

Ueber die
Absorption der Salze

durch

gesunde, mit unverletzten Wurzeln versehene Pflanzen.

Von

A. Vogel,

ord. Mitgliede der k. Akademie der Wissenschaften.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 309

LECTURE 1

Ueber die
Absorption der Salze
durch
gesunde, mit unverletzten Wurzeln versehene Pflanzen.

Von
A. Vogel,
ord. Mitglieder der k. Akademie der Wissenschaften.

Schon oft ist die Aufmerksamkeit der Physiologen und Chemiker auf die Absorption verschiedener Stoffe durch die Pflanzen gerichtet worden. De Candolle, Braconnot, Macaire und mehrere andere Chemiker haben sich in der neuern Zeit damit beschäftigt, die Art und Weise zu untersuchen, wie die Pflanzen Salze und andere aufgelöste Substanzen absorbiren. Namentlich hat aber Herr Theodor de Saussure eine Reihe von Versuchen angestellt, in welchen er dargethan, dass das Absorptionsvermögen der Pflanzen für verschiedene Salze ungleich ist. Er hat zu seinen Versuchen vorzüglich zwei Pflanzen angewendet, nämlich *Polygonum persicaria* und *Bidens cannabina*, wozu er ausser dem schwefelsauren Kupfer keine anderen metallischen Salze anwendete, sondern sich fast immer derjenigen Verbindungen bediente, welche zur Basis haben Kali, Natron, Ammoniak und Kalkerde.

In den von mir angestellten Versuchen habe ich mich nicht nur vorzugsweise der metallischen Salze bedient, sondern habe auch Pflanzen verschiedener Art dazu genommen, um, wo möglich, den Grad ihres Absorptions-Vermögens kennen zu lernen.

Die Auflösungen, welche zu meinen Versuchen angewendet wurden, waren im Allgemeinen von der Art, dass sich ein Theil Salz in 30 bis 40 Theilen destillirten Wassers aufgelöst befand, wobei die Vorkehrung getroffen war, dass das durch Absorption und Verdunsten verschwundene Wasser täglich ersetzt wurde.

Zu jedem Versuche wurden zwei Exemplare von der nämlichen Pflanze genommen und das eine in die Auflösung des Salzes, das andere neben dem ersteren in destillirtes Wasser getaucht, um dadurch in den Stand gesetzt zu werden, den Unterschied und die Einwirkung der aufgelösten Substanz auf die dem Versuch unterworfenen Pflanze deutlicher wahrnehmen zu können.

Die zu den Versuchen verwendeten Pflanzen wurden in gesundem Zustande mit so viel als möglich unversehrten, gut gereinigten, durch destillirtes Wasser abgewaschenen Wurzeln genommen.

Da die auflöselichen Salze, welche das Kupferoxyd zur Basis haben, von allen Salzen am schnellsten und am mächtigsten auf viele Pflanzen einwirken, so sind es auch die Kupfer-Salze, mit welchen ich meine Versuche zu beginnen für zweckmässig gehalten habe.

Schwefelsaures Kupferoxyd.

In eine Auflösung von schwefelsaurem Kupfer (1 Thl. Salz in 30 Thln. Wasser) wurden verschiedene Pflanzen mit ihren Wurzeln gebracht:

Helianthus annuus. Schon nach 16 Stunden fing der obere Theil der Pflanze an sich zu neigen und nahm bald eine fast hori-

zontale Richtung an. Die Blätter schrumpften schnell und krampfhaft zusammen.

Die zu diesen Versuchen angewendeten Exemplare von *Helianthus annuus* hatten im Durchschnitt eine Höhe von 3 Fuss, so dass die Spitze der Pflanze wenigstens $2\frac{1}{2}$ Fuss von der Oberfläche der Flüssigkeit entfernt war.

Am obern Theil der Pflanze zeigten sich nach einigen Tagen kleine blaugrüne Crystalle und die Adern in den Blättern hatten eine braune Farbe angenommen.

In den getrockneten Blättern des obern Theiles der Pflanze war eine so grosse Menge Kupfersalz enthalten, dass das Wasser, welches damit in Berührung gebracht wurde, eine blaugrüne Farbe davon annahm. Die gefärbte Flüssigkeit wurde durch Kali grüngelb niedergeschlagen, der Niederschlag löste sich im Ueberschuss von Kali zu einer azurblauen Flüssigkeit wieder auf, woraus sich ergibt, dass in der aus den Blättern gezogenen Auflösung schwefelsaures Kupferoxydul enthalten war.

Noch folgende Pflanzen wurden in eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd gestellt:

Ein grosses Exemplar von *Polygonum aviculare* L. mit Blumen. Nach einem Tage war die Pflanze gänzlich abgestorben. In den getrockneten Blumen fand sich nur eine schwache Spur von Kupfer, aber in den Blättern und in dem Wurzelstock war eine grosse Menge Kupfer enthalten.

Der Stamm der Pflanze, welcher vor dem Eintauchen weiss war, hatte sich im Innern mit einem grünen Ueberzug bedeckt und enthielt eine solche Menge von Kupfersalz, dass er durch Benetzen mit einem Tropfen Kalium-Eisencyanür braun, und mit Schwefelammoniak schwarz wurde.

Der Wurzelstock, in kochendes Wasser gelegt, ertheilte demselben eine grüne Farbe und in der Auflösung wurde durch wenig Kali ein grünlichgelber Niederschlag hervorgebracht, welcher sich im Ueberschuss von Kali wieder auflöste und eine blaue Auflösung darstellte; es war also auch hier im Innern der Pflanze schwefelsaures Kupferoxydul gebildet worden.

In den Blättern befand sich zwar auch Kupfer, aber in viel geringerer Menge, als in dem Wurzelstock.

Eine junge Erbsenpflanze, *Pisum sativum L.*, welche in der Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd abgestorben war, enthielt eine so grosse Menge von schwefelsaurem Kupferoxydul, dass das damit in Berührung gestandene heisse Wasser sogleich grün gefärbt wurde und von der Kali-Auflösung, im Ueberschuss hinzugesetzt, eine blaue Farbe annahm, ohne sogleich den gelben Niederschlag zu bewirken, welcher sich erst einige Minuten später bildete.

Noch starben schnell in einer Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd:

Hesperis matronalis,
Lilium bulbiferum,
Aconitum Napellus.

Am schnellsten absorbirte und starb ab *Hesperis matronalis*; schon nach 12 Stunden waren Blumen und Blätter krampfhaft zusammengezogen und die Adern in den Blättern leberbraun geworden.

In allen diesen Fällen wurde in den abgestorbenen, getrockneten Pflanzen schwefelsaures Kupferoxydul gefunden.

Eine Irispflanze, von *Iris germanica*, lebt viel länger in einer Kupfer-Auflösung, als die übrigen genannten Pflanzen; auch wurden in den endlich abgestorbenen Blättern nur geringe Spuren von

Kupfer gefunden. Es scheint, dass das wenig lockere Gewebe der Blätter der schnellen Absorption von Flüssigkeiten ein Hinderniss in den Weg legt.

Es wurde endlich in eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, aus welcher eine grosse Menge des Kupfersalzes durch andere Pflanzen schon grösstentheils absorbirt war, *Galega officinalis* gebracht. Diese Pflanze absorbirte die letzten Spuren von Kupfersalz aus der nun ganz entfärbten Flüssigkeit, welches Salz in der getrockneten Pflanze auch wieder gefunden wurde. Die getrockneten Blätter ertheilten dem kochenden Wasser eine smaragdgrüne Farbe, und das Kupfer befand sich grösstentheils darin als schwefelsaures Kupferoxydul.

Essigsames Kupferoxyd.

Ein schönes Exemplar von *Helianthus annuus* wurde in eine Auflösung von essigsamem Kupfer gebracht. Schon am folgenden Tage neigte sich die Pflanze, nahm allmählig eine horizontale Lage an und bekam braune Flecke auf der Oberfläche der Blätter. Nach acht Tagen wurden auf den Blättern des obern Theiles der Pflanze kleine, grüne Crystalle sichtbar. Warmes Wasser, welches mit den Blättern in Berührung gebracht war, nahm davon eine grüne Farbe an, und in dieser Auflösung brachte Kali einen gelbgrünlichen Niederschlag hervor, welcher sich im Ueberschuss von Kali grösstentheils wieder auflöste und damit eine blaue Flüssigkeit darstellte.

Es war also hier ebenso, wie beim schwefelsauren Kupferoxyd, ein Theil des absorbirten, essigsamen Kupferoxyds in der Pflanze zersetzt und zu einem Oxydul-Salz reducirt worden. Durch wiederholtes Eintauchen frischer Pflanzen wurde das essigsame Kupferoxyd aus der Auflösung endlich vollkommen erschöpft.

Schwefelsaure Magnesia und Chlormagnesium.

Jedes der beiden genannten Salze war in 25 Thln. Wasser aufgelöst.

Zwei Exemplare von *Helianthus annuus* wurden in die Flüssigkeiten gebracht; schon nach einigen Tagen neigten sich die Pflanzen, die Blätter schrumpften zusammen und die Pflanzen starben.

Dann wurden in diese Auflösungen zwei Exemplare von *Gallega officinalis* gebracht. Die Blätter der Pflanzen, obgleich sie zusammen schrumpften, wurden nicht gelb, wie diess geschieht mit der Pflanze, welche in reines Wasser gestellt ist, sondern behielten ihre grüne Farbe. Das Absterben der Pflanzen ging indessen viel langsamer von statten in den beiden genannten Magnesia-Salzen, als diess der Fall war in den metallischen Auflösungen.

Bei der Untersuchung ergab sich, dass in den beiden Pflanzen, in der einen schwefelsaure Magnesia und in der andern Chlor-Magnesium enthalten war. Die erstere blieb an der Luft trocken, aber letztere wurde, nachdem sie gut ausgetrocknet war, wegen des darin enthaltenen Chlormagnesiums an der Luft wieder feucht.

Salpeter.

In einer Auflösung von 1 Thl. Salpeter in 30 Thln. Wasser fing ein Exemplar von *Matricaria Parthenium* den zweiten Tag an zu welken und war nach Verlauf von vier Tagen abgestorben; hingegen hatte ein gesundes Exemplar von *Matricaria Parthenium*, welches in einer gesättigten Auflösung von Gyps stand, noch am vierten Tage sein völlig frisches Ansehen behalten.

Die Pflanze in der Salpeter-Auflösung bedeckte sich nach einigen Tagen auf der Oberfläche ihrer Blätter mit kleinen, weissen Crystallen, welche ich zum Theil abnehmen konnte und welche

sich bei der damit vorgenommenen Untersuchung ganz wie unveränderter Salpeter verhielten.

J o d k a l i u m.

Zwei ganz gleiche und frische Exemplare von *Galega officinalis* wurden in zwei mit Wasser angefüllte Gefässe gestellt; in dem Wasser des einen Gefässes war aber $\frac{1}{5}$ Jodkalium aufgelöst.

Die Pflanze, welche sich in dem mit Jodkalium versehenen Wasser befand, fing schon am andern Tage an, ihr schönes Grün zu verlieren, sie wurde blassgrün, die Blätter schrumpften zusammen und bekamen, namentlich an dem obern Theil der Pflanze, leberbraune Flecke.

In den mit kochendem Wasser behandelten, abgestorbenen und getrockneten Blättern der Pflanze fand sich wohl eine grosse Menge Jodkalium, aber abgeschiedenes und freigewordenes Jod konnte ich nicht darin wahrnehmen.

Als schon zweimal Pflanzen in der Auflösung abgestorben waren, brachte ich ein drittes Exemplar von *Galega officinalis* hinein, und als die Blätter am zweiten Tage leberbraune Flecken bekommen hatten, behandelte ich sie, einige mit kochendem Wasser, andere mit Alkohol, konnte jedoch kein freies Jod darin wahrnehmen, sondern nur unzersetztes Jodkalium.

Während der Zeit, dass in der Jodkalium-Auflösung drei Pflanzen abgestorben waren, hatte die im reinen Wasser stehende Pflanze noch immer ihre grüne Farbe behalten.

Alle Pflanzen, welche noch in die Auflösung von Jodkalium gebracht wurden, starben in derselben nach einigen Tagen, und diess dauerte fort, bis dass das Jodkalium aus der Flüssigkeit gänzlich absorhirt und keine Spur davon mehr in der Auflösung enthalten war, aber in keinem der Fälle wurde in der abgestorbenen

Pflanze freies Jod wahrgenommen, sondern immer nur unzersetztes Jodkalium.

Es wurde schon angegeben, dass das Absorptions-Vermögen für Aufnahme der Salze in den Pflanzen sehr verschieden ist, indem *Iris germanica* nur wenig und langsam von den Salzen absorbirt.

Einen Gegensatz zu der Iris giebt *Datura Stramonium*, deren Empfindlichkeit sehr gross ist. Eine in Blüthen stehende Pflanze von *Datura Stramonium* wurde in eine fast erschöpfte Auflösung von Jodkalium gebracht; die Pflanze starb darin schneller (schon nach 12 Stunden), als ich es bei irgend einer andern Pflanze wahrgenommen hatte.

Schwefelsaures Zinkoxyd.

Eine junge Bohnenpflanze, *Phaseolus vulgaris L.*, wurde in eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd gestellt. Nach 24 Stunden fingen die Blätter an, blassgrün zu werden, schrumpften zusammen und waren zum Theil in Cylinder zusammengerollt.

Die abgestorbenen, getrockneten Blätter hatten eine grosse Menge von schwefelsaurem Zinkoxyd absorbirt, welches aus denselben durch warmes Wasser aufgenommen werden konnte.

Ebenso starb in der Zinkauflösung *Matricaria Parthenium* in kurzer Zeit und die getrockneten Blätter enthielten eine grosse Menge schwefelsauren Zinkoxyds in ihren Poren verschlossen.

Es wurden wiederholt frische Pflanzen in die Auflösung gebracht, welche immer darin starben und das Zinksalz unzersetzt absorbirten, bis dass die Quantität des Salzes fast gänzlich erschöpft war.

Schwefelsaures Manganoxyd.

In eine Auflösung von schwefelsaurem Manganoxyd wurden junge Pflanzen von *Phaseolus vulgaris L.* gebracht. Den zweiten

Tag schon hatten die vollen, gesunden Blätter viel von ihrer dunkelgrünen Farbe verloren, waren blassgrün geworden, verwelkten alsdann mit grosser Schnelligkeit und wurden hart.

In den getrockneten Blättern befand sich eine grosse Menge von schwefelsaurem Manganoxyd, welches daraus durch warmes Wasser aufgelöst werden konnte.

Ebenso starb in der Auflösung *Matricaria Parthenium* nach Verlauf von 24 Stunden und strotzte von schwefelsaurem Manganoxyd.

Neue Pflanzen von *Matricaria Parthenium* in die schon seit acht Tagen gebrauchte Auflösung gebracht, starben und absorbirten das Mangansalz, ohne es zu zersetzen, bis dass die Menge desselben fast gänzlich erschöpft war.

Salpetersaures Kobaltoxyd.

Nachdem ein Exemplar von *Matricaria Parthenium* einen Tag in einer Auflösung von salpetersaurem Kobaltoxyd gestanden, neigte sich die Pflanze und welkte schnell, wobei die rothe Farbe der Kobaltlösung auffallend erblasste.

Die vom obern Theil der gestorbenen Pflanze abgeschnittenen und getrockneten Blätter wurden mit heissem Wasser übergossen; dieses nahm davon eine rothe Farbe an und enthielt salpetersaures Kobaltoxyd in der Auflösung.

Durch wiederholt eingetauchte, frische Pflanzen verlor die Kobaltauflösung zwar allmählig ihre rothe Farbe und wurde endlich ganz farblos, allein ich konnte durch Erneuerung von frischen Pflanzen doch nicht dahin gelangen, die Flüssigkeit von Kobalt gänzlich zu erschöpfen, denn das hydrothionsaure Ammoniak brachte in der entfärbten Flüssigkeit noch immer einen schwarzen Niederschlag hervor.

Salpetersaures Nickeloxyd.

Ein schönes Exemplar von *Helianthus annuus*, zwei Fuss hoch, mit unverletzter Wurzel in eine Auflösung von salpetersaurem Nickeloxyd gebracht, war am zweiten Tage schon grösstentheils verwelkt.

Die am obern Theil der Pflanze abgeschnittenen Blätter, mit warmem Wasser ausgezogen, ertheilten demselben eine schwachgrüne Farbe, und die von der getrockneten Pflanze abfiltrirte Flüssigkeit enthielt salpetersaures Nickeloxyd.

Nachdem das erste Exemplar von *Helianthus* in der Nickelauflösung abgestorben war, ersetzte ich dasselbe durch gesunde Pflanzen, wobei die grüne Farbe der Auflösung allmählig zu verschwinden anfang, indem das Nickelsalz immer mehr und mehr aus der Auflösung absorbirt wurde.

Obgleich die Flüssigkeit endlich ganz farblos wurde, so konnte ich es doch nicht dahin bringen, alles Nickel aus der Auflösung zu absorbiren, indem hydrothionsaures Ammoniak noch immer schwarz davon niedergeschlagen wurde.

Tartarus emeticus.

In eine Auflösung von 1 Thl. Brechweinstein in 25 Thln. Wasser wurde ein grosses in Blüthe stehendes Exemplar von *Tanacetum vulgare* gebracht. Nach Verlauf von zwei Tagen starb die Pflanze.

Die an dem obern Theile der Pflanze sich befindenden trocknen Blätter wurden mit heissem Wasser ausgezogen. Die filtrirte Flüssigkeit gab mit Hydrothionsäure einen orangegelben Niederschlag und enthielt eine nicht unbedeutende Menge Brechweinstein in Auflösung. Desgleichen welkten auch die jungen Pflanzen von Stangenbohnen und von den Blättern war viel Antimonsalz absorbirt worden.

Grosse Pflanzen mit der Blüthe von *Aconitum Napellus* starben so lange in einer Auflösung von Brechweinstein, bis dass das Salz aus der Auflösung gänzlich absorbirt und erschöpft war.

Auch ein Exemplar von der deutschen Schwertlilie (*Iris germanica L.*) wurde in eine frische Auflösung von Brechweinstein gestellt. Die Pflanze starb zwar, aber nur sehr langsam, und in den endlich abgestorbenen Blättern war nur eine geringe Menge von Brechweinstein enthalten, was wohl, wie schon weiter oben bemerkt wurde, dem eigenthümlichen Bau der Pflanze zugeschrieben werden muss.

Kleesaures und weinsaures Chromoxyd-Kali.

Eine Pflanze von *Helianthus annuus*, welche in Auflösungen von kleesaurem, so wie weinsaurem Chromoxydkali gebracht wurde, behielt zwar ihre senkrechte Stellung, die Blätter schrumpften aber am dritten Tage zusammen und die Pflanze starb viel früher, als diess mit einem Exemplar, welches dem ersteren zur Seite in destillirtes Wasser gestellt wurde, der Fall war.

Die grünen Auflösungen hatten an Intensität der Farbe etwas verloren und in dem obern Theil der abgestorbenen Pflanze war eine geringe Menge von Chromoxyd-Salzen vorhanden.

Ganz anders verhielten sich die Pflanzen in der Auflösung des folgenden Chromsalzes.

Doppelt chromsaures Kali.

Ein *Helianthus annuus*, welcher in eine Auflösung von doppelt chromsaurem Kali gebracht wurde, fing schon nach einigen Stunden an, sich zu neigen und nahm bald darauf eine ganz horizontale Lage an.

Nach einigen Tagen wurden die Blätter selbst bis zum obern Theil der Pflanze hinauf gelb und auf der Oberfläche derselben waren kleine Crystalle von chromsaurem Kali ausgewittert. Das Wasser, welches mit den Blättern des obern Theiles der Pflanze in Berührung gebracht wurde, nahm davon sogleich eine gelbe Farbe an; die Flüssigkeit gab mit Silbersalz einen rothen Niederschlag und nahm auf Zusatz von schweflichter Säure eine smaragdgrüne Farbe an.

Die Flüssigkeit wurde durch wiederholtes Eintauchen frischer Pflanzen von dem darin enthaltenen chromsauren Kali endlich bis auf die letzten Spuren erschöpft.

Salpetersaures Silberoxyd.

Eine in Blüten stehende Pflanze von *Lactuca sativa* L. wurde in eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd gestellt. Nachdem sie abgestorben war, was nach einigen Tagen erfolgte, wurde die getrocknete Pflanze mit kochendem Wasser behandelt, welches aber keine Spur von Silbersalz daraus aufgenommen hatte.

Ebenso wurde ein in Blüten stehendes Exemplar von *Malva sylvestris* L. in eine frische Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd gebracht. Nach einigen Tagen fingen die grünen Stengel der Pflanze an, grau zu werden und zwar von unten nach oben, welche Farbenveränderung allmählig zunahm bis an die Spitze des Stengels, wobey aber die Blätter ihre grüne Farbe nicht verloren. Die grau gewordenen Stengel bekamen an mehreren Stellen einen weissen sehr deutlichen Metallglanz.

Die zerschnittenen grau gewordenen Stengel theilten dem kochenden Wasser keine Spur von Silbersalz mit; wenn aber dem Wasser, welches zum Auskochen der Stengel diente, etwas Salpeter-

säure zugesetzt war, so wurden die grauen Stengel weiss und nun fand sich in der Auflösung salpetersaures Silberoxyd. Auch beim Verbrennen und Einäschern der Stengel wurde das Silber in der Asche vermittelst Salpetersäure etc. wiedergefunden.

Da nun das kochende Wasser aus den getrockneten Stengeln der abgestorbenen Pflanzen kein Silber aufzulösen vermag, so ergibt sich aus den angeführten Versuchen, dass das salpetersaure Silberoxyd zwar von der Pflanze absorbirt, aber auch zum Theil in metallischen Zustand reducirt wird.

Wenn man in eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd zu wiederholten Malen frische Pflanzen bringt, bis dass sie nicht mehr in derselben sterben, so findet sich, dass das Silbersalz absorbirt ist, und dass sich nun keine Spur von Silbersalz mehr in der Auflösung befindet.

Ein Exemplar von *Iris germanica* lebt lange im Silbersalz und man findet in den endlich abgestorbenen Blättern nur kaum wahrnehmbare Spuren von Silber, aber nicht in Wasser auflöslich, sondern nur durch erwärmte, verdünnte Salpetersäure, also auch hier im Zustand von metallischem Silber.

Salpetersaures Quecksilberoxydul.

In eine Auflösung des oben genannten Salzes wurde ein Exemplar von *Malva sylvestris* L. gebracht. Die abgestorbene Pflanze theilte dem kochenden Wasser kein Quecksilbersalz mit; als die getrocknete Pflanze aber mit verdünnter Salpetersäure behandelt wurde, fand sich Quecksilber in der Auflösung, woraus erhellet, dass das salpetersaure Quecksilberoxydul zwar absorbirt, aber durch die Pflanze zersetzt wird; ob es als Oxydul abgeschieden und eine neue unauflösliche Verbindung bildet, oder zu metallischem Quecksilber reducirt wird, lässt sich nicht mit Gewissheit entscheiden.

Durch wiederholte Einstellungen von frischen Pflanzen wurde das salpetersaure Quecksilberoxydul gänzlich und bis auf die letzte Spur absorhirt.

In eine Auflösung von obigem Quecksilberoxydulsalz wurden auch Exemplare von *Leontodon Taraxacum L.* und von *Doronicum Pardalianches L.* gebracht; beide starben allmählig, aber bei weitem nicht so schnell, als in Kupfersalzen. Die getrocknete Pflanze theilte dem kochenden Wasser auch kein Quecksilbersalz mit, wohl aber nahm die Salpetersäure daraus Quecksilber auf. Es war also durch diese beiden Pflanzen das Quecksilbersalz auch absorhirt und ebenfalls wie bei *Malva sylvestris* gänzlich zersetzt.

Ein Exemplar von *Fumaria officinalis L.* in die Quecksilber-Auflösung gebracht, starb nach einigen Tagen und die Flüssigkeit war ganz milchig davon geworden. Der abgesetzte, weisse, gut ausgewaschene Niederschlag war in Wasser unlöslich und verhielt sich als eine Verbindung von Quecksilberoxydul mit einer organischen Substanz und Chlorwasserstoffsäure; letztere kann wohl nur von dem Chlorkalium, welches sich in der *Fumaria* befindet, herrühren.

Auch ein Exemplar von *Scorzonera hispanica L.* wurde in die Auflösung des salpetersauren Quecksilberoxyduls gebracht. Die Blätter fingen nach einigen Tagen an zusammen zu schrumpfen und wurden gelb. Es befand sich aber in der abgestorbenen und getrockneten Pflanze kein in Wasser auflösliches Quecksilbersalz; nur nachdem die Stengel und Blätter mit Salpetersäure behandelt waren, liess sich die Gegenwart des Quecksilbers in denselben wahrnehmen.

Ebenfalls wurde noch ein grosses, in Blüthe stehendes Exemplar von *Vicia Faba* in die Quecksilber-Auflösung gestellt. Nach vier bis fünf Tagen war sie abgestorben; die Blätter, welche blassgrün

geworden waren, wurden beim Trocknen schwarz. Dem kochenden Wasser wurde kein Quecksilbersalz mitgetheilt, wohl aber der verdünnten, mit den Blättern erwärmten Salpetersäure. Es wird also in allen bezeichneten Fällen das Quecksilbersalz absorbirt und zersetzt.

Das salpetersaure Quecksilberoxydul wurde durch erneute Pflanzen nach und nach ganz absorbirt.

S u b l i m a t.

Eine mit Blüthen versehene *Malva sylvestris* war acht Tage in einer Sublimatauflösung gestanden. Die abgestorbenen Blätter und Stengel theilten dem kochenden Wasser keinen Sublimat mit. Als aber die mit Wasser ausgekochten Theile der Pflanze mit verdünntem Königswasser erwärmt wurden, fand sich eine nicht unbedeutende Menge Quecksilber in der Auflösung.

Diess war auch mit Salatpflanzen der Fall; sie absorbiren zwar den Sublimat, aber als solcher befindet er sich nicht mehr in den abgestorbenen Pflanzen, sondern war in Calomel zersetzt worden.

Eine solche zersetzende Thätigkeit auf den Sublimat kommt indessen doch wohl nicht allen Pflanzen zu, denn ein Exemplar von einem blühenden *Doronicum Pardalianches*, welches ich in einer Sublimatlösung hatte absterben lassen, enthielt in den getrockneten Blättern deutliche Spuren von unzersetztem Sublimat; ein gleiches Resultat fand statt mit jungen Pflanzen von *Pisum sativum*, welche ebenfalls Sublimat aus der Auflösung absorbirt hatten, ohne ihn in ihrem Innern ganz zu zersetzen.

Als der Zeitpunkt eingetreten war, da frische Pflanzen nichts mehr aus der Sublimatauflösung zu absorbiren schienen, sondern in derselben fortlebten, wurde die Flüssigkeit nicht mehr von Kalk-

wasser und Jodkalium getrübt, dennoch waren in der Auflösung durch hydrothionsaures Ammoniak noch Spuren von Quecksilber wahrzunehmen, welche von neuen Pflanzen nicht mehr absorbirt werden konnten.

Essigsaures Bleioxyd.

Das essigsaure Bleioxyd wird aus seiner Auflösung durch viele Pflanzen absorbirt; merkwürdig ist indess, dass die Pflanzen in diesem Bleisalz nur sehr langsam sterben.

Bei einigen Exemplaren von *Malva* und *Lactuca* war erst nach 2 bis 3 Tagen ein angehendes Verwelken zu bemerken, indem die Blätter anfangen gelb zu werden. Nachdem sie endlich abgestorben waren, fand sich selbst in dem obern Theil derselben essigsaures Bleioxyd, welches daraus durch Wasser aufgelöst werden konnte.

Andere Pflanzen, wie *Hesperis matronalis* und *Scorzonera hispanica*, starben zwar auch allmählig, es befand sich aber in den getrockneten Blättern kein in Wasser auflösliches Bleisalz; es hatte in denselben eine Zersetzung erlitten und konnte nur daraus durch Salpetersäure ausgezogen werden.

Als frische Salatpflanzen zu wiederholten Malen in die Bleiauflösung gestellt wurden, trat zuletzt ein Zeitpunkt ein, wo das Bleisalz gänzlich absorbirt und keine Spur mehr davon in der Flüssigkeit vorhanden war.

Die Absorption des essigsauren Bleioxydes durch *Mercurialis annua* ist von Macaire nachgewiesen worden.*)

*) S. Annales de chimie et de physique. Tom. 52. pag. 225.

Mehrere Botaniker sind der Meinung, dass durch gesunde und unverletzte Wurzeln der Pflanzen die Salze aus den Auflösungen nicht absorbirt würden. Um hierüber nähere Aufschlüsse zu erhalten, stellte ich folgenden Versuch an.

Auf zwei grosse, mit destillirtem Wasser benetzte Schwämme legte ich Kressensamen und unterhielt dieselben mit destillirtem Wasser feucht. Als die jungen Kressenpflanzen eine Höhe von etwa zwei bis drei Zoll erreicht hatten, tauchte ich den untern Theil des einen Schwammes in eine verdünnte Auflösung von schwefelsaurem Kupfer, worauf die Pflanzen nach einigen Tagen abstarben, während die Pflanzen auf dem andern Schwamme, welcher mit Wasser getränkt war, gut zu wachsen fortfuhren.

Die Spitzen der verwelkten, auf dem kupferhaltigen Schwamme gewachsenen Pflanzen wurden mit einer Scheere abgeschnitten, getrocknet und dann auf einem Porzellanscherben verbrannt. In dem eingeäscherten Rückstand befand sich eine leicht wahrnehmbare Menge Kupfer.

Da bei diesen Versuchen die Wurzeln der Pflanzen aus ihrer Stellung nicht gewaltsam verrückt waren, und folglich in keiner Weise verletzt seyn konnten, so ergibt sich, dass gesunde, unverletzte Wurzeln allerdings Salze aus Auflösungen zu absorbiren im Stande sind.

Um indessen keinem Zweifel über das Absorptionsvermögen der Pflanzen mit unverletzten Wurzeln Raum zu lassen, stellte ich noch einige Versuche mit solchen Pflanzen an, deren Wurzeln frei im Wasser hängen, als *Veronica Beccabunga*, *Veronica Anagallis*, *Marsilea quadrifolia*, *Stratiotes aloides* und *Cyperus thermalis*.

Diese Pflanzen wurden auf solche Weise in Gefässe gestellt, dass sie mit dem untern Ende ihrer Wurzeln in eine verdünnte Auflösung von schwefelsaurem Kupfer tauchten.

Alle starben nach einigen Tagen, mit Ausnahme von *Stratiotes aloides*, obgleich die Wurzeln dieser Pflanzen ganz unverletzt waren.

Auch eine Pflanze mit Luftwurzeln, *Cordyline vivipara*, wurde mit dem äussersten Ende ihrer Luftwurzeln in eine Kupfersalz-Auflösung gestellt, in welcher sie ebenfalls nach kurzer Zeit verwelkte.

Alle ebengenannten Pflanzen enthielten, mit Ausnahme des *Stratiotes aloides*, in den getrockneten Blättern ein in Wasser auflösliches Kupferoxydulsalz und theilten dem kochenden Wasser eine smaragdgrüne Farbe mit.

Der *Cyperus thermalis* hatte eine Höhe von drei Fuss und dennoch war in der äussersten Spitze desselben Kupferoxydulsalz vorhanden.

Dass die Verletzung der Wurzel zur Absorption der Pflanzen nicht nothwendig zu seyn scheint, geht auch noch daraus hervor, dass junge, in einem Topfe stehende Kressenpflanzen, welche an der Wurzel mit einer verdünnten Kupfersalz-Auflösung begossen wurden, nach acht Tagen zu verwelken anfangen und Kupfersalz absorbirt hatten.

Bei sehr compacten, saftreichen Pflanzen ist die Absorption indessen schwierig. Ein in einem Topfe stehendes Exemplar von *Cereus variabilis* wurde während sechs Wochen täglich mit verdünnter Auflösung von schwefelsaurem Kupfer an der Wurzel begossen, ohne dass die Pflanze Kupfersalz absorbirt hatte oder zu verwelken anfang.

Die Blätter von *Stratiotes aloides*, welche als frische Pflanzen lange in einer Kupferauflösung gestanden, theilten dem kochenden Wasser kein Kupfersalz mit, selbst dann nicht, wenn das

Wasser zuvor mit etwas Salpetersäure versetzt war; durch diese Pflanze war also keine Spur von Kupfersalz absorbirt worden.

Die frischen oder getrockneten Blätter von *Stratiotes aloides* haben die Eigenschaft, durch Benetzen mit verdünnten Säuren stark aufzubrausen und kohlen-saures Gas zu entwickeln. Wird Säure auf die Oberfläche der frischen Blätter dieser Pflanze gebracht, so entsteht indessen kein Aufbrausen; nur bei den zerschnittenen Blättern ist diess auf eine sehr lebhaft-e Weise der Fall. Mit den übrigen, eben genannten, zerschnittenen Wasserpflanzen bringt die Salzsäure kein Aufbrausen hervor.

Der ausgepresste und filtrirte Saft der frischen Blätter von *Stratiotes aloides* ist gelb, hat einen widerlichen Moogeruch, braust aber nicht mit Säuren auf, sondern wird nur davon getrübt, eine Veränderung, welche der filtrirte Saft auch auf Zusatz von Weingeist und durch das Aufkochen erleidet. Gyps enthält der filtrirte Saft nicht, aber essig-sauren Kalk in grosser Menge.

Der ausgepresste, nicht filtrirte Saft setzt ausser dem grünen Chlorophyll ein schneeweisses Pulver ab, welches in kohlen-saurem Kalk besteht.

Also nur *Stratiotes aloides* enthält im Innern, gleich den verschiedenen Species von *Chara*, welche bekanntlich mit Säuren stark aufbrausen, eine grosse Menge von kohlen-saurem Kalk, was mit den übrigen Wasserpflanzen, welche in den nämlichen, mit hydraulischem Kalk überzogenen Behältern des hiesigen königlichen botanischen Gartens neben einander stehen, nicht der Fall ist. Beim Trocknen der Blätter von *Stratiotes aloides* kömmt ein Theil dieses kohlen-sauren Kalkes verwittert auf der Oberfläche derselben hervor.

Dass die Gegenwart des kohlen-sauren Kalkes in den Pflanzen der Absorbirung des Kupfersalzes Hindernisse in den Weg legen

dürfte, scheint daraus hervorzugehen, dass auch von der *Chara vulgaris* L., einer mit Säuren stark aufbrausenden Pflanze, welche ich drei Wochen in einer Auflösung von schwefelsaurem Kupfer hatte stehen lassen, während dieser Zeit nicht eine Spur Kupfer aufgenommen war.

Equisetum limosum, welches viel Kieselerde enthält, absorbiert dagegen das Kupfersalz aus seiner Auflösung.

Ueber das Vorkommen des Schwefels in den Pflanzen.

Dass in vielen Pflanzen Spuren von Schwefel enthalten sind, ist von Planche, Creutzburg und vielen andern Chemikern auf genügende Weise dargethan worden. Zu den schwefelhaltigen Pflanzen, welche vorzugsweise als solche bekannt sind, gehört vor andern die Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.).

Da der Boden in verschiedenen Gegenden keinen freien Schwefel darbietet, so hielt ich es für möglich, dass diejenigen Pflanzen, welche sehr geneigt sind, Schwefel aufzunehmen, auch in einem Boden, welcher keinen freien Schwefel enthält, die Schwefelsäure aus den schwefelsauren Salzen zersetzen könnten, um sich daraus des Schwefels zu bemächtigen, woran sich wohl auch nicht zweifeln lässt. Jedoch habe ich Saamen gesäet in einen Boden, welcher weder freien Schwefel, noch schwefelsaures Salz enthielt, und dessenungeachtet war in den auf solchem Boden gezogenen Pflanzen eine nicht unbedeutende Menge Schwefel vorhanden.

Der Boden, dessen ich mich dazu bediente, bestand in gröblichem Pulver von weissem Glas. Vor der Anwendung wurde das gestossene Glas noch einmal stark erhitzt, ohne es indessen zu schmelzen und dann mit vielem Wasser gewaschen, welches daraus keine schwefelsaure Salze aufgenommen hatte. In diesen Boden säete ich Kressensaamen und unterhielt denselben mit destillirtem

Wasser in feuchtem Zustande. Nachdem die jungen Pflanzen einige Zoll Höhe erreicht hatten, wurden sie mit der Wurzel ausgezogen; die weissen Wurzelfasern wurden alsdann von der Pflanze mit der Scheere abgeschnitten und, nachdem sie gewaschen, zugleich mit der Pflanze schnell getrocknet.

Beim Erhitzen dieser beiden scharf ausgetrockneten Substanzen in einer Retorte zeigte sich, dass nicht nur in den grünen Blättern und Stengeln, sondern auch in den weissen faserigen Wurzeln eine bedeutende Menge Schwefel enthalten war, was freilich auch mit dem angewendeten Saamen der Fall ist, indessen ist die in den Blättern und Wurzeln enthaltene Quantität Schwefel bei weitem grösser, als in den Saamen.

Da das Glaspulver, auf welchem diese Pflanzen gewachsen, von Schwefel frei war und auch keine schwefelsauren Salze enthielt, da ferner das Wachsen der mit einer Glasglocke bedeckten Pflanze in einem Zimmer vor sich ging, wo keine Schwefeldämpfe vorhanden seyn konnten, so wüsste ich über den Ursprung des Schwefels keine genügenden Aufschlüsse zu geben und es bleibt mir ein Räthsel, woher die jungen Pflanzen bei diesem Versuch den Schwefel entnommen haben sollten. Auch enthielt der ausgepresste Saft der jungen Kressenpflanzen, welche in dem oben bezeichneten Glaspulver gewachsen waren, schwefelsaure Salze, obgleich in dem Glaspulver keine Spur davon wahrzunehmen war.

Um den Gehalt des Schwefels in den Kressensaamen, so wie in den daraus entstandenen Pflanzen annähernd zu bestimmen, machte ich noch folgende Versuche.

Ich liess Kressensaamen keimen in gröblich gestossenem Quarz, in gepulvertem Flintglas, so wie in feiner gut gewaschener Kieselerde, welche aus Kieselfluor-Säure durch Wasser abgeschieden war. In letzterer ging das Keimen und Wachsen nur schwach

von statten, in den beiden erstern aber sehr gut. Die jungen auf dem eben benannten Boden gezogenen Pflanzen enthielten nicht nur ein schwefelsaures Salz, sondern auch Schwefel, obgleich weder schwefelsaure Salze, noch Schwefel in dem zum Wachsen angewendeten Material vorhanden waren.

100 Gran Kressensaamen wurden in einer Retorte allmählig bis zum Glühen derselben erhitzt, wobei die sich bildenden Gasarten in Kalilauge aufgefangen wurden. Die Kalilauge wurde alsdann mit essigsauerm Blei versetzt, bis sich kein Niederschlag mehr erzeugte. Der entstandene braune gut ausgewaschene Niederschlag bestand aus Bleioxydhydrat nebst kohlen-saurem Blei und aus schwarzem Schwefelblei. Die beiden ersteren wurden in verdünnter kochender Salpetersäure aufgelöst und es blieb nun Schwefelblei zurück, welches mit vielem Wasser gewaschen wurde und nach dem scharfen Austrocknen 0,95 Gran wog, diese entsprechen 0,129 Schwefel. 100 Thle. Kressensaamen enthalten demnach 0,129 Schwefel.

Um nun den Schwefel in den Kressenpflanzen ebenfalls quantitativ zu bestimmen, untersuchte ich die aus 100 Gran aufgegangenen Pflanzen. Sie wogen nach dem Austrocknen 2040 Gran, welche nach der bei den Saamen angegebenen Schwefelbestimmungs-Methode 15,1 Gran Schwefelblei gaben; diese entsprechen 2,03 Gran Schwefel.

Die aus 100 Gran Kressensaamen entstandenen Pflanzen enthalten demnach 25 mal mehr Schwefel, als die zu ihrer Produktion ausgesäeten 100 Gran Saamen selbst.

Auch machte ich den Versuch, ein Gemeng aus fein gepulverten Kressenblättern mit Salpeter und kohlen-saurem Kali zu kleinen Portionen in einem glühenden Tiegel zu verpuffen. Der geglühte Rückstand im Tiegel mit Salpetersäure wieder aufgenommen, gab

zwar mit Chlorbaryum einen bedeutenden Niederschlag, allein es liess sich auf diese Weise die Quantität des Schwefels nicht mit Sicherheit bestimmen, erstlich weil in der Auflösung des geglühten Rückstandes eine nicht unbedeutende Menge von Schwefelkalium gebildet war und zweitens weil in dem ausgepressten Saft aus der frischen Kressenpflanze selbst schon mehr oder weniger schwefelsaures Kali vorhanden ist.

Als ich 100 Gran gepulverte Kressenblätter, welche mit 100 Gran reinem Salpeter vermengt, allmählig in einem Platintiegel detoniren liess, erhielt ich aus der mit einem Ueberschuss von Salpetersäure versetzten Auflösung des geglühten Rückstandes mittelst Chlorbaryum 4,6 Gran schwefelsauren Baryt, welche 0,634 Gran Schwefel entsprechen, wovon nun aber die Menge des schwefelsauren Salzes, welches sich in den frischen Kressenblättern befindet, noch abgezogen werden müsste.

Da bei diesen angeführten Versuchen die Berührung mit Schwefel, so wie mit schwefelsauren Salzen sorgfältigst vermieden wurde, so bin ich bis jetzt noch ausser Stande, hier den Ursprung des Schwefels nachweisen zu können.

Schluss.

Aus den angegebenen Versuchen ergibt sich:

1) dass verschiedene Pflanzen mit ihren unverletzten Wurzeln, wie *Helianthus annuus*, *Polygonum aviculare*, *Pisum sativum*, *Hesperis matronalis* etc. in einer Auflösung von schwefelsaurem Kupfer sterben, das Kupferoxydsalz schnell in sich aufnehmen, dasselbe in Oxydulsalz zersetzen und endlich das schwefelsaure Kupfer aus der Auflösung gänzlich absorbiren;

2) dass die genannten Pflanzen auch in einer Auflösung von essigsäurem Kupferoxyd schnell sterben, dasselbe gänzlich absorbiren und in Kupferoxydulsalz verwandeln;

3) dass schwefelsaure Magnesia, Chlormagnesium, Salpeter und Jodkalium aus ihren Auflösungen durch Pflanzen absorbirt werden, wodurch dieselben mehr oder weniger schnell absterben;

4) dass *Phaseolus vulgaris* und *Matricaria Parthenium* das schwefelsaure Zinkoxyd, so wie das schwefelsaure Manganoxyd absorbiren, ohne diese Salze zu zersetzen und dann sterben;

5) dass die Pflanzen das salpetersaure Kobaltoxyd, so wie das salpetersaure Nickeloxyd absorbiren, davon sterben, allein die beiden Salze aus der Auflösung nicht gänzlich erschöpfen;

6) dass *Tanacetum vulgare* und *Aconitum Napellus* den Tartarus emeticus aus seiner Auflösung in grosser Menge, ohne ihn zu zersetzen, absorbiren und dadurch absterben;

7) dass das kleesaure und weinsaure Chromoxyd-Kali von den Pflanzen zum Nachtheil derselben langsam absorbirt werden, dass hingegen doppelt chromsaures Kali von den Pflanzen schnell und in grosser Menge, ohne zersetzt zu werden, absorbirt wird, wovon sie auch schnell sterben. *Datura Stramonium* und *Galega officinalis* sind die Pflanzen, bei welchen die Absorption am schnellsten vor sich geht; *Iris germanica* absorbirt die Salze aus ihren Auflösungen bei weitem langsamer;

8) dass die Pflanzen das salpetersaure Silber zwar absorbiren und daran sterben, dasselbe aber zersetzen, wobei das Silber in metallischen Zustand reducirt wird;

9) dass das salpetersaure Quecksilberoxydul ebenfalls gänzlich aus der Auflösung absorbirt, aber auch zersetzt wird;

10) dass die Pflanzen den Sublimat aus den Auflösungen absorbiren, wobei er durch einige Pflanzen in Calomel zersetzt, durch andere aber, ohne eine Zersetzung zu erleiden, absorbirt wird;

11) dass das essigsäure Blei von den Pflanzen langsam absorbiert wird und zwar so, dass es von einigen Pflanzen eine Zersetzung erleidet, von andern aber nicht;

12) dass um die Absorption aufgelöster Salze zu bewirken eine Verletzung der Wurzeln nicht unbedingt nöthig sey;

13) dass die Pflanzen, welche im Innern viel kohlen-sauren Kalk enthalten, als *Chara vulgaris* und *Stratiotes aloides*, die Kupfersalze aus ihren Auflösungen nicht aufnehmen, was auch mit *Cereus variabilis* der Fall ist.

14) endlich, dass nicht hinreichend genügende Thatsachen vorhanden sind, um mit Bestimmtheit nachzuweisen, woher der Schwefel, welcher sich in einigen Pflanzen befindet, entnommen werde.

