Stelle gelblich, die sonst gut erhaltenen Zellen sind, statt mit Chlorophyll, mit gelbem Inhalt (Xanthophyll) dicht erfüllt, sie entziehen sich dem weiteren Wachsthum und bleiben an Gestalt und Grösse stationär. Eine Zellwucherung findet nicht statt.

Auch am Samen mancher Pflanzen, der Gurken und der Kresse, machte ich Experimente und gelangte zu folgenden Resultaten:

Einigen Gurkensamen wird mit einer glühenden Nadel an der Hülle des einen Keimblattes ein mässig tiefer Streifen eingebrannt oder mit derselben ein Loch in die Cotyledonen eingebohrt, in andere Samen wird ein spitzer Dorn gestossen oder durch dieselben ein Faden gezogen. Darauf werden dieselben in feuchte Erde zum Keimen gelegt.

Ungefähr um dieselbe Zeit, wo auch gesunde, mit ihnen zugleich eingepflanzte Samen hervorsprossen, sandten auch einige der verletzten ihre Keimblätter hervor, während die übrigen untergingen. So sah ich unter vielen Versuchen nie die mit durchgezogenem Faden hervorkommen, am häufigsten keimten die gebrannten, nicht

selten auch die mit eingebohrtem Dorn. Die Samenhülle kam entweder mit zum Vorschein oder war schon in der Erde abgestreift.

a) Nach der Cauterisation. Die entfalteten, schon grünen Keimblätter zeigen an der cauterisirten Stelle einen gelbbraunen, harten, spröden Streifen, resp. eine runde Oeffnung mit gelbbrauner Umrandung und rings um diesen bräunlichen einen zweiten Streifen von weisser Farbe.

Unter dem Mikroskope erscheint das Gewebe des weissen Streifens vollkommen gleich dem des noch nicht gekeimten Samens: es besteht aus verhältnissmässig kleinen Zellen, welche mit körnigem Inhalt, nämlich etwas Fett und zahlreichen sogenannten Proteinkörnern oder Aleuronkörnern Hartig's, erfüllt sind. In dem harten, gelbbraunen Streifen ist der Inhalt der übrigens noch gut erhaltenen und normal gestalteten Zellen sehr trübe, aber ebenfalls körnig; er besteht fast ganz aus Aleuronkörnern, die auf Zusatz von Jod, besonders in der Randschicht, weniger im Kern, gelb werden. Dort, wo die Glühhitze unmittelbar eingewirkt hat, findet sich ein gelber, krümliger Detritus, der auf gleiche Weise zusammengesetzt ist, aber auch viele zerstörten Zellen und freie körnige Masse enthält.

Der braune Streifen ist direct durch die Glühhitze hervorgebracht. Untersucht man nämlich einen angebrannten Samen unmittelbar nach der Cauterisation, so beobachtet man die dadurch gebräunte Stelle von gleicher Beschaffenheit, wie oben beschrieben.

b) Lässt man die Pflanze ungestört wachsen, so entwickeln sich Stengel und Blätter vollkommen gut, der weissliche Streifen wird selbst allmählig grünlich, ist aber immer trübe, unmittelbar an der gebrannten Stelle bleibt das Gewebe gelb. Da das Wachsthum an dem verletzten Streifen nicht mit dem des übrigen Blattes gleichen Schritt hält, so faltet sich das Blatt bei weiterer Vergrösserung in der Nähe der Verletzung.

Unter dem Mikroskope erscheinen die Zellen an dem trüben, grünlichen Streifen kleiner als in dem gesunden Gewebe, ihre Wandungen sind dicker; der Zellinhalt sehr reichlich, deshalb trübe, besteht zum grossen Theil noch aus jenen Eiweisskörnern, daneben aber auch aus Chlorophyll.

Der gelbbraune Streifen zeigt dieselbe Structur wie früher. Während er jedoch Anfangs gewöhnlich hart und spröde ist, wird er häufig nach einiger Zeit weich und brüchig: in diesem Falle sind die Zellen nur zum Theil noch unversehrt, zum Theil dagegen sind ihre Membranen sehr dünn oder selbst zerstört und die Substanz besteht dann aus zusammenfliessenden Körnchenhaufen. Das Gewebe unterliegt unter diesen Umständen dem Prozesse der Fäulniss.

c) War ein Dorn in den Samen eingbohrt und gelangte letzterer nichtsdestoweniger zum Keimen, so wird mit der Samenhülle zugleich der fremde Körper abgestreift und es ist, je nach der Tiefe der Verletzung, in einem oder beiden Keimblättern eine Oeffnung sichtbar. Dieselbe ist von einem gelben Rande umgeben, der dieselbe Structur hat wie in dem früheren Falle. Bei weiterem Wachsthum kränzelt sich das Blatt auch hier um die Oeffnung, während diese sich mit dem Blatte, jedoch nicht in gleichem Maasse, vergrössert und der gelbe Rand daher hier und da ein wenig einreiss.

d) Hat die Verletzung, besonders die Glühbitze zu tief eingewirkt, so kommen die Cotyledonen, mannigfach verkrüppelt, oft beide mit einander verwachsen, zum Vorschein, sie sind in einer grossen Ausdehnung gelblichbraun gefärbt und die Pflanze geht unter. Solche verkrüppelten, bräunlichen Keimblätter beobachtete ich auch zuweilen an Samen, die ich nicht verletzt hatte; wahrscheinlich waren in diesem Falle die Samen schon vorher krank oder wurden es in der Erde.

e) Geschieht die Verletzung an dem unteren Ende des Samens, dort, wo sich die Anlage zum Stengel befindet, so sprosst die Pflanze entweder gar nicht oder verkrüppelt hervor. Das Wachstum des Stengels ist unregelmässig, es bildet sich eine Zellwucherung nach der Richtung des Defects aus, und so wächst der Stengel oft in bedeutendem Maasse nach der Dicke, während er an Länge gar nicht oder nur sehr wenig zunimmt.

f) Die nicht hervorsprossenden Samen unterliegen in der Erde dem Fäulnisprozess. Das Gewebe erweicht: die Zellwände sind theilweise noch gut erhalten, theils sind sie verdünnt und zerstört.

(Schluss folgt.)

### Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt eines Kartoffelstengels, durch den ein Faden durchgezogen wurde. 3 Tage nach der Verletzung. a Zerstörte, trübe Gewebsschicht. b Sehr vergrösserte, umgestaltete Parenchymzellen, durch vielfache Quertheilung zahlreiche junge Korkzellen erzeugend. c Ebenfalls vergrösserte, noch normal gestaltete, gleichfalls wuchernde Parenchymzellen. d Normales Gewebe.

Fig. 2. Dasselbe, 3 Wochen nach der Verletzung. Sehr verdickte Zellmembranen in den gewucherten Schichten.

