

A. Im Anschluss an die „Insektenfressenden Pflanzen.“

Die Einwirkung des Ammonium-Karbonats auf die Wurzeln gewisser Pflanzen. *)

Vor vielen Jahren beobachtete ich die Thatsache, dass, wenn die Wurzeln von *Euphorbia Peplus* in eine Auflösung von Ammonium-Karbonat gestellt wurden, eine Wolke aus feinen Körnchen in weniger als einer Minute abgesetzt wurde und von der Spitze der Wurzel aufwärts von Zelle zu Zelle wandernd beobachtet werden konnte.**) Der Gegenstand schien mir eine weitere Untersuchung zu verdienen. Pflanzen derselben *Euphorbia*-Art wurden deshalb mit einem Ballen Erde herausgenommen und die Wurzeln, nachdem sie kurze Zeit im Wasser gelassen worden waren, rein gespült. Einige der feineren, durchsichtigen Würzelchen wurden dann untersucht und von den dickern Wurzeln Durchschnitte gemacht, meist von meinem Sohn Francis, der mir in mannigfacher Weise behülflich gewesen ist. Sämtliche Zellen wurden dabei farblos und einer festen Substanz ermangelnd vor-

*) Gelesen in der Sitzung der Linnéischen Gesellschaft vom 16. März 1882 und abgedruckt in dem *Journal of Linnean Society (Botany)* Bd. XIX. p. 239—261.

**) „Insektenfressende Pflanzen.“ Deutsche Ausgabe (1876.) S. 56. — Der Gegenstand war schon 23 Jahre früher bloss zufällig untersucht worden, und ich glaube, dass ich in Bezug auf *Lemma* im starken Irrtum war; es sei denn, dass damals thatsächlich eine verschiedene Species beobachtet wurde, oder dass die Jahreszeit in dem Verhalten der Wurzeln einen grossen Unterschied bedingt, was nicht wahrscheinlich ist.

gefunden; die Milchgänge sind hier von der Beobachtung ausgeschlossen. Die Wurzeln boten ein wunderbar verändertes Aussehen dar, nachdem sie wenige Minuten oder einige Stunden lang in Auflösungen verschiedener Stärken — nämlich von 1—7 Teilen des Karbonats auf 1000 Teile Wasser — belassen worden waren. Eine Auflösung von nur 1 Teil auf 10000 Teile Wasser reichte hin, im Laufe von 24 Stunden dieselbe Wirkung hervorzurufen. In wohlentwickelten Fällen waren die Längsreihen der Zellen bis dicht zum Ende der Wurzel, mit Ausnahme der die äusserste Spitze bildenden, mit brauner, körniger Substanz gefüllt und dadurch undurchsichtig gemacht. Lang fortgesetzte Eintauchung in Wasser brachte keine derartige Wirkung hervor. Die körnigen Massen waren gleich den Zellen, in welchen sie enthalten waren, im Umriss viereckig, aber sie erschienen nach ein oder zwei Tagen oftmals abgerundet, und dies war anscheinend der Zusammenziehung des Protoplasma-Sackes zuzuschreiben. Über den dunkelbraunen Zellen, welche dicht an der Wurzelspitze eine Querzone bilden, die anscheinend der Zone des schnellsten Wachstums entspricht, sind die Wurzeln, wie man unter stärkerer Vergrößerung sieht, dunkler und heller braun gestreift. Die dunklere Färbung ist dem Vorhandensein unzähliger rundlicher Körnchen von bräunlicher Färbung zuzuschreiben, und die sie enthaltenden Zellen sind in Längsreihen angeordnet, während andere Längsreihen von Zellen der Körnchen ermangeln. In einigen wenigen Fällen wichen die Reihen leicht in der Schattierung von einander ab und doch konnten in den dunkleren Zellen keine Körnchen wahrgenommen werden; ich nehme an, dass dies daher kam, weil sie zu klein waren, um sichtbar zu sein. Gelegentlich flossen die Körnchen in den oberen Teilen der Wurzeln zusammen und bildeten eine oder zwei kleine rundliche Massen von durchscheinender brauner Substanz. Das gestreifte Aussehen erstreckt sich mitunter von den Spitzen der feinsten Würzelchen bis dicht zu dem Stengel der Pflanze aufwärts.

Bei einer flüchtigen Betrachtung würde man sagen, dass die Längsreihen bräunlicher und fast farbloser Aussenzellen regelmässig miteinander abwechseln, aber bei genauerer Untersuchung sieht man oft, dass zwei oder drei aneinander grenzende Zellenreihen Körnchen enthalten, und an anderen Stellen enthalten zwei oder drei regelmässige Reihen nur farblose Flüssigkeit. In einem Falle

enthielten viele aneinander grenzende Längsreihen Körnchen, aber die Neigung zur Abwechslung war sogar hier wohl ausgedrückt, da die abwechselnden Reihen sich in der Schattierung unterschieden, indem sie eine grössere oder geringere Zahl von Körnchen einschlossen. Höher hinauf ermangeln die Wurzeln der Alternation oft gänzlich, da alle äusseren Zellen Körnchen enthalten. Wenn eine Längsreihe körnchenhaltiger Zellen auf einem Würzelchen verfolgt wird, so sieht man sie bald durch eine oder mehrere farblose Zellen unterbrochen, aber ich habe bis zu achtzehn sämtlich körnchenhaltiger Zellen in einer Reihe verfolgt. Andererseits verwandelt sich eine Längsreihe farbloser Zellen nach einiger Zeit in eine solche mit körniger Substanz. Da eine Wurzel sich nach oben verdickt, teilen sich einige der Zellen-Längsreihen nach oben in zwei Reihen, und eine Körnchen enthaltende Reihe mag sich hierbei in zwei derartige Reihen, oder in eine mit und eine andere ohne Körnchen teilen und ebenso verhält es sich mit der Teilung farbloser Zellenreihen. Ich konnte zwischen den Zellen derselben Reihe, mochten sie nun Körnchen enthalten oder derselben ermangeln, nicht die geringste Verschiedenheit nach Gestalt oder Grösse oder nach irgend einem anderen Charakter wahrnehmen.

Nahe der Wurzelspitze sind es die äusseren Zellen, welche nach dem Eintauchen in die Lösung mit brauner körniger Substanz beladen werden, und dies gilt oft auch für die Zellen der Wurzelhaube. Höher hinauf an der Wurzel wird die durch die alternierenden Längsreihen mit und ohne Körnchen gebildete Zellschicht zuweilen äusserlich durch eine Schicht leerer Zellen begrenzt, welche, wie ich vermute, durch irgend welche Ursache ihres Inhalts beraubt worden sind und bereit waren, abgestossen zu werden. Ausser den äusseren Zellen mit und ohne Körnchen werden viele getrennte Zellen des Parenchyms in verschiedenen Tiefen von der Oberfläche und alle oder einige der verlängerten Strangscheidenzellen*), die das centrale Gefässbündel umgeben, von denen keine irgendwelche feste Substanz vor dem Eintauchen der Wurzeln in

*) Ich habe den Darwinschen Ausdruck „Endoderm“, der bei uns in einem gänzlich verschiedenen Sinne gebraucht wird, mit „Strangscheide“ übersetzt, um solcher Worthäufungen wie „Gefässbündel-Scheiden-Zellen“ enthoben zu sein. K.

die Auflösung enthielt, mehr oder weniger mit körniger Substanz erfüllt.

Ich würde wenig Erstaunen über die durch die Lösung hervorgerufene Wirkung empfunden haben, wenn alle Zellen derselben Art (z. B. alle äusseren Zellen oder alle Parenchym-Zellen) gleichmässig affiziert worden wären. Die starke Hinneigung zur Alternation in den äusseren Zellen ist besonders bemerkenswert. Hinsichtlich dieser letzteren Zellen ist noch eine andere merkwürdige Thatsache vorhanden, nämlich dass diese körnchenhaltigen Zellen keinen Wurzelhaaren Ursprung geben, da diese ausschliesslich von den farblosen und anscheinend leeren Zellen entspringen. In Längsschnitten einer Wurzel wurden 62 Haare zu solchen farblosen Zellen abwärts verfolgt, und ich war nicht imstande, ein einziges aufzufinden, welches von einer körnchenhaltigen Zelle entsprang. Aber ich werde später auf diesen Gegenstand zurückzukommen haben.

Mit Bezug auf das Zeitmass, in welchem die körnige Substanz abgelagert wird, wenn ein Würzelchen unter ein Deckelglas gelegt und mit einigen wenigen Tropfen der Auflösung befeuchtet wird, so erfolgt ein Absatz bereits, bevor der Schieber unter das Mikroskop gebracht und dasselbe eingestellt werden kann. Ein dünnes Würzelchen wurde deshalb zur Beobachtung zugerichtet, ein Tropfen der Auflösung (7 : 1000) an die Ecke des Deckglases gebracht, und in 20 Sekunden wurden die Zellen nahe an der Spitze leicht gewölkt. Ein anderes dünnes Würzelchen wurde so gelegt, dass es mit der Spitze über das Deckglas hinausragte, der Focus wurde auf einen Punkt in 0,07 Zoll Entfernung von der Spitze, an welcher alsdann ein Tropfen der Auflösung gebracht wurde, eingestellt und die Zellen der obigen Entfernung wurden nach 2 Minuten 30 Sekunden wolkig.

Ausser derjenigen des Ammonium-Karbonats verursachten verschiedene andere Auflösungen die Ablagerung von Körnchen in denselben, wie in den vorher erwähnten Zellen. Dies trat deutlich ein bei einer Auflösung von 4 Teilen Ammonium-Phosphat in 1000 Teilen Wasser, aber die Wirkung war nicht so schleunig wie bei dem Karbonat. Dieselben Bemerkungen sind auf das Ammonium-Nitrat anwendbar. Eine Lösung von einem Teil Fuchsin, welches stickstoffhaltig ist, in 50000 Teilen Wasser wirkte deutlich. Eine Auflösung von 2,5 Teilen reinem Natrium-Karbonat in 1000

Teilen Wasser veranlasste, dass die dicht an der Wurzelspitze liegenden Zellen von ihrer Anfüllung mit feiner körniger Substanz sehr braun wurden; und höher hinauf an den Würzelchen alternierten Längsreihen von Zellen, die entweder grobe Körnchen oder blassbraune Flüssigkeit ohne irgendwie erkennbare Körnchen enthielten, mit Reihen farbloser Zellen. Wurzeln endlich, die bloss eine Stunde lang in ein Uhrglas mit Wasser, zu welchem zwei Tropfen einer 1prozentigen Lösung von Osmiumsäure gefügt worden waren, eingetaucht wurden, boten einen ausserordentlichen Anblick dar, denn die äusseren Zellen in alternierenden Reihen, einige Parenchym- und die meisten Strangscheidenzellen enthielten reichliche und fast schwarze körnige Substanz.

Die durch die Wirkung des Ammonium-Karbonats niedergeschlagenen Körnchen werden, soweit ich urteilen kann, später niemals wieder aufgelöst. Noch an den lebenden Pflanzen sitzende Wurzeln wurden in Auflösungen von 1 Teil Karbonat in 500, 2000 und 4000 Teilen Wasser eingetaucht und die körnige Substanz innerhalb der Zellen in der gewöhnlichen Weise abgesetzt. Die Wurzeln wurden dann während verschiedener Perioden (2—15 Tagen) in feuchten Torf oder Wasser gesetzt, während die Stengel und Blätter der Luft und dem Licht ausgesetzt waren. Alsdann wurden die Wurzeln zu verschiedenen Malen wieder untersucht und in fast jedem einzelnen Falle Körnchen in den Zellen gefunden. Aber es muss bemerkt werden, dass, obgleich die Pflanzen selbst gesund aussahen, die feineren Wurzeln schlaff waren und in einigen Fällen offenbare Anzeichen von Absterben zeigten; somit war festgestellt, dass sie durch die Behandlung, der sie unterworfen worden waren, und vermutlich durch ihre Eintauchung in die Auflösung stark gelitten hatten.

In Bezug auf die Natur der Körnchen kann ich nur wenig sagen. Sie wurden weder durch lang fortgesetztes Einweichen in Alkohol oder Essigsäure, noch durch Übergiessen mit Äther aufgelöst. Auf den Rat von Mr. Vines wurde eine 10prozentige Kochsalzlösung, von der er gefunden hatte, dass sie Klebermehl-(Aleuron-)Körnchen entweder vollständig oder teilweise auflöst, angewendet, aber sie wurden nicht aufgelöst. Wenn Schnitte oder ganze Würzelchen, welche frisch abgesetzte Körnchen enthielten, für 1—2 Tage in Glycerin und Wasser gelegt wurden, so

wurden diese einige Male zerstört, so dass sie nicht länger sichtbar waren und der Zellsaft nahm in diesem Falle eine bräunliche Färbung an. Wenn Schnitte oder dünne Würzelchen für eine kurze Zeit in einer mässig starken Auflösung von Ätzkali erhitzt und nachher 1 oder 2 Tage in derselben gelassen wurden, so wurden die Körnchen aufgelöst, während die durchsichtigen Kügelchen in den Milchsaftegefässen nicht gelöst wurden. Nach diesen verschiedenen Thatsachen nehme ich an, dass die Körnchen von der Natur des Proteins sind.

Wenn Wurzeln auf 2—3 Minuten in heisses Wasser von 210—212° F. (98—100° C.) gehalten und dann in eine starke Auflösung des Ammoniumkarbonats gebracht wurden, setzte sich keine körnige Substanz ab, und dies scheint anzudeuten, dass die Wirkung eine vitale ist. Andererseits wurden oftmals Körnchen in den Zellen der Wurzelhaube, sogar in den losen Zellen abgesetzt und es ist sehr zweifelhaft, ob diese lebendig sein möchten. Ich will hinzufügen, dass diese Zellen der Wurzelhaube durch eine schwache Fuchsin-Lösung heller rot gefärbt wurden, als diejenigen in anderen Teilen der Würzelchen.

Anderer Euphorbiaceen. — Die äusseren Zellen der Wurzeln von *Euphorbia amygdaloides* wurden (16. November) durch eine Auflösung von Ammonium-Karbonat viel weniger beeinflusst, als diejenigen von *E. Peplus*. Hier und da enthielten 2 und 3 Zellen in einer Reihe bräunliche Körnchen, aber in den verlängerten Strangscheiden-Zellen waren sie in Menge enthalten. Nahezu dieselben Bemerkungen sind auf *E. myrsinites* anwendbar, obgleich bei den meisten Exemplaren die körnchenhaltigen Zellen noch sparsamer waren. Die Wurzeln zweier fleischiger Arten, *E. rhipsaloides* und *E. ornithopus* schienen überhaupt von der Auflösung nicht beeinflusst zu werden.

Wenden wir uns nun zu anderen Euphorbiaceen-Gattungen, so wurden die Wurzeln von *Poinsettia pulcherrima*, *Manihot Glaziovii*, *Croton oblongifolium* und *Hevea Spruciana* nicht beeinflusst. Ebenso verhielt es sich mit denjenigen von *Mercurialis perennis*, soweit es die äusseren Zellen betrifft, doch wurde im Parenchym hier und da eine einzelne blau, aber diese Zellen wurden nicht

genau untersucht*). Nach den hier mitgeteilten Fällen zu urteilen, enthielten sie wahrscheinlich Körnchen, welche durch die Ammoniak-salz-Lösung niedergeschlagen worden waren.

Andrerseits wurden die Wurzeln von *Phyllanthus compressus* erkennbar, wenn auch in etwas verschiedener Weise, als diejenigen von *Euphorbia Peplus*, durch eine 21 Stunden dauernde Eintauchung in eine Auflösung von 4 Teilen des Karbonats auf 1000 T. Wasser beeinflusst. In einigen Teilen enthielten die äussern Zellen in vielen aneinandergrenzenden Längsreihen bräunliche Körnchen, während in andern Teilen, nicht weit davon entfernt, viele aneinandergrenzende Reihen farblos und leer waren, d. h. keine feste Substanz enthielten. An einer Stelle verliefen z. B. 13 Längsreihen mit Körnchen nebeneinander, dann kam eine Einzelreihe leerer Zellen und dann wenigstens 9 Reihen mit Körnchen. An einer andern Stelle waren 13 aneinanderliegende Reihen aus lauter leeren Zellen vorhanden. Wurde eine dieser Reihen an der Wurzel aufwärts oder abwärts auf einige Entfernung verfolgt, so wechselte ihr Charakter, indem sie entweder anfang oder aufhörte, körnchenhaltig zu sein und dann ihren früheren Charakter wieder aufnahm. Dicht an der Spitze der Wurzeln enthielten alle Längsreihen der Zellen bräunliche Substanz, aber diese Substanz bestand in mehreren

*) Die Rhizome und unterirdischen Teile der Stengel dieser Pflanze sind weiss, aber nach eintägiger Einweichung in die ammoniakalische Auflösung wurden sie teilweise entweder blass oder lebhaft blau. Dieser Farbenwechsel kommt gelegentlich in den der Luft ausgesetzten Teilen, die nicht der Lösung unterworfen wurden, vor. Da ein ähnlicher Wechsel in gewissen Wurzelzellen verschiedener Pflanzen nach ihrer Eintauchung in die Lösung vorkommt, so bat ich Herrn Sorby, so freundlich zu sein, die Rhizome und unterirdischen Stengel der *Mercurialis* zu untersuchen. Er teilte mir mit, dass er den Farbenwechsel nicht verstehe, aber er war nicht im stande, die Zeit zu einer vollständigen Untersuchung zu finden. Er fand, dass die Rhizome und Stengel, wenn sie mit siedendem Alkohol behandelt wurden, eine Substanz ergaben, welche in Wasser löslich war und so schleunig in eine braune Substanz mit seltsamen grünen Schattierungen überzugehen schien, dass der wirkliche Wechsel darunter verborgen blieb. Im Ganzen genommen, waren die Erscheinungen ein gut Teil von denen verschieden, die er bei blauen Blumen beobachtet hatte. [In den deutschen Schriften findet sich seit langen Jahren die Behauptung, dass die Bläuung bei *Mercurialis* auf Indigobildung beruhe. K.]

Fällen aus kleinen dunkelbraunen Kugeln, anscheinend einer Zusammenballung der Körnchen zuzuschreiben. Die Strangscheidenzellen rings um das Gefässbündel enthielten entweder ähnliche Kugeln oder körnige Substanz.

Da viele aneinandergrenzende Zellenreihen an der Oberfläche der Wurzeln dieser Pflanze den nämlichen Charakter darboten, so war eine ausgezeichnete Gelegenheit gegeben, um die Beziehung der Wurzelhaare zu den Zellen zu beobachten und es wurde durch verschiedene Wurzelschnitte als eine allgemeine Regel festgestellt, dass die Wurzelhaare ausschliesslich von farblosen, leeren Zellen sich erhoben, während sich an solchen Zellen, welche Körnchen enthielten, keine befanden. Zweimal indessen wurden teilweise Ausnahmen von dieser Regel beobachtet: in dem einen Falle sprangen die äussern Wandungen zweier aneinandergrenzender Zellen und in einem andern diejenigen von vier benachbarten Zellen hervor, so dass sie kurze, stumpfe Papillen bildeten, welche Körnchen einschlossen, und diese Papillen glichen genau in der Entstehung begriffenen Wurzelhaaren. Es ist indessen nicht sicher, dass sie jemals volle Entwicklung erlangt haben würden.

Alle dicht an der Wurzelspitze belegenen äussern Zellen enthielten in diesem und vielen andern Fällen eine Substanz, auf welche das Ammonium-Karbonat einwirkte, und ich wurde zu einer gewissen Zeit durch verschiedene Anzeichen veranlasst, anzunehmen, dass diese Substanz in allen höheren Zellen verblieb, bis sie in einigen derselben durch die Bildung der Wurzelhaare aufgezehrt wurde. Die letzteren würden demnach ausschliesslich von Zellen entspringen, in denen durch Einwirkung der Lösung keine Körnchen abgesetzt werden würden. Im Widerspruch zu dieser Annahme stehen die Thatsachen, dass man erstens sehen konnte, wie sich Wurzelhaare von leeren Zellen entwickelten und dass zweitens sehr viele Zellen, welche anscheinend leer waren, niemals Wurzelhaare hervorgebracht hatten. Auch wirft diese Meinung nicht das geringste Licht auf die vereinzelt Zellen im Parenchym und auf die vielen, obgleich nicht sämtlich körnige Substanz enthaltenden Zellen der Strangscheide.

Bei einer andern, zu den Euphorbiaceen gehörigen Pflanze, *Coelebogyme ilicifolia*, brachte die 20 Stunden fortgesetzte Eintauchung ihrer Wurzeln, oder dünner Schnitte der Wurzeln, in eine

Lösung von 4 Teilen Ammoniumkarbonat auf 1000 T. Wasser eine seltsame Wirkung hervor, denn viele getrennte Zellen im Parenchym, wie diejenigen in der das Gefässbündel umgebenden Strang-scheide, nahmen eine blass- oder dunkelblaue und mitunter grünliche Färbung an. So weit ich urteilen kann, wurden sowohl die Körnchen in diesen Zellen, als auch der Zellsaft so gefärbt. Befeuchtung mit Äther beeinflusste die Farbe nicht, obwohl die zahlreichen Ölkügelchen in den Zellen aufgelöst wurden.

Die vorstehenden Beobachtungen an Euphorbiaceen veranlassten mich, Versuche mit den Wurzeln einiger andern zu verschiedenen Familien gehörigen Pflanzen anzustellen. In einem gewissen Zeitpunkte bildete ich mir irrthümlicherweise ein, dass irgend eine Beziehung zwischen dem Absatz der Körnchen in gewissen Zellen und der Gegenwart milchführender Gänge vorhanden sein möchte, und demgemäss wurde eine unverhältnismässige Zahl von Pflanzen mit Milchsaft zur Beobachtung ausgewählt. Eine Lösung von Ammoniumkarbonat brachte keine deutliche Wirkung an den Wurzeln einer kleinen Majorität der dem Versuch unterworfenen Pflanzen hervor, aber bei einigen wurde eine schwache und bei andern eine deutliche Wirkung hervorgerufen. Ich möchte konstatieren, dass, wenn das äussere Aussehen einer Wurzel keine Einwirkung verriet, selten Durchschnitte gemacht wurden, so dass die innern Zellen nicht untersucht worden sind. Keine deutliche Wirkung wurde bei folgenden Pflanzen hervorgebracht: *Argemone grandiflora*, *Brassica oleracea*, *Vicia sativa*, *Trifolium repens*, *Vinca rosea*, *Hoya campanulata*, *Stapelia hamata*, *Schubertia graveolens*, *Carica Papaya*, *Opuntia boliviensis*, *Curcubita ovifera*, einer Begonie, *Beta vulgaris*, *Taxus baccata*, *Cycas pectinata*, *Phalaris canariensis*, einem gemeinen Weidegras, *Lemna*, und zweien Arten von *Allium*. Vielleicht mag es der Erwägung wert sein, dass die Würzelchen, aber nicht die Hypocotylen der Sämlinge von *Beta vulgaris* durch eine 20 Stunden lange Eintauchung in Lösungen von entweder 4 oder bloss 2 Teilen des Karbonats in 1000 Teilen Wasser getötet wurden, was mit keiner andern Pflanze, welche versucht wurde, geschah.

Bei den folgenden Pflanzen brachte die Lösung eine schwache Wirkung hervor. Die Wurzeln eines Farnes, *Nephrodium molle*, wurden 20 Stunden in eine Lösung von 4:1000 getaucht; dies

verursachte den Absatz von etwas brauner, körniger Substanz in den ihren Spitzen nahen Zellen und mehr oder weniger zusammenfliessende Kugeln konnten in den darunterliegenden Parenchym-Zellen gesehen werden. Ebenso geschah es bei einem unbenannten Gewächshaus-Farn, und in diesem Falle enthielten die fast losen Zellen der Wurzelhaube braune Kügelchen. Die Wurzeln einer Hahnenfuss-Art (*Ranunculus acris?*) zeigten bei ähnlicher Behandlung in der Nähe ihrer Spitzen braune, körnige Substanz. Auch die Wurzelspitzen von *Dipsacus silvestris* wurden bei ähnlicher Behandlung fast schwarz und höher herauf an den Wurzeln war hier und da eine Parenchym-Zelle blassblau gefärbt. Dies geschah in einem Falle, als ein Würzelchen nach 35 Minuten langer Benetzung mit der Lösung betrachtet wurde. Einige Wurzeln von *Apium graveolens* wurden 20 und 24 Stunden in Lösungen von 4 und 7:1000 belassen: in mehreren Fällen wurden mehr oder weniger mit einander zusammenhängende bräunliche Körnchen in einigen der äussern Zellen abgesetzt, und eine geringe Anzahl der tieferen Zellen im Parenchym wurden blau gefärbt. Die Wurzelspitzen von *Pastinaca sativa* wandelten sich bei einer ähnlichen Eintauchung in Dunkelbraun, aber dies war der Bildung orangebrauner Substanz-Ballen in der Nähe des Gefässbündels zuzuschreiben; höher hinauf an den Wurzeln befanden sich keine Körnchen in den äussern Zellen. Die Wurzelspitzen von *Lamium purpureum* wurden nach einer 18 Stunden langen Eintauchung in eine Auflösung von 4:1000 braun gemacht und die Zellen enthielten unzählbare, blassbraune, durchsichtige Kügelchen. Die älteren Wurzeln von *Leontodon Taraxacum* und eines *Sonchus* wandelten ihre Spitzen in der Lösung in Braun. Bei *Lactuca sativa* wurden die Spitzen undurchsichtig gemacht, aber viel körnige Substanz wurde nicht abgesetzt, ausgenommen in derjenigen einer etwas dickern Hauptwurzel und hier alternierten dunkelbraune körnige Substanz enthaltende, kurze Längsreihen von Zellen, mit Reihen fast farbloser Zellen; die fast losen Zellen der Wurzelhaube enthielten gleichfalls braune Körnchen. In den verschiedenen nachstehenden Fällen wurde eine noch weit stärker markierte Wirkung durch die Lösung hervorgebracht:

Urtica. — Diese Pflanze, die gemeine Nessel, soll zuerst betrachtet werden, da sie eine entfernte Verwandte der Euphorbiaceen ist, obgleich

die Wurzeln nicht so stark beeinflusst wurden, als in später folgenden Fällen. Mehrere Wurzeln wurden 27 Stunden lang in einer Lösung des Karbonats (4:1000) gelassen. In einer derselben waren die äussern Zellen in vielen Längsreihen vollständig braun gefärbt, aber sie enthielten keine sichtbaren Körnchen, und jene Reihen wechselten regelmässig mit solchen aus farblosen Zellen ab. In einem andern Teile dieser hellen Wurzel waren alle äussern Zellen dunkelbraun gefärbt und enthielten sichtbare Körnchen, welche im allgemeinen an dem einen Ende der Zellen zu Häufchen aneinander gelagert oder in einigen Fällen zu kleinen braunen Kugeln mit einander verschmolzen waren. Bei einer zweiten, etwas dicken Wurzel gab es einen Raum, auf welchem alle äussern Zellen braun geworden waren, aber in nicht grosser Entfernung davon wechselten braune und farblose Zellen regelmässig miteinander ab. In einer dritten, ziemlich dicken und in einer vierten dünnen Wurzel war die Abwechslung äusserst regelmässig. Nahe der Spitze eines fünften (dünnen) Würzelchens liefen an vielen Stellen zwei Reihen brauner Zellen nebeneinander; aber wenn diese und andre Reihen an der Wurzel aufwärts verfolgt wurden, wechselten sie in farblose Zellen und nahmen später ihren frühern Charakter wieder an. Wenn irgend Wurzelhaare bis zu ihrem Grunde verfolgt wurden, sah man sie von farblosen Zellen entspringen. Weder Körnchen, noch braune Flüssigkeiten wurden in den Parenchym-Zellen oder in den das Gefässbündel umgebenden Zellen wahrgenommen.

Einige Wurzeln, welche mehrere Tage lang in Wasser gelassen worden waren, erschienen mit sehr schwachen braunen Linien längsgestreift, und es wurde eine Zelle, welche einige Körnchen einschloss, beobachtet, so dass auch reines Wasser einige Wirkung hervorbringt. Diese nämlichen Wurzeln wurden, nachdem sie mit einer Lösung von 7:1000 befeuchtet worden waren, 24 Stunden darin gelassen, und nunmehr waren die Längsreihen brauner Zellen viel dunkler geworden und boten einen viel stärkeren Kontrast mit den farblosen Zellen dar. Mehrere von den braunen Zellen schlossen überdies Körnchen ein, welche hier und da zu kleinen, rundlichen, dunkelbraunen Massen vereinigt waren.

Drosera, *Dionaea* und *Drosophyllum*. — Die Wurzeln der zu diesen drei nahe verwandten Gattungen gehörigen Pflanzen werden durch eine Auflösung von Ammoniumkarbonat stark beeinflusst. Bei einer jungen *Dionaea*-Pflanze enthielten sämtliche äussere Zellen der Wurzeln nach einer 24 Stunden langen Eintauchung in eine Auflösung von 4:1000 fast schwarze oder orangefarbene oder nahezu farblose Kugeln und rundliche Massen von durchscheinender Substanz, welche in den frischen Wurzeln nicht vorhanden waren. In diesem Falle schieden sich die äussern Zellen somit nicht in abwechselnde Reihen. Nahe dem äussersten Ende einer dieser Wurzeln enthielten, wie auf Querschnitten zu sehen war, viele getrennte Zellen im Parenchym ähnliche durchscheinende Kugeln, aber im allgemeinen orangefarben oder

farblos. Die das Gefässbündel umgebenden Zellen waren reichlich mit viel kleineren, dunkel gefärbten Kugeln erfüllt.

Drei Haupt- oder Leitwurzeln von *Drosophyllum lusitanicum* wurden abgeschnitten und vor dem Eintauchen in die Lösung untersucht, wobei keine geballten Massen in denselben wahrgenommen werden konnten. Zwei wurden 22 Stunden hindurch in einer Lösung von 4:1000 gelassen und boten dann ein ausserordentlich verändertes Aussehen dar, denn die äussern Zellen enthielten in vielen Reihen von den Spitzen bis zu den abgeschnittenen Enden entweder eine grosse oder häufiger mehrere sphärische oder ovale oder säulenförmige Massen von brauner durchscheinender Substanz. Die säulenförmigen Massen besaßen wellenförmige Umrisse und schienen durch das Zusammenfliessen mehrerer kleiner Sphären gebildet zu sein. Die losen oder fast losen, eiförmigen Zellen, welche die Wurzelhaube zusammensetzen, schlossen ähnliche braune Kugeln ein, und diese Thatsache verdient Aufmerksamkeit. Zwei die eben beschriebenen Massen enthaltenden Zellenreihen verliefen oft auf der Wurzel nebeneinander und mitunter waren drei oder vier solcher aneinandergrenzender Reihen vorhanden. Diese alternierten mit andern, welche farblos waren und entweder keine feste Substanz oder seltener einige wenige kleine blasse Kugeln enthielten. Diese Wurzeln wurden sorgfältig untersucht, und alle die zahlreichen Wurzelhaare entsprangen von den Reihen der farblosen Zellen, ausgenommen in einigen wenigen Fällen, bei denen die Zellen auf beiden Seiten bis zu einem ungewöhnlichen Grade mit aneinandergelagerten Massen überfüllt waren, und hier entsprangen die Wurzelhaare von Zellen, die sehr wenig kleine Kugeln einschlossen.

An Längsschnitten der obigen Wurzeln sah man, dass die Zellen in verschiedenen Tiefen des Parenchyms von der Oberfläche Kugeln einschlossen, aber viele derselben waren von kleiner Gestalt und blass gefärbt. In den eng das Gefässbündel umgebenden Zellen war kein merklicher Zuwachs in dem Betrage der aneinandergelagerten Substanz, wie es bei andern Pflanzen so oft der Fall ist, vorhanden.

Die dritte abgeschnittene Wurzel wurde unter das Mikroskop gebracht und mit einer Auflösung von 7:1000 befeuchtet. Nach 13 Minuten konnten in vielen von den Zellen sehr kleine, durchscheinende Körnchen gesehen werden und nach 35 Minuten enthielten mehrere Zellen in der Nähe des abgeschnittenen Endes mässig grosse Kugeln von durchscheinender Substanz. Aber ich nehme an, dass die Lösung zu stark war, denn die Körnchen verschwanden nach ungefähr 45 Minuten mit Ausnahme derjenigen dicht an der Wurzelspitze wieder, und die höhern Teile der Wurzel boten nicht länger ein gestreiftes Ansehen dar. Nichtsdestoweniger blieben die grossen, kugeligen, ovalen oder unbestimmt gestalteten Massen in den dem abgeschnittenen Ende nahen Zellen vollständig und wurden für die folgenden 2¼ Stunden beobachtet. Während dieser Zeit wechselten sie langsam ihre Gestalten,

aber nicht später, obgleich die Beobachtung auf nahezu 24 Stunden ausgedehnt wurde. Es flossen z. B. zwei Kugeln in einer Zelle zusammen und bildeten eine ovale Masse; zwei andre Kugeln liefen zusammen und bildeten einen hantelförmigen Körper, welcher sich zuletzt in eine Kugel verwandelte, schliesslich wurde eine unregelmässige Masse erst oval, vereinigte sich dann mit einer andern ovalen Masse und beide zusammen wurden kugelig.

Saxifraga umbrosa. — Diese Pflanze wurde wegen ihrer Verwandtschaft mit den Droseraceen flüchtig beobachtet. Viele der äussern Zellen in den Wurzeln, welche 19 Stunden lang in eine Lösung von 4:1000 eingesenkt gewesen waren, zeigten sich mit brauner körniger Substanz erfüllt. Nur zwei oder drei Zellen in einer Längsreihe waren so erfüllt, aber mitunter waren vier oder fünf solcher kurzen Reihen zusammengruppiert und diese Gruppen alternierten mit Gruppen farbloser Zellen.

Sarracenia purpurea. — Zwei Würzelchen wurden 24 Stunden in Wasser gelegt, aber sie boten weder Körnchen, noch aneinandergelagerte Massen dar. Sie wurden dann mit einer Ammonium-Auflösung von 7:1000 befeuchtet und nach 20 Minuten konnten deutlich blassbraune vereinigte Massen in der Nähe ihrer Spitzen gesehen werden. Zwei andre fast farblose Würzelchen waren 1 Stunde und 10 Minuten lang in der nämlichen Auflösung gelassen worden und nunmehr enthielten alle äussern Zellen braune körnige Substanz, die aber in einigen Zellen viel dunkler war als in andern. Einige Zellen enthielten neben den Körnchen ovale und gelegentlich sphärische Massen von durchsichtiger, fast farbloser Substanz, welche anscheinend ihre Gestalten nicht wechselten. Die Zellen rings um das centrale Gefässbündel schlossen ähnlich gestaltete Massen, aber von gelblich brauner Färbung ein. Diese und andre Wurzeln wurden 24 Stunden in der Lösung von 7:1000 belassen und ihre Spitzen waren nunmehr geschwärzt. Einige von den äusseren Zellen, besonders diejenigen der dickern Wurzeln, waren anstatt mit braunen Körnchen, mit orangefarbenen gefüllt, während andre Zellen ovale, sphärische oder unbestimmt gestaltete orangefarbene Massen, statt fast farbloser oder blassbräunlicher, durchscheinender Substanz enthielten. Einige dieser Massen bestanden aus einer Aneinanderlagerung von kleinen, teilweise zusammenfliessenden Kugeln in verschiedenen Nüancen von Orange. An Querschnitten war zu sehen, dass die beiden äussern Zellenlagen und die das Gefässbündel umgebenden die oben beschriebenen Massen enthielten, während die mehr centralen Parenchymzellen mit Stärkekörnchen überfüllt waren. Eine Lösung von 4:1000 reichte hin, ähnliche Wirkungen hervorzubringen.

Die Wurzelhaare waren nach der Einsenkung in die Lösung nicht so durchsichtig, wie es gewöhnlich der Fall ist, weil sie sehr feine, körnige Substanz einschlossen und weil ihre geschrumpfte protoplasmatische Auskleidung von gelblicher Farbe ist. Die Wurzeln selbst

wurden auch gewöhnlich undurchsichtig. In Folge dessen waren die Wurzelhaare nicht leicht bis zu ihrem Grunde abwärts zu verfolgen. Sie waren sehr ungleich verteilt, indem sie gänzlich an den brauneren Teilen der Wurzeln fehlten, während sie an den Teilen, welche blassgefärbt blieben, vorhanden waren. Trotz der letzteren Thatsache ist es sehr zweifelhaft, ob die Regel der fast ausschliesslich von fester Substanz entbehrenden Zellen entspringenden Wurzelhaare hier zutrifft.

Pelargonium zonale. — Eine frische Wurzel wurde untersucht, und die Zellen enthielten keine Körnchen. Sie wurde dann mit einer Lösung von 7:1000 befeuchtet, und nach ungefähr 15 Minuten konnte man deutlich Körnchen in alternierenden Reihen der äussern Zellen sehen. Zwei andre Würzelchen zeigten sich, nachdem sie 48 Stunden im Wasser gewesen waren, gar nicht beeinflusst. Sie wurden dann mit der nämlichen Lösung befeuchtet und nach 24 Stunden wieder untersucht; nunmehr zeigten sich sowohl die äussern Zellen reihenweise, als auch die das Gefässbündel umgebenden mit körniger Substanz überfüllt. Andre Wurzeln waren 48 Stunden lang einer Lösung von 4:1000 ausgesetzt worden und die Zellen waren in der Nähe ihrer Spitzen mit dunkelbrauner, körniger Substanz so vollgefüllt, dass sie geschwärzt erschienen. Höher herauf an den Wurzeln waren die Körnchen blassbraun, durchsichtig, unregelmässig gerundet und oft mehr oder weniger zusammengeflossen. In einigen dunkel gefärbten Würzelchen schlossen die Zellen statt Körnchen einige wenige kleine Kugeln von dunkelbrauner Substanz ein. Gewöhnlich bildeten die körnchenhaltigen Zellen einzelne Längsreihen, welche mit Reihen farbloser Zellen abwechselten. Aber gelegentlich schlossen einige aneinander grenzende Reihen Körnchen ein; so folgte an einer Stelle auf zwei aneinanderliegende Reihen körnchenhaltiger Zellen eine leere Reihe, dieser zwei Alternationen von körnchenhaltigen und leeren Zellen, dann kamen zwei aneinandergrenzende Reihen von Körnchen-Zellen, eine leere Reihe und drei Reihen Körnchen-Zellen nebeneinander. An einer andern Stelle folgten auf eine leere Reihe fünf aneinandergrenzende Reihen mit Körnchen, eine leere Reihe, drei aneinanderliegende Reihen mit Körnchen und dann wieder eine leere Reihe.

Nach vielen gelegentlichen Beobachtungen, bei denen alle Wurzelhaare von körnchenlosen Zellen zu entspringen schienen, wurde dies bei 50 Haaren festgestellt, die bis zu ihren Ausgangspunkten verfolgt wurden. Mit einer zweifelhaften Ausnahme konnte nicht ein einziges Haar aufgefunden werden, welches von einer körnchenhaltigen Zelle entsprang. In diesem einzelnen Ausnahmefall schien ein Haar von der zwei Zellen trennenden Querwand zu entspringen; aber bei guter Beleuchtung und starker Vergrösserung bestand die Wandung augenscheinlich aus zwei Wänden, die durch einen äusserst engen, hellen Raum getrennt waren, als wenn eine Zelle hier verfehlt hätte, sich vollständig zu entwickeln.

Die Lösung verursachte in gleicher Weise die Niederschlagung von Körnchen in den das Gefässbündel umgebenden verlängerten Zellen und in einzelnen Röhren oder Gängen innerhalb des Bündels. Die Lösung wirkt augenscheinlich nicht auf Zellen, welche getötet worden sind. Die Enden einer Wurzel wurden durch Zerreißen geöffnet, so dass das Gefässbündel vollständig blossgelegt war, die Wurzel wurde dann 24 Stunden in einer starken Lösung (7:1000) belassen, und es wurden in den blossgelegten Zellen rings um das Gefässbündel keine Körnchen abgelagert; wurden dagegen frische Teile derselben Wurzeln aufgerissen, so wurden diese Zellen voller Körnchen angetroffen.

Die Körnchen wurden durch eine 24stündige Eintauchung in Alkohol nicht aufgelöst, durch eine kalte Auflösung von ätzendem Kali wurden sie dagegen gelöst. Die Lösung fand indessen sehr langsam statt, denn obgleich die Körnchen bei zwei Gelegenheiten nach einer 20 Stunden dauernden Einweichung gänzlich oder fast gänzlich verschwanden, wurden sie jedoch bei einer dickern Wurzel in demselben Zeitraum nicht gelöst, sondern nur brauner gefärbt, aber schliesslich verschwanden sie nach 18 weiteren Stunden in einer frischen Lösung des Alkalis. In den Zellen rings um das Gefässbündel, in welchen die Körnchen durch das Alkali gelöst waren, verblieb eine Substanz, die dem Anscheine nach Ölkügelchen glich.

Zuletzt wurden zwei Tropfen einer einprozentigen Auflösung von Osmiumsäure zu einer halben Unze destilliertem Wasser gethan und einige Wurzeln 20 Stunden lang in dieser Flüssigkeit gelassen. Sie wurden in sehr verschiedenen Graden beeinflusst. Einige waren nur ein wenig verfärbt und in solchen Wurzeln enthielt hier und da eine einzelne Aussenzelle entweder schwärzliche Körnchen oder kleine schwarze Kugeln. Andre Wurzeln wurden stark geschwärzt und bei diesen wechselten Längsreihen dunkelbrauner oder schwärzlicher Zellen gleichmässig mit farblosen Reihen ab. Die das Gefässbündel umgebenden Zellen und viele aus dem Parenchym enthielten ebenfalls geschwärzte Körnchen. Es ist hiernach wahrscheinlich, dass Ammoniumkarbonat gleichfalls auf einige von den Parenchymzellen einwirkt, aber wenn dem so ist, so war die Thatsache übersehen worden oder in meinen Notizen zufällig nicht aufgezeichnet worden.

Ovalis Acetosella. — Wurzeln wurden zuerst untersucht und dann in eine Auflösung von 7:1000 gebracht. Ein schwacher Grad von Aneinanderlagerung wurde nach wenigen Minuten gesehen. Nach 30 Minuten enthielten alle Zellen in der Nähe der Spitze rundliche Anhäufungen von Körnchen. Höher hinauf waren bei einer von den Wurzeln einzelne Zellen oder 2—5 Zellen in einer Reihe mit kleinen durchsichtigen Kügelchen gefüllt. An einigen Stellen waren dieselben zusammengelassen, so dass sie grössere Kügelchen mit welligem Umrisse bildeten. Die unter der äussern Schicht liegenden Zellen enthielten gleichfalls äusserst feine körnige Substanz. Noch höher hinauf waren

bei den nämlichen Wurzeln beträchtliche Räume, auf denen keiné von den Zellen Körnchen enthielten. Aber wiederum höher hinauf erschienen die Körnchen von neuem. Die Wurzelhaare waren zahlreich, aber es wurde keines gesehen, welches von einer körnchenhaltigen Zelle entsprang.

Wurzeln von *Oxalis sepium*, *corniculata* und einer Gewächshaus-Art mit kleinen gelben Blumen wurden in eine Auflösung von 7:1000 eingesenkt und in der Zellschicht, die unter der äussern Schicht liegt, wurde körnige Substanz abgelagert. Dies geschah bei *O. sepium* in 20 Minuten. Bei *O. corniculata* waren die Zellen mit Körnchen isoliert — d. h. sie bildeten keine Reihen —, und die Körnchen waren entweder braun oder von bläulich grüner Farbe. Bei *Oxalis* (*Biophytum*) *sensitiva* waren die äussern Zellen der Wurzeln nach einer 44 Stunden langen Einsenkung in dieselbe starke Auflösung nicht sehr affiziert; aber einige der tiefen Parenchym-Zellen enthielten dunkelbraune, durchscheinende Sphären und die verlängerten Zellen rings um das Gefässbündel waren mit körniger Substanz beinah gefüllt.

Fragaria (Garten-Varietät der gemeinen Erdbeere). — Einige weisse, fast durchsichtige Wurzeln von einem Ausläufer wurden am 12. Dezember untersucht und die Zellen enthielten mit Ausnahme von Stärkekörnern keine feste Substanz. Sie wurden dann mit einer Lösung von 7:1000 befeuchtet und innerhalb 10—15 Minuten wurden sie sehr undurchsichtig, besonders in der Nähe ihrer Spitzen. Nachdem sie ein wenig länger in der Auflösung gelassen worden waren, wurden Längsschnitte gemacht. Die Zellen der äussern Lage enthielten keine feste Substanz, aber die Wandungen waren braun geworden. Innerhalb vieler Parenchym-Zellen in verschiedenen Tiefen von der Oberfläche war viel braune, feinkörnige Substanz vorhanden; sie bildeten unterbrochene Längsreihen, welche in derselben Zone mit Reihen leerer farbloser Zellen alternierten. Fast alle Strangscheiden-Zellen enthielten gleichfalls Körnchen. In dem Parenchym enthielten diejenigen Zellen, welche viel körnige Substanz einschlossen, keine Stärkekörner, während diejenigen, welche mit Stärkekörnern reichlich erfüllt waren, nur wenig oder gar keine Körnchen enthielten. Die Thatsache liess sich am besten wahrnehmen, nachdem die Schnitte mit einer Jodlösung befeuchtet worden waren; sie boten dann einen sehr merkwürdigen Anblick dar, wenn man bedenkt, wie gleichmässig sie ausgesehen hatten, bevor sie mit dem Ammoniumsalz und Jod behandelt worden waren, denn die feine körnige Substanz war noch brauner gemacht worden und die Stärkekörner von einem schönen Blau. Diese Wurzeln wurden eine Woche lang in verdünnten Alkohol gelegt und die Körnchen waren nicht aufgelöst.

Nicht ein einziges Wurzelhaar konnte an diesen Wurzeln gefunden werden. Ein eingewurzelter Ausläufer wurde deshalb herausgezogen und am 12. Dezember eingetopft; er wurde dann im Warmhause ge-

trieben und später sehr trocken gehalten. Als er am 3. Januar untersucht wurde, fanden sich die Wurzeln mit zahllosen Wurzelhaaren bedeckt und sie wurden dann 23 Stunden lang in der Auflösung von 7:1000 gelassen. Schnitte der dickern Wurzeln boten genau dasselbe Aussehen, wie es oben beschrieben wurde, und die äussern Zellen, von welchen die Wurzelhaare entsprangen, ermangelten der Körnchen. Die dünneren Wurzeln wichen in ihrem Aussehen einigermaßen ab, da die Parenchym-Zellen keinerlei feine Körnchen, aber an deren Stelle kleine sphärische oder ovale oder unregelmässig gestaltete Massen oder Filamente von brauner durchscheinender Substanz, die einer höchst zähen Flüssigkeit glichen, enthielten. Auch waren in diesen Zellen andre, noch kleinere, farblose Kugeln vorhanden. Die dicht an der Spitze der Wurzel belegenen Zellen waren indessen mit brauner, körniger Substanz erfüllt.

Solanum (capsicastrum? var. *Empress*). — Nach einer 20 $\frac{1}{2}$ Stunde dauernden Eintauchung in eine Lösung von 4:1000 wurden Wurzeln der Länge nach gespalten und, wenn auch nicht mit grosser Sorgfalt, untersucht. Die äussern Zellen schienen nicht beeinflusst zu sein, aber einige der dicht unter den äussern Zellen liegenden Parenchym-Zellen enthielten kleine aneinandergelagerte Massen von braunen, trüben oder mitunter glashellen Körnchen. Überdies schlossen von den verlängerten, das Gefässbündel umgebenden Zellen viele, aber keineswegs alle, feine dunkelbraune körnige Substanz in sich. Die Wurzeln, welche für dieselbe Zeitdauer, nämlich 20 $\frac{1}{2}$ Stunden, in Wasser gelegt worden waren, wurden in ähnlicher Weise untersucht, aber ihre Zellen boten keine der obenerwähnten Erscheinungen dar.

Primula acaulis. — Einige Wurzeln wurden (22. September) 18 Stunden lang in eine Lösung von 4:1000 gelegt und sie waren, mit Ausnahme einiger der dünnsten Würzelchen, alle stark affiziert. Viele der äussern Zellen enthielten innerhalb des geschrumpften Protoplasma-Sackes Körnchen, welche sich in ein, zwei, oder sogar drei eiförmige oder kugelige Häufchen zusammengezogen hatten, die innerhalb derselben Zelle lagen. Die körnchenhaltigen Zellenreihen zeigten einige Neigung, mit Reihen leerer Zellen abzuwechseln. Die Körnchen wurden durch Jod orangebraun gefärbt. Die zahllosen Wurzelhaare entspringen sämtlich von leeren Zellen und ich sah nur zwei teilweise Ausnahmen, bei denen die äussern Wandungen von körnchenhaltigen Zellen zu kurzen Papillen vorgestreckt waren, wie in dem früher beschriebenen Falle bei *Phyllanthus*, und diese ähnelten entstehenden Wurzelhaaren. Innerhalb einer dieser Papillen konnten von dem geschrumpften Säckchen umgebene Körnchen erkannt werden. In dem Parenchym wurden vereinzelte Zellen mit kleinen, durchsichtigen Kügelchen gesehen, welche farblos oder blass- oder dunkelblau oder gelegentlich grünlich oder gelblich waren. Viele von den Strangscheiden-Zellen enthielten gleichfalls mehr oder weniger zusammenfliessende durchsichtige Kügelchen,

aber diese waren farblos und grösser als diejenigen im Parenchym. Sie glichen so stark Stärkekörnern, dass sie mit Jod probiert wurden, erschienen aber nicht blau gefärbt. Wurzeln, welche 48 Stunden lang in Wasser gelegt wurden, zeigten keine gefärbten oder ungefärbten Kügelchen, aber diese erschienen, wenn die Wurzeln nachträglich 24 Stunden lang in die Ammonium-Lösung getaucht wurden.

Obwohl es gewiss ist, dass bei dem eben beschriebenen Falle Körnchen in den äussern Zellen abgesetzt wurden, konnten doch bei vier andern Wurzeln nach einer 24 stündigen Einsenkung in die Lösung keine Körnchen in irgend einer der äussern Zellen wahrgenommen werden. Einige der Parenchym-Zellen waren indessen von einer schönen blauen Farbe und enthielten viele Kügelchen oder Körnchen, aber keine Stärkekörner, während andere sowohl Stärkekörner, als auch einige wenige Kügelchen enthielten.

Cyclamen persicum. — Von Wurzeln dieser Pflanze gemachte Schnitte, welche in eine Auflösung von Ammonium-Karbonat eingetaucht worden waren, boten ein von denjenigen frischer Wurzeln ausserordentlich verschiedenes Ansehen dar. In den letzteren erschienen alle Zellen leer, mit Ausnahme derjenigen der Strangscheide, welche mitunter wenige sehr feine blassgefärbte Körnchen, ungleich denjenigen in denselben Zellen nach der Eintauchung, einschlossen. Dicke und dünne Wurzeln wurden 22 Stunden lang in eine Auflösung von 7:1000 gebracht und die Zellen, welche die äussere Schicht bilden, waren über beträchtliche Räume mit grünen Körnchen gefüllt, während sie auf anderen Räumen leer waren. Die körnchenhaltigen und leeren Zellen bildeten keine regelmässig abwechselnden Reihen, wie es bei so vielen anderen Pflanzen vorkommt; dennoch ist, wie wir sogleich sehen werden, gelegentlich ein gewisser Grad von Alternation dabei vorhanden. Die äusseren Zellen mit den grünen Körnchen waren in gewissen Fällen so zahlreich, dass Wurzeln, die vor der Eintauchung blassbraun gewesen waren, nachher entschieden grün aussahen. Die grünen Körnchen wurden mitunter zu kugeligen, eiförmigen oder verlängerten Massen mit wellenförmigem Umriss vereinigt, und einige von diesen sind in den Wurzelhaaren bei Figur 7 dargestellt. Von den Parenchym-Zellen enthalten viele, die entweder getrennt oder zu zweien und dreien in einer Reihe, wie in Figur 6 stehen, ähnliche grüne oder bisweilen bräunliche Körnchen. Die engen, verlängerten Zellen der Strangscheide (Figur 6 b) enthalten fast alle diese Körnchen gleichfalls, nur hier und da findet sich eine leere Zelle zwischen ihnen. Obwohl beide Zellenarten oft aussehen, als ob sie mit den Körnchen vollgepfropft wären, bilden diese doch in Wirklichkeit nur eine der Innenseite des Protoplasmasackes anhängende Lage, wie dies zu erkennen ist, wenn Zellen durchschnitten werden. Bei einigen dicken, fleischigen Wurzeln waren nach einer 42 Stunden dauernden Eintauchung — denn dicke Wurzeln erfordern, wenn die volle Wirkung hervorgebracht werden soll, eine lange Eintauchung — die grünen Körnchen in den Parenchym-Zellen vollständig

zusammengeflossen und bildeten nun Kugeln aus durchsichtiger grüner Substanz von beträchtlicher Grösse.

Die Körnchen werden durch Äther weder gelöst, noch ihrer Farbe beraubt. Essigsäure verändert augenblicklich die grüne Farbe in ein trübes Orange. Auch durch Alkohol werden die Körnchen nicht gelöst. Ihre Abscheidung durch die Ammoniumlösung scheint von dem Leben

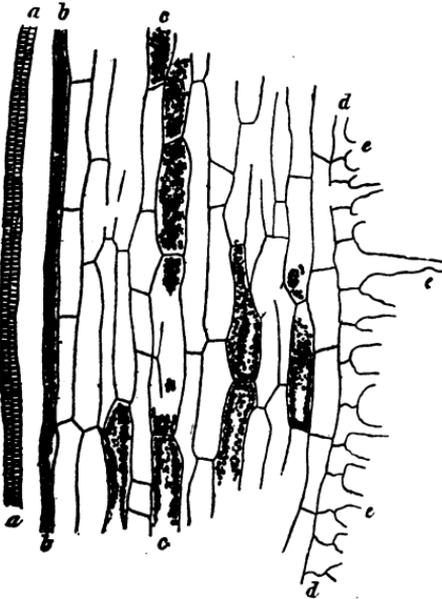


Fig. 6.

Längsschnitt aus der Wurzel von *Cyclamen persicum* nach der Eintauchung in die Ammonium-Karbonat-Lösung und dem Körnchen-Absatz in einigen Zellen. a. Teil vom Gefässbündel. b Strangscheiden-(Endoderm-) Zellen. c. Parenchymzellen. d. Äussere Zellen der Wurzel, die Wurzelhaare (e) tragen, deren Spitzen weggeschnitten sind. Mit Hilfe einer 260fach vergrössernden Camera gemachte und hier auf $\frac{2}{3}$ reducierte Zeichnung.



Fig. 7.

Querschnitt eines andern Teiles derselben Wurzel, welcher die äussern Zellen (d) in Zusammenhang mit den hier Körnchen enthaltenden Wurzelhaaren (e) zeigt. Vergrösserung wie oben.

der Zelle abzuhängen. Denn einige Querschnitte, die bei der Untersuchung sowohl farblos, als auch der Körnchen ermangelnd befunden worden waren, wurden dann mit einer Lösung von 7:1000 befeuchtet und nach 22 Stunden wieder untersucht. Nur sehr wenige Zellen zeigten in zweien von den fünf Schnitten überhaupt eine Spur von Färbung, welche, seltsam genug, blau anstatt grün war. Die wenigen gefärbten Zellen fanden sich ausschliesslich in den dicksten Teilen der Schnitte,

woselbst die im Inneren belegen offenbar die beste Chance hatten, für einige Zeit am Leben erhalten zu bleiben. In diesen gefärbten Zellen konnte ein wenig sehr feine körnige Substanz unterschieden werden.

An den meisten Wurzeln waren äusserst zahlreiche Wurzelhaare vorhanden, und sie entsprangen im allgemeinen von Zellen, welche der Körnchen ermangelten; an vielen Stellen jedoch gaben ganze Gruppen von Zellen, die mit Körnchen überfüllt waren, wohl entwickelten Wurzelhaaren den Ursprung. Somit bricht die Regel, welche sich bei so vielen Pflanzen bewährt, dass nämlich die Wurzelhaare ausschliesslich von farblosen, der Körnchen entbehrenden Zellen entspringen, hier vollständig zusammen. Die Körnchen verbreiten sich von den Zellen in die Wurzelhaare, welche von denselben entspringen, wie es in Figur 7 dargestellt ist, und fliessen hier mitunter zusammen, indem sie runde oder verlängerte Massen von durchsichtiger grüner Substanz bilden. In den Spitzen von einigen Haaren schien diese Substanz in eine bräunliche Flüssigkeit überzugehen. Es wurde wiederholt beobachtet, dass, wo viele Haare dicht bei einander von grüne Körnchen enthaltenden Zellen entsprangen, die Spitzen der Haare durch Kuchen oder Massen von orangefarbener, durchscheinender, zäher Substanz zusammengeklebt waren. Unter günstigen Umständen konnte wahrgenommen werden, dass diese Substanz entweder aus sehr dünnen gleichartigen Schichten oder aus aneinandergelagerten Körnchen bestand. Sie wurde durch eine zweistündige Eintauchung in absoluten Alkohol oder Äther nicht beeinflusst. Durch Schwefelsäure wurden die kleineren Kügelchen entweder aufgelöst oder zerstört, während andere im hohen Grade durchsichtig gemacht wurden. Die Bildung dieser orangefarbenen Substanz ist von der vorherigen Einwirkung der Ammoniumlösung unabhängig und ich habe Notizen über ähnliche an den Würzelchen vieler anderen Pflanzen hängende Substanz gemacht. Wahrscheinlich wird sie durch die Erweichung oder Verflüssigung der äusseren Oberfläche der Haarwandungen und durch nachfolgende Erhärtung der so erzeugten Substanz gebildet*). Nichtsdestoweniger verleiteten mich einige Erscheinungen zu der Vermutung, dass die bräunliche Flüssigkeit, welche in den Spitzen der grüne Körnchen enthaltenden Zellen zu sehen war, vielleicht durch die Wandungen ausschwitzen und schliesslich die Kuchen von orangefarbener Substanz bilden mag.

Es wurden noch einige andere Lösungen versucht. In eine Lösung von 7 Teilen reinem Natrium-Karbonat auf 1000 Teile Wasser wurden einige Wurzeln 20—43 Stunden lang gelegt, und in keinem Falle

*) Siehe einige Bemerkungen von mir und meinem Sohn Francis über diese Verflüssigung der äusseren Oberfläche von Wurzelhaaren in: „Das Bewegungsvermögen der Pflanzen“ S. 57.

hatten sich in den äusseren Zellen Körnchen abgelagert, aber einige Längsreihen dieser Zellen wurden gebräunt und wechselten mit Reihen farbloser Zellen ab. In einem Falle schlossen einige dieser Zellen eiförmige oder kugelige Massen einer anscheinend zähen Flüssigkeit von brauner Färbung ein. Einzelne Zellen im Parenchym wurden gleichfalls braun, andere waren fein punktiert wie ein Mezzotinto-Stich, mit schwer erkennbaren Körnchen, welche indessen in anderen Zellen vollkommen sichtbar waren; einige wenige dieser Zellen enthielten schliesslich kugelige oder eiförmige Massen von derselben Natur wie die eben erwähnten der äusseren Zellen. Die meisten oder alle Strang-scheiden-Zellen enthielten entweder eine gleichartige braune Flüssigkeit, oder sie erschienen, da sie äusserst feine Körnchen einschlossen, wie ein Mezzotinto-Stich. In keinem Falle waren irgend welche von den Zellen grün gefärbt.

Einige Wurzeln wurden 20—44 Stunden lang in eine Lösung von Kalium-Karbonat (7 : 1000) gelegt, und diese wurden in nahezu derselben Weise affiziert, wie diejenigen in der Soda-Lösung. Indessen wurden in den äusseren Zellen mehr Körnchen abgelagert und diese waren häufiger zu transparenten, orangefarbenen Kugeln vereinigt. Die Körnchen oder Kugeln enthaltenden Zellen waren von brauner Farbe und in Längsreihen angeordnet, welche mit Reihen aus farblosen Zellen abwechselten. In den Parenchym-Zellen waren weniger Körnchen vorhanden, als bei den Wurzeln, welche der Sodalösung ausgesetzt worden waren, und in den Strang-scheiden-Zellen waren gar keine vorhanden, auch bei Wurzeln nicht, welche 44 Stunden eingetaucht gewesen waren. Eine Auflösung von Ammonium-Phosphat (4 : 1000) brachte bei 43-stündiger Eintauchung keine Wirkung auf die Wurzeln hervor.

Schlussbemerkungen. — Der bemerkenswerteste Schluss, welcher aus den vorstehenden Beobachtungen folgt, ist, dass in den Wurzeln verschiedener Pflanzen ganz gleich erscheinende Zellen der nämlichen homologen Natur, jedoch, wie es durch die Einwirkung bestimmter Lösungen erwiesen wird, in ihrem Inhalt bedeutend verschieden vorkommen. So werden oft in den äusseren Zellen eine, zwei oder mehr aneinanderliegende Längsreihen affiziert, und diese wechseln mit Reihen ab, in denen keine Wirkung hervorgebracht worden ist. Dadurch bieten solche Wurzeln ein längsstreifiges Ansehen dar. Einzelne Zellen im Parenchym, oder gelegentlich zwei oder drei in einer Reihe, werden in ähnlicher Weise beeinflusst, und ebenso verhält es sich mit den Strang-scheiden-Zellen, obgleich es selten vorkommt, dass alle affiziert werden. Die Verschiedenheit im Anblick ist zwischen Wurzelschnitten vor und nach ihrer Eintauchung in eine geeignete Lösung mitunter ausserordentlich gross.

Von allen probierten Auflösungen wirkt diejenige des Ammonium-Karbonats am schnellsten. Thatsächlich fast augenblicklich und in allen Fällen wandert die Wirkung von Zelle zu Zelle mit merkwürdiger Schnelligkeit in der Wurzel aufwärts. Bei *Euphorbia Peplus* wirkte noch, wenn auch nicht sehr schnell, eine Auflösung von 1 Teil des Karbonats auf 10000 Teile Wasser.

Wenn die Einwirkung eine sehr leichte ist, wird der flüssige Zellen-Inhalt nur blass braun gefärbt. Nichtsdestoweniger ist, nach den Abstufungen zu urteilen, welche beobachtet werden konnten, die braune Färbung wahrscheinlich der Gegenwart sehr kleiner unsichtbarer Körnchen zuzuschreiben. Gewöhnlicher werden deutlich sichtbare Körnchen abgesetzt, welche bei *Cyclamen persicum* der inneren Oberfläche des Protoplasma-Sackes anhängen, und dies ist wahrscheinlich auch bei anderen Pflanzen der Fall. Von den Körnchen werden wir zu mehr oder weniger verschmolzenen Kügelchen und dann zu kugeligen oder ovalen oder unbestimmt gestalteten Massen von durchscheinender Substanz geleitet. Bei sieben von den in Untersuchung genommenen Gattungen wurden diese blass- bis dunkelblau oder grün gefärbt, aber gewöhnlich waren sie von bräunlicher Farbe. Von Alkohol, Äther, Jodlösung oder Essigsäure werden die Körnchen oder Kügelchen, ausgenommen soweit es die Farbe betrifft, nicht beeinflusst, aber von ätzender Kalilauge werden sie langsam aufgelöst. Es ist in einer früheren Arbeit*) gezeigt worden, dass Ammonium-Karbonat in den Blättern gewisser Pflanzen zuerst den Absatz von Körnchen aus dem Zellsaft, welche sich miteinander vereinigen, bewirkt, und dass später Substanz von dem Protoplasma-Sack niedergeschlagen wird, welche gleichfalls der Zusammenballung unterliegt. Etwas von der nämlichen Art tritt augenscheinlich bei den Wurzeln ein, wie man aus der gelegentlichen Farbenverschiedenheit der zusammengeballten Massen innerhalb derselben Zelle und noch specieller aus dem oben beschriebenen Vorgang in den Wurzelzellen von *Sarracenia* und *Pelargonium* schliessen kann.

Andere Auflösungen bringen nahezu, aber nicht vollständig dieselben Wirkungen hervor, wie die des Ammonium-Karbonats. Ammonium-Phosphat wirkt auf die Wurzeln von *Euphorbia Peplus*

*) Insektenfressende Pflanzen Kap. 3 u. 7.

langsamer als das Karbonat und gar nicht auf diejenigen von *Cyclamen*. Bei dieser letzteren Pflanze und bei der *Euphorbia* war Natrium-Karbonat, wenn auch in einem geringeren Grade als das Ammonium-Karbonat, wirksam. Kalium-Karbonat wirkte bei einem damit angestellten Versuche auf die äusseren Zellen, aber im Ganzen kaum auf diejenigen des Parenchyms und der Strangscheide ein. Eine äusserst schwache Lösung von Osmium-Säure war im höchsten Grade wirksam und die abgesetzten Körnchen wurden geschwärzt. Diese Säure ist giftig, aber es darf nicht angenommen werden, dass der Tod einer Zelle an sich Absatz veranlasse. Dies ist so weit davon entfernt, zutreffend zu sein, dass mehreren Versuchen zufolge Zellen, welche vorher getötet worden waren, sogar durch Ammonium-Karbonat, welches das wirksamste Agens von allen ist, nicht beeinflusst wurden.

Ich besitze nicht hinreichende Daten, um zu beurteilen, in welcher Allgemeinheit Wurzeln in der beschriebenen Art und Weise von Ammonium-Karbonat beeinflusst werden. Es wurden 49 Gattungen, von denen viele zu weit von einander getrennten Familien gehören, versucht. Bei den Wurzeln von 15 Gattungen war die Einwirkung ausgezeichnet deutlich, bei denen von 11 in einem leichten Grade, was zusammen 26 Gattungen ergibt, während diejenigen der übrigen 23 Gattungen nicht oder wenigstens nicht in irgend einer deutlichen Weise affiziert wurden. Aber es muss bemerkt werden, dass von allen diesen letzteren Wurzeln keine Schnitte gemacht worden sind, so dass die Zellen des Parenchyms und der Strangscheide nicht untersucht worden sind. Wir dürfen deshalb vermuten, dass wenn verschiedene andere Reagentien versucht und von allen Wurzeln Schnitte gemacht worden wären, in einem grösseren Verhältnis der Fälle als bisher einige Wirkung beobachtet sein würde. Ich habe anderwärts*) gezeigt, dass der Inhalt der Drüsenhaare und der Epidermiszellen, sowie anderer Zellen der Blätter bei einer beträchtlichen Anzahl von Pflanzen einer Ballung unterliegt, wenn sie mit Ammonium-Karbonat behandelt werden, und die Wurzeln dieser nämlichen Pflanzen sind besonders geneigt, in derselben Weise affiziert zu werden. Wir

*) Insektenfressende Pflanzen Kap. 15.

sehen dies bei 7 von den 15 Gattungen, deren Wurzeln deutlich beeinflusst wurden und die beiden Kategorien angehören.

Naturgemäss erhebt sich die Frage, was ist die Bedeutung der Substanz, die durch Ammonium-Karbonat und einige andere Reagentien in gewissen Zellen niedergeschlagen wird und in anderen Zellen der nämlichen homologen Art nicht? Die Thatsache, dass Körnchen und kugelige Massen in den losen, abblättrenden Zellen der Wurzelhaube gebildet werden, wie dies in mehreren Fällen und besonders deutlich bei *Drosophyllum* beobachtet wurde, deutet augenscheinlich an, dass eine derartige Substanz der Pflanze nicht länger von irgend welchem Nutzen und von der Natur einer Ausscheidung ist. Daraus folgt indessen nicht, dass die sämtliche zusammengeballte Substanz in den Wurzelzellen von dieser Natur sei, obgleich es der grössere Teil sein mag, und wir wissen, dass in den Fäden von *Spirogyra* nicht allein Körnchen aus dem Zellsaft abgesondert werden, welche sich zu Kugeln zusammenballen, sondern dass sich auch die spiraligen Chlorophyllbänder zu kugeligen und eiförmigen Massen zusammenziehen. Die Ansicht, dass die Körnchen aus ausgeschiedener Substanz bestehen, wird bis zu einer gewissen Ausdehnung dadurch unterstützt, dass sie, soweit ich urteilen kann, in den Wurzeln lebender Pflanzen von *Euphorbia Peplus* nicht wieder aufgelöst wurden; in dieser Beziehung weichen sie in einer ausgesprochenen Weise von der zusammengeballten Substanz in den Blättern von *Drosera* und ihren Verwandten ab. In der Nähe der Wurzelspitze wird ein grösserer Betrag von körniger Substanz als anderswo abgelagert, und es dürfte zu erwarten gewesen sein, dass dort, wo das Wachstum mit den begleitenden chemischen Veränderungen am schleunigsten wäre, sich auch der reichlichste Betrag von ausgeschiedener Substanz anhäufen würde. Es verdient auch bemerkt zu werden, dass ein gewisser Grad von Antagonismus zwischen der Gegenwart dieser Körnchen und der Stärkekörner in denselben Zellen vorhanden ist. Andererseits muss zugestanden werden, dass, soweit bis jetzt bekannt, im Pflanzenreich keine Ausscheidung im Zellsaft gelöst bleibt oder, wie in den vorliegenden Fällen erst durch die Einwirkung gewisser Reagentien niedergeschlagen wird.

Nach der hier vorgebrachten Ansicht dienen die äusseren Zellen in vielen Wurzeln, sowie einige Parenchym-Zellen und viele oder

die meisten von den Strangscheiden-Zellen als Behälter für nutzlose Materie. Es wird indessen zunächst höchlichst unwahrscheinlich erscheinen, dass zu einem derartigen Zweck so viele Zellen dienen sollten. Aber dieser Einwand hat kein grosses Gewicht, denn in gewissen Fällen kann man eine erstaunliche Anzahl von Zellen finden, welche, anstatt gleich den umgebenden Zellen Chlorophyll-Körnchen zu enthalten, mit krystallinischen Massen von Calcium-Karbonat und anderen Erdsalzen, welche niemals wieder aufgelöst werden, erfüllt sind. Viele isolierte Zellen oder Zellenreihen enthalten in ähnlicher Weise Gummi, harzige oder ölige Ausscheidungen und andere Substanzen, welche, wie man glaubt, „im Stoffwechsel keine weitere Verwendung finden“*). Wir sehen somit, dass nutzlose oder ausgeschiedene Substanz für gewöhnlich in getrennten Zellen angesammelt wird, und wir erhalten auf diese Weise einen leitenden Faden, um nach der hier vorgebrachten Ansicht zu verstehen, warum die abgelagerten Körnchen und kugeligen Massen in isolierten Zellen oder Zellenreihen und nicht in anderen Zellen derselben homologen Natur gefunden werden, und dies ist der Umstand, welcher mich, wie oben bemerkt, zuerst am meisten in Erstaunen setzte.

In der Pflanzenwurzel trennen die Strangscheiden-Zellen gewöhnlich diejenigen des Parenchyms von dem Gefässbündel. Über ihren Nutzen und ihre Funktionen ist sehr wenig bekannt, so dass jede Besonderheit Aufmerksamkeit verdient. Sie gleichen den äusseren Zellen in ihren Wandungen, die teilweise aus Kork oder kutikularisierter Substanz**) bestehen, und wir haben hier gesehen, dass sie den äusseren Zellen auch darin gleichen, dass sie als Behälter für die abgelagerte körnige Substanz dienen, welche in

*) J. Sachs, „Lehrbuch der Botanik“ 3. Auflage S. 116. — Auch De Bary, „Vergleichende Anatomie“ p. 142—143. Wenn wohlriechende Öle oder andere stark schmeckende oder giftige Substanzen in Zellen abgeschieden und so aus dem aktiven Leben der Pflanze ausgesondert werden, so ist Grund vorhanden zu glauben, dass sie ihr keineswegs nutzlos sind, sondern ihr indirekt als ein Schutz gegen Insekten und andere Feinde dienen.

**) Über die Natur der Strangscheiden-Zellen siehe De Bary „Vergleichende Anatomie“ 1877. p. 129.

Übereinstimmung mit unserer Ansicht von den innern Parenchymzellen oder von dem Gefässbündel ausgesondert werden muss.

Die Thatsache, dass die Körnchen in den äussern Zellen in ein, zwei oder mehr aneinanderliegenden Längsreihen, welche mit Reihen körnchenloser Zellen abwechseln, abgelagert werden, ist um so merkwürdiger, als nahe bei der Wurzelspitze gewöhnlich alle äussern Zellen mit körniger Substanz überfüllt sind. Es scheint deshalb, dass seitlich von den Reihen, welche keine körnige Substanz enthalten, Materie irgend einer besondern Art passiert sein muss, nachdem durch das Ammoniumsalz auf die anliegenden Reihen gewirkt wurde. Der Grund, weshalb die nutzlose Materie nicht durch die äussern Zellenwandungen aus der Wurzel herauszutreten vermag, liegt wahrscheinlich in der Dicke und der Kutikula-Natur der äussern Wandungen.

Pfeffer behauptet, dass Wurzelhaare auf den Knospen und auf dem Thallus von *Marchantia polymorpha* deutlich aus Oberflächenzellen, welche sogar vor dem Wachstum der Haare keine Stärke- oder Chlorophyll-Körnchen enthalten, entwickelt werden, obwohl diese Körper zusammen mit Substanz von unbekannter Natur in den angrenzenden Oberflächenzellen zugegen sind. Er hat auch einen nahezu ähnlichen Fall bei den Wurzeln von *Hydrocharis* beobachtet. *) Niemand sonst scheint auch nur vermutet zu haben, dass die Wurzelhaare nicht unterschiedslos von einer beliebigen oder allen äussern Zellen entwickelt werden. Aber es ist nunmehr gezeigt worden, dass bei vielen Pflanzen, mit einer einzigen hervortretenden Ausnahme, nämlich derjenigen von *Cyclamen*, die Wurzelhaare ausschliesslich von Zellen entspringen, in denen durch die Einwirkung gewisser Lösungen keine körnige Substanz abgelagert wird. Diese Beziehung zwischen der Gegenwart von Haaren und dem Zellen-Inhalt kann nicht darauf geschoben werden, dass die Substanz, welche durch die betreffende Lösung hätte abgesondert werden müssen, bei der Bildung der Haare aufgezehrt worden sei, und diese Auffassung ist auf die von Pfeffer beschriebenen Fälle ganz unanwendbar. Sollen wir glauben, dass mit ausgenutzter Substanz erfüllte Zellen ungeeignet werden,

*) „Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg.“ Band I. Seite 79.

Wasser mit den nötigen Salzstoffen zu absorbieren und weiter zu befördern, und dass sie deshalb keine Wurzelhaare entwickeln? Oder ist die Abwesenheit der Haare auf den Zellen, welche die abgelagerte Substanz enthalten, bloss dem Vorteile zuzuschreiben, welcher gewöhnlich von einer physiologischen Arbeitsteilung entspringt? Diese und viele andere Fragen über die Zellen, in denen Körnchen oder grössere Massen von durchscheinender Substanz nach der Absorbierung gewisser Lösungen abgesetzt werden, können für jetzt nicht beantwortet werden. Aber ich hoffe, dass jemand, der durch den Besitz grösserer chemischer und histologischer Kenntnis besser dazu geeignet ist als ich, dazu veranlasst werden wird, den gesamten Gegenstand zu untersuchen.
