

Ueber

das Verhalten des Kupferoxydammoniaks zur
Pflanzenzellmembran, zu Stärke, Inulin, zum
Zellenkern und zum Primordialschlauch.

Von Dr. C. Crämer.

Vorgetragen in der naturforschenden Gesellschaft in Zürich,
23. Nov. 1857.

Hierzu Taf. 1.

Von Herrn Prof. Schweizer aufmerksam gemacht auf seine interessante Entdeckung der Löslichkeit der Pflanzenfaser in Kupferoxydammoniak ¹⁾ und insbesondere auch auf die eigenthümlichen Quellungserscheinungen der Baumwolle vor der Auflösung, kam ich zu dem Wunsche, die Wirkung des Kupferoxydammoniaks auf verschiedene Pflanzenzellen mikroskopisch zu studiren. Bevor ich indessen denselben ausgesprochen, anerbote mir Herr Prof. Schweizer sein Präparat zu oben genanntem Zwecke, und wenn ich in dem Folgenden einiges Licht über die Anwendbarkeit des Kupferoxydammoniaks bei mikroskopischen Unter-

¹⁾ Siehe Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 2ter Jahrgang, und Erdmanns Journal für praktische Chemie, Band 72, p. 109.

suchungen verbreite, so habe ich das der Bereitwilligkeit zu verdanken, womit mir Herr Prof. Schweizer stets frisches, von ihm selbst dargestelltes Kupferoxydammoniak zur Verfügung stellte.

Ausgehend von der Wirkung des Kupferoxydammoniaks auf Baumwolle, stellte ich in der Folge Untersuchungen mit zahlreichen andern Cellulose-Bildungen an. Auch das Verhalten zum Stärkemehl Inulin und zum Zellkern wurde geprüft.

I. Verhalten der Zellmembran (Verdickungen mit inbegriffen) zu Kupferoxydammoniak.

Das Verhalten des Kupferoxydammoniaks ¹⁾ zur Membran der Pflanzenzelle ist ein vierfaches.

1) Entweder zeigt sich gar keine Einwirkung. Dies ist der Fall bei manchen einzelligen Algen, bei Pilzen, bei einzelnen Flechten, bei der Bast-Faser von *China rubra*, bei den porös verdickten Zellen aus dem Marke von *Hoya carnosa*, bei Pappushaaren, bei den Zellstoffkeulen der Epidermiszellen von *Ficus elastica*, endlich beim Kork.

2) Manche Zellmembranen färben sich in Berührung mit Cuoxam, sie erscheinen unter dem Mikroskop entschieden intensiver blau als das Reagens. Dabei bleibt aber die Wirkung stehen ²⁾. Kaum merklich

¹⁾ Ich werde mich von nun an der Abkürzung Cuoxam. bedienen.

²⁾ Ob diese Bläuung auf der Einlagerung einer concentrirteren Cuoxam.-Lösung in die Membran beruht, d. h. ob die Membran vorzugsweise Cuoxam. einsaugt und fixirt, oder ob sie etwa dem Reagens bloss Kupferoxyd entzieht und durch dieses blau gefärbt wird, kann, wie mir scheint, nur durch direkte Versuche entschieden werden. Aendert sich der Gehalt des Reagens an Kupfer-

ist diese Bläuung beim Holz von *Taxus baccata* und beim Eichenholz, deutlicher beim Tannenholz. Die Gallerthüllen von *Glæocapsa opaca* wurden, soweit sie farblos waren, rein blau durch Cuoxam., ebenso die Gallerthüllen von *Nostoc rupestre*. Die Zellmembranen eines Querschnittes durch *Fucus vesiculosus* färben sich schön himmelblau. Aehnlich verhält sich *Caulerpa prolifera*, ferner ein Querschnitt durch das Apothecium von *Physcia ciliaris*. Auch die Membranen von *Callithamnion Plumula*, von *Echinoceras Hystrix*, die Zellen des Blattes von *Ficus elastica* wurden bläulich gefärbt. Ein Querschnitt durch den Samen von *Colomia grandiflora* wird zum Theil prächtig blau gefärbt.

3) Nicht selten quillt die Zellmembran beim Zusammentreffen mit Cuoxam. auf. Sie kann sich dabei blau färben oder farblos bleiben. Die Quellungsercheinungen sind bei verschiedenen Cellulosebildungen sehr verschieden, sowohl qualitative als intensive. Der Grad derselben wird ausserdem bedingt durch

oxyd und Ammoniak in gleichem Maasse bei längerer Berührung mit Cellulose, die durch Cuoxam. nur blau gefärbt wird, so rührt die Bläuung von einer Einlagerung von Cuoxam. her. Nimmt dagegen vorzugsweise der Gehalt an Kupferoxyd ab, so wird bei der Färbung das Reagens theilweise zersetzt und Kupferoxyd fixirt. — Mit Kupferoxyd imprägnirte Baumwolle löst sich in Cuoxam. eben so leicht wie reine Baumwolle. Ich stellte diesen Versuch an in der vergeblichen Hoffnung, obige Frage auf diese Weise entscheiden zu können. Wie Stärke durch Bleioxyd vor der Einwirkung des Jod geschützt wird, so, dachte ich, hebt vielleicht Kupferoxyd das Lösungsvermögen des Cuoxam. für Cellulose auf. Ich überzeugte mich nachher, dass eben das Kupferoxyd von Cuoxam. auch gelöst wird.

die Concentration ¹⁾ oder die Masse des einwirkenden Reagens. — Beträchtlich ist die Aufquellung bei den Ablagerungen schon in Wasser quellbarer Cellulose im Innern der Epidermiszellen der Quitten- und Lein- saamen, der Saamen von *Collomia* etc., ferner bei der Baumwolle, der Hanf- und Leinfaser ²⁾. Bei den Spiralfasern von *Mammillaria* und den Schleuderzellen von *Arcyria punicea* lässt sich zwar keine messbare Aufquellung nachweisen, allein andere sogleich zu beschreibende Veränderungen lehren, dass auch hier Quellung stattfindet.

Die Spiralfasern von *Mammillaria quadrispina* sind einzeln in einer Zelle, rechts gewunden. Der Steigungswinkel der unveränderten, frei ³⁾ im Wasser liegenden Faser beträgt durchschnittlich etwa 10° . Die Fasern sind bekanntlich sehr breit: Die Weite eines Umlaufes, wie ihn der äussere Rand der Faser beschreibt, ist etwas grösser als die dreifache Breite der Spiralfaser. Durch *Cuoxam.* schwillt die Faser, wie gesagt, nicht oder nicht nachweisbar an, aber die Windungen werden viel höher und in entsprechendem Maasse enger. Der Steigungswinkel beträgt am Schluss der Einwirkung oft 50° , die Weite wenig mehr als die doppelte Breite der Faser. Vergl. Fig. 8 a. b. Eine Drehung der Spirale wird dabei nicht be-

¹⁾ Man hat bei Untersuchungen über diesen Gegenstand darauf zu achten, dass das Reagens bei längerem Gebrauch, namentlich durch öfterem Luftzutritt, einen Theil seiner Wirksamkeit einbüsst.

²⁾ Da in diesen Fällen nachher immer Lösung eintritt, so darf das Reagens nicht zu concentrirt angewendet werden, wenn man die Quellungserscheinungen Schritt für Schritt verfolgen will.

³⁾ Die Spiralfasern, die mir zu Gebote standen, waren in der That frei. Die Zellmembranen hatten sich durch Fäulniss aufgelöst.

obachtet, d. h. die Zahl der Windungen nimmt weder ab noch zu.

Bei *Arcyria punicea* war die Wirkung des Cuoxam. gerade entgegengesetzt. Die Windungen der Spiralfasern wurden niedriger und weiter.

Höchst interessant sind die Quellungserscheinungen der secundären Ablagerungen in den Epidermiszellen der Samen von *Collomia grandiflora*. Die Wandungen der Epidermiszellen sind zunächst continuirlich verdickt durch Schichten quellbarer Cellulose. Innerhalb dieser befinden sich hie und da Ringfasern, gewöhnlich: eine eng gewundene Spiralfaser. Wie auf Zusatz von reinem Wasser treten beim Zusammentreffen des Cuoxam. mit einem nicht gar zu dünnen Querschnitt durch den Samen die continuirlichen Gallertablagerungen aus ihren Behältern heraus, nachdem diese zersprengt worden, und verlängern sich unter stetem Aufquellen wurstförmig. Die Spiralfasern folgen der Ausdehnung der Gallertschichten. Das nächste, was geschieht, ist, dass die Gallertschichten aufgelöst werden. Hierbei contrahirt sich die Spiralfaser, d. h. ihre Windungen werden etwas niedriger und etwas weiter. Eine spiralförmige Drehung findet nicht statt, weder in homodromer noch in antidromer Richtung. Die Zahl der Umläufe bleibt also mit andern Worten dieselbe. Die Contraction der Spirale wird um so lebhafter, je mehr sich die Gallertschichten der völligen Auflösung nähern und dauert selbst nach gänzlichem Verschwinden jener Hülle noch eine Zeit lang fort. Ich schliesse daraus, dass die Ursache der Erhöhung der Schraubenwindungen beim Zutritt von Wasser sowohl als auf Zusatz von Cuoxam. zu einem Querschnitt durch den trockenen Samen nicht

in der Spiralfaser zu suchen ist, sondern in dem grossen Quellungsvermögen der Gallerthülle einerseits und der Adhäsion zwischen der Gallerthülle und der Spiralfaser anderseits. Ich halte dies um so mehr für richtig, als bald nach der völligen Auflösung der Gallertschichten das Cuoxam sichtbar auf die Spiralfaser einzuwirken beginnt. Die Spiralfaser quillt nämlich auf, wird 5—8 mal so dick als sie Anfangs war. Das merkwürdigste aber besteht darin, dass sie in der Folge gerade gestreckt wird. Dies geschieht folgendermassen: Man denke sich ein Seil schraubenförmig um eine Welle gewunden, und darauf ohne alle Reibungswiderstände beweglich. Die Welle werde immer dicker und dicker. Demzufolge müssen sich die Windungen des Seiles continuirlich erweitern. Die Höhe der einzelnen Umläufe wird unverändert bleiben, dagegen die Zahl der Windungen abnehmen. Die Welle kann so dick werden, dass das Seil nur noch einen einzigen Umlauf beschreibt, und ist ihr Durchmesser unendlich geworden, so stellt das Seil eine gerade Linie dar. Genau auf die angegebene Weise sah ich Spiralfasern der Samen von *Collomia grandiflora* sich abwickeln und gerade strecken¹⁾. Zuletzt trat noch Auflösung der Faser ein.

4) Die letzte Art der Einwirkung des Cuoxam. auf Pflanzenzellen besteht darin, dass die Membran

¹⁾ Ich habe im dritten Heft der pflanzenphysiologischen Untersuchungen von C. Nägeli und C. Cramer den Weg anzudeuten gesucht, auf dem man vielleicht zu einer Erklärung solcher Vorgänge gelangt. (Beobachtungen an *Erineum* im trockenen und feuchten Zustand und Versuch einer Erklärung der Spiralrichtung im Pflanzenreich.)

vollständig gelöst wird. In der Regel geht der Auflösung ein Aufquellen voran, zumal wenn das Reagens nicht sehr concentrirt angewendet wird. Concentrirtes Cuoxam. im Ueberschuss mit der Membran in Berührung gebracht, löst dagegen dieselbe oft momentan auf. Ohne Weiteres löslich in Cuoxam. sind verschiedene Samenschleime ¹⁾. Sicher habe ich dies beobachtet bei der Gallerte der Samen von *Collomia grandiflora*. Der Quitten- und Leinsamenschleim scheint sich ebenfalls zu lösen. Die Spiralfasern von *Collomia*-Samen lösen sich leicht. Ebenso verschwinden in Cuoxam. vollständig die Bastfasern des Leins und zwar schon die rohe Faser. Die rohen Bastzellen des Hanfes und die rohe Baumwolle sind zum grössern Theil löslich.

Für wirkliche Löslichkeit im Gegensatz zu blossem Quellungsvermögen schien mir ausser der Filtrirbarkeit der mit Baumwolle behandelten Cuoxam.-Flüssigkeit und dem unleugbaren Verschwinden der Faser beim Zusammentreffen mit dem Reagens unter dem Mikroskop noch ein kräftigerer Beweis nöthig. Ich stellte daher einen endosmotischen Versuch an:

Eine Glasröhre von 12^{mm} Weite wurde mittelst einer Membran von *Caulerpa prolifera*, der grössten einzelligen Pflanze, verschlossen, mit Wasser theilweise gefüllt und in ein Becherglas mit der fraglichen Baumwolllösung in der Weise gestellt, dass das Niveau der Flüssigkeit in der Röhre etwa 3 Centimeter höher stand, als die blaue Flüssigkeit im äussern Ge-

¹⁾ Dass dieselben Cellulose sind, habe ich in dem gleichen 3ten Heft der pflanzenphysiologischen Untersuchung von Nägeli und Cramer bewiesen.

fäss. Nach circa zwei Tagen war die Flüssigkeit am Grund der Röhre intensiv blau gefärbt, oben noch farblos, das Niveau übrigens merklich gesunken. Die Flüssigkeit wurde vorsichtig ausgegossen und mit Salzsäure versetzt. Es entstand ein voluminöser Niederschlag von Cellulose ¹⁾. Um mich zu überzeugen, dass das Sinken des Wassers die Folge eines diosmotischen Austausch, nicht blos einer kleinen Oeffnung in der Membran war, stellte ich mit der gleichen Röhre den umgekehrten Versuch an. Ich füllte die Röhre mit concentrirter Baumwollenlösung, das äussere Gefäss mit Wasser, so jedoch, dass auch diesmal der Flüssigkeitsstand in der Röhre höher (1 Centimeter) war als im äussern Gefäss. Nach 24 Stunden war die äussere Flüssigkeit deutlich blau gefärbt und die Flüssigkeit in der Röhre gestiegen (um 1 Centim.). Sie stieg in den folgenden 10 Stunden noch um weitere 3 Millim. In beiden Fällen fand mithin diosmotischer Austausch statt. Dies beweist aber unwiderleglich, dass die Baumwolle in Cuoxam. löslich ist ²⁾.

¹⁾ Dieser Niederschlag besteht aus ausserordentlich kleinen, bei der stärksten Vergrösserung unmessbaren Partikelchen. Dass er chemisch unveränderliche Cellulose ist geht aus Folgendem hervor. Wascht man den Niederschlag gut aus, befreit denselben mittelst Löschpapier vom überflüssigen Wasser und behandelt ihn mit doppelt Jodzink (siehe Phys. Untersuch. v. Näg. und Cram. Heft III, p. 2, Aum.), so färbt sich die Masse je nach Umständen schön blau oder violett, durch Jod und Schwefelsäure blau, während Jod allein wie auf rohe Baumwolle wirkungslos bleibt. Von anhängenden Papierfasern kam die Färbung, die ich wahrnahm, entschieden nicht her.

²⁾ Der Apparat wurde während der Versuche unter eine Glasglocke gestellt, theils um die Verdunstung des Ammoniaks zu mindern, theils um die Kohlensäure der Luft abzuhalten.

Das Lösungsvermögen des Cuoxam. für Baumwolle ist indessen begrenzt. Behandelt man einen Ueberschuss von Baumwolle einige Minuten lang mit Cuoxam., so verliert dieses nicht nur die Fähigkeit, mehr Baumwolle zu lösen; frisch hinzugesetzte Baumwolle quillt nicht einmal mehr darin auf.

Die weitere Untersuchung lehrt nun, dass in manchem der Fälle, wo die Anwendung von Cuoxam. ohne oder nur von geringem Erfolg ist, Blaufärbung, Quellung und selbst Lösung eintritt, wenn zuerst äussere Hindernisse, welche der Einwirkung des Reagens im Wege stehen, entfernt werden. Ich habe mich bis jetzt mit Untersuchung einiger weniger Fälle begnügt, aber bei der Wahl derselben auf möglichste Verschiedenheit geachtet. Ich fand, dass jene Hindernisse in zwei Categorien zerfallen.

1) Oft wird die Einwirkung ganz verhindert oder mindestens verzögert durch ein dünnes Häutchen, welches die Zelle umgibt und für Cuoxam. entweder undurchdringlich ist oder sich darin wenigstens nicht löst. Die porös verholzten Zellen aus dem Marke von *Hoya carnos*a, ebenso die Bastfasern von *China rubra*, ohne Weiteres mit Cuoxam. in Berührung gebracht, erleiden keine Spur einer Veränderung. Zerdrückt man aber dieselben vor dem Versuch, so werden sie durch das Reagens durchweg blau gefärbt.

Eigenthümlich verhalten sich die Baumwollenfasern und die Bastzellen des Hanfes.

Schon Herr Prof. Schweizer beobachtete durch das Mikroskop, dass die Baumwollenfäden in Cuoxam. von Stelle zu Stelle blasig anschwellen. Bald berüh-

ren sich je zwei Blasen und sind durch glänzende, das Licht stark brechende Ringe verbunden, bald stehen sie mehr oder weniger von einander ab. Zwischen ihnen bemerkt man alsdann kürzere oder längere cylindrische, das Licht ebenfalls stark brechende Balken. Die Entwicklungsgeschichte dieser Blasen und Balken ist nach meinen Untersuchungen folgende. Die Baumwolle stellt ursprünglich lange, in Folge des Austrocknens bandförmige, nicht selten spiralig gedrehte (Fig. 3) oder spiralig gewundene (Fig. 2) Zellen dar. Diese Bänder rollen sich beim ersten Zusammentreffen mit Cuoxam. ab, quellen hernach auf, so dass sie gleichmässig cylindrisch erscheinen. An einzelnen Stellen dauert das Aufquellen fort; diese erweitern sich blasenförmig (Fig. 4). Die Baumwollenfaser windet sich dabei und wird beträchtlich kürzer. In der Regel tritt dann ein Stadium ein, auf welchem quer über die Blase und um dieselbe herumlaufend eine zarte Linie erscheint. (Vergl. Fig. 5). Dieselbe verdoppelt sich sogleich (Fig. 6 a). Beide Linien rücken aus einander, gegen die Pole vorwärts (Fig. 6 b. α, α). Man überzeugt sich leicht, dass jene zarte, sich schnell verdoppelnde Linie durch das ringförmige Zerreißen der äussersten Zellschicht, der Cuticula der Baumwollenfaser erzeugt wird. Haben die Blasen die Cuticula abgestreift, so vergrössern sie sich noch immer fort, theils durch Aufquellen, theils dadurch, dass die noch wenig aufgequollenen secundären Schichten der cylindrischen Zwischenstücke beiderseits heraustreten aus der Cuticula und mit den Blasen verschmelzen. Dabei werden aber die Zwischenstücke kürzer; die Blasen berühren sich zuletzt vollständig. Die glänzenden Ringe zwischen denselben (Fig. 1. r, r, r) be-

stehen aus kurzen röhrenförmigen Stücken der Cuticula, welche in der Richtung der Achse des Baumwollfadens zusammengedrückt sind. — (I, 1, 1, Fig. 1, Zellen lumen). Haben sich die Blasen vollständig gelöst, so gelingt es nicht selten, durch Schieben des Deckgläschens jene Ringe wieder röhrenförmig ausziehen. Die Cuticula zeigt dann noch zahlreiche ringförmige Falten (Fig. 7). Bisweilen zerreisst die Cuticula spiralförmig (Fig. 1, a). Nicht selten bleiben die röhrenförmigen Stücke der Cuticula zweier successiver Zwischenstücke durch unregelmässige Fetzen, oder wenn diese schmal genug sind oder auf der Kante stehen, durch Fasern verbunden (Fig. 7). Es ist möglich, dass die Cuticula bis auf einen gewissen Grad ebenfalls aufquillt; wahrscheinlicher wird sie nur durch die stark aufquellenden secundären Schichten blasig aufgetrieben. Dafür spricht ihr endliches Zerreißen. Ich habe die Ueberreste der Cuticula stundenlang der Einwirkung des Cuoxam. ausgesetzt und die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit erneuert ¹⁾, ohne eine Abnahme der Substanz zu beobachten. Dass sich die Cuticula nach dem Zerreißen wieder auf ihrem frühern Durchmesser contrahirt zeigt: wie gross ihre Elastizität ist ²⁾.

¹⁾ Dadurch, dass ich auf die eine Seite des Deckgläschens Löschpapier, auf die andere einen Tropfen Cuoxam. brachte.

²⁾ Aeusserlich genau wie das Cuoxam. wirkt Schwefelsäure von einem gewissen Concentrationsgrad auf die Baumwolle. Ob dabei zugleich Jod angewendet werde oder nicht, hat natürlich nichts zu sagen. In Schwefelsäure gelegte Baumwollenfäden winden und verkürzen sich, quellen stellenweise blasenförmig auf, während die Cuticula zersprengt und abgestreift wird und jene ring- und spiralförmigen Einschnürungen bildet, die schon Schacht gesehen und

Aehnlich wie die Baumwolle verhält sich die Bastzelle des Hanfes ¹⁾. Auch hier widersteht die äusserste Partie der Zelle der Einwirkung des Cuoxam. und es treten in Folge dessen ganz dieselben Erscheinungen auf, wie bei der Baumwolle, nur nicht so regelmässig. Entzwei gebrochene Hanffasern quellen an den Enden keulenförmig auf. Dabei wird die äusserste unlösliche Zellschicht, vielleicht eine Hülle aus Intercellularsubstanz ²⁾, abgestreift, während die innern Schichten heraustreten, sich am Ende ausbreiten und als in einander geschachtelte Trichter präsentiren, wie die Scheiden von Arthrosiphon.

Auch die Leinfaser ³⁾ wird ungleichmässig ange-

abgebildet (Lehrbuch, Taf. V, 1), aber ihrer Bedeutung nach nicht erkannt hat. Man sollte auch bei mikroschemischen Untersuchungen Entwicklungsgeschichte studiren. — Instructiv ist folgender Versuch: Man bringe auf den Objectträger mehrere Tropfen concentrirtes Cuoxam, lege in die Flüssigkeit etwas Baumwolle, darüber ein Deckgläschen, wiege das letztere auf der sich bildenden Gallerte hin und her, erneuere nöthigen Falles die Flüssigkeit, bis sich die secundären Schichten vollständig gelöst haben und nur noch die Cuticula in Fetzen, wie sie Fig. 7 zeigt, übrig geblieben ist. Man versetzt dann die Masse mit Schwefelsäure, um die gelöste Cellulose auszufällen, wasche den Niederschlag auf dem Objectträger mit reinem Wasser aus, füge darauf ganz wenig Jodtinktur und endlich wieder Schwefelsäure hinzu. Alsdann färbt sich der Niederschlag von Cellulose prächtig blau, die Cuticula auf's Deutlichste gelb. — Der Primordialschlauch löst sich ebenfalls im Cuoxam., kann daher später nicht mehr wahrgenommen werden.

¹⁾ Ich benutzte ein Herbarium-Exemplar.

²⁾ Das Reagens kann nicht wie Salpetersäure etc. als Macerationsmittel zur Isolirung der Zellen eines Gewebes angewendet werden; denn die Intercellularsubstanz wird von Cuoxam. nicht angegriffen. Bei anhaltendem Kochen wird der Cuoxam. natürlich zersetzt.

³⁾ Wurde ebenfalls von einem Herbarium-Exemplar genommen.

griffen, schwillt stellenweise knotig an und verkürzt sich dabei. Später gleichen sich jene Differenzen aus. Eine der Einwirkung trotzen die äussere Hülle konnte ich nicht nachweisen.

Die Baumwolle, der Hauf und die Leinfaser erscheinen vor der Auflösung intensiver gefärbt als das Reagens.

2) Ich hoffte Zellmembranen, welchen fremde Stoffe eingelagert sind, mittelst Cuoxam. die Cellulose entziehen zu können, und auf diese Weise über die Anordnung der Infiltrationssubstanzen Aufschluss zu erhalten. Allein derartige Membranen ¹⁾ erleiden in Berührung mit Cuoxam. keine Spur einer Veränderung. Die Zellstoffkeulen von *Ficus elastica* mussten zuerst durch Salzsäure vom kohlen-sauren Kalk befreit werden, bevor sie sich auch nur blau färbten. In manchen Fällen ist sogar anhaltendes Kochen in Salpetersäure und chlorsaurem Kali nothwendig, damit Cuoxam. einwirke. Kurz, die Reinheit der Cellulose bedingt ebenfalls ihr Verhalten zu Cuoxam. ²⁾.

Durch Kochen mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali werden in Cuoxam. löslich: die porös verdickten Zellen der Birnen, die porös verdickten Zellen aus dem Marke von *Hoya carnosa*, die Spiralfasern aus *Mamillaria quadrispina*, die Bastzellen von *China rubra*, das Holz von *Pinus*, *Quercus*, *Taxus*. Unlöslich er-

¹⁾ Membran von Diatomaceen, Stiel und traubiger Körper der Zellstoffkeulen von *Ficus elastica* etc.

²⁾ Die Schiessbaumwolle löst sich nach Herrn Prof. Schweizer's neuesten, noch nicht publicirten Untersuchungen nicht in Cuoxam. Ich kann dies bestätigen. Selbst unter dem Mikroskop tritt nicht die geringste Veränderung an der Schiessfaser ein auf Zusatz von Cuoxam.

wiesen sich dagegen, selbst nach heftigem Kochen in genanntem Macerationsmittel: Kork und einige einzellige Pflanzen, z. B. *Closterium angustatum* und *juncidum*. Hier trat nicht einmal Bläuung ein.

Die Erscheinungen in den einzelnen Fällen sind folgende:

Die porös verdickten Birnenzellen, welche vor der Behandlung mit chloresaures Kali haltiger Salpetersäure durch Cuoxam. keine Veränderung erleiden, werden nach der Maceration vollständig gelöst und zumal bei möglichster Beschleunigung der Einwirkung des Reagens ganz wie ein Stück Zucker in Wasser. Die Zellen werden continuirlich kleiner. In verdünnterem Cuoxam dagegen quellen sie vor dem Verschwinden auf. Die Auflösung beginnt aussen und schreitet nach innen fort. Bisweilen geht die Auflösung an irgend einer Stelle besonders rasch vor sich, die Zelle rückt dann von dieser Seite weg in der Flüssigkeit vorwärts. (Reaktionswirkung).

Die porös verdickten Zellen aus dem Marke von *Hoya carnosa* nehmen beim Erhitzen mit Salpetersäure und chloresaurem Kali eine gelblich-braune Farbe an, welche die Bläuung der Membran durch Cuoxam. nicht rein erscheinen lässt. Die Lösung erfolgt selbst nach anhaltender Maceration und bei Anwendung des concentrirtesten Cuoxam. schwieriger als bei den Zellen der Birnen. Im Uebrigen stellt sich kein Unterschied heraus.

Die Spiralfasern von *Mamillaria quadrispina* quellen nach der Maceration merklich auf in Cuoxam. Die Windungen werden höher und weiter, zu gleicher Zeit abgewunden, aber nicht ganz wie bei *Collochia*, sondern vom einen Ende her fortschreitend, wie

man einen auf einen Stab gewundenen Faden abwickelt.

Die Bastzellen von *China rubra* quellen nach der Maceration stets auf in Cuoxam. und lösen sich zuletzt vollständig. Die Einwirkung beginnt an der Oberfläche. Eine einzelne Faser kann dabei um ein Drittheil dicker werden. Eine Verlängerung findet entschieden nicht statt, dagegen bisweilen eine Verkürzung, die wie mir schien, selbstständig, nicht bloss Folge der hauptsächlich von beiden Enden fortschreitenden Lösung ist. Die aufgequollene Faser erscheint deutlich blau gefärbt. In gleicher Zeit zeigen sich mehr oder weniger deutlich rings um die Zelle gehende, spiralförmige Streifen. Die Richtung derselben ist vorherrschend Rechtsdrehung, selten Linksdrehung. In verschiedenen Entfernungen von der Zelloberfläche bleibt die Richtung der Streifen meistens dieselbe. Einige Male bemerkte ich deutlich entgegengesetzte Spiralen in verschiedenen Schichten. Die schraubenförmigen Streifen können in der Regel durch mässigen Druck auf das Deckgläschen deutlicher gemacht werden. Bisweilen gelang es mir durch blossen Druck schon an nicht macerischen Chinabastzellen die Streifung nachzuweisen.

Aehnliche spiralförmige Streifen bemerkte ich auch bei der Baumwolle und Leinfaser. Sie waren dort meistens links, hier rechts gewunden.

Tannenholz wird nach der Maceration von Cuoxam kaum blau gefärbt, aber vollständig und leicht gelöst.

Eichenholz löst sich nach der Maceration ebenfalls leicht in Cuoxam. Die Prosenchymzellen verkürzen sich beträchtlich während der Auflösung und un-

abhängig von dieser. Sie lassen dabei links gewundene, spiralförmige Streifen wahrnehmen und winden sich in rechtsläufiger, den Streifen also entgegengesetzter Richtung.

Das Holz von *Taxus baccata* quillt nach dem Erhitzen in Salpetersäure etc. in Cuoxam. ein wenig auf, färbt sich bläulich und wird vollständig gelöst. Selten schienen mir die porösen Verdickungsschichten links gewundene Streifen zu zeigen. Die Poren stehen auf links gewundenen Spiralen. Ich führe diese Thatsachen einstweilen bloss an, behalte mir aber vor, ein anderes mal darauf zurückzukommen.

II. Verhalten der Stärke zu Kupferoxydammoniak.

Die Stärke ist nach Herrn Prof. Schweizers Angabe in Cuoxam. unlöslich, bildet aber bei dem Erhitzen mit dem Reagens einen schönen blauen Kleister, während die Flüssigkeit beinahe entfärbt wird.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte mir, dass die Stärke, schon in der Kälte mit Cuoxam. zusammengebracht, stark aufquillt. Der Durchmesser von Kartoffelstärkekörnern vergrösserte sich auf das $2\frac{1}{2}$ bis 3fache. Die Einwirkung beginnt stets aussen und schreitet nach innen vor. Ich habe dies bei den verschiedensten Stärkearten bestätigt gefunden. Die aufgequollenen Stärkekörner erscheinen stets intensiver blau gefärbt, als die umgebende Flüssigkeit¹⁾. Sie

¹⁾ Alle von mir untersuchten Stärkearten färben sich ungefähr gleich stark durch Cuoxam., aber lange nicht so intensiv wie in einigen Fällen die Cellulose. — Die Stärke würde sich gut eignen zur Entscheidung der pag. 2, Anmerk. 2, angeregten Frage. Weder

bleiben lose neben einander liegen in verdünnterem Cuoxam., bilden dagegen eine cohärente Masse (Kleister) ¹⁾ bei Anwendung einer concentrirten Flüssigkeit. Begiesst man den Kleister mit einem Ueberschuss von Cuoxam., schüttelt die Masse gut durch einander, lässt sie in einem wohl verschlossenen Gefäss eine Zeit lang ruhig stehen und giesst die Flüssigkeit, so weit sie wieder klar geworden ist, ab, so fällt Salzsäure keine Spur von Stärke. Das Amylum quillt also in Cuoxam. bloss auf. Wie das Lösungsvermögen für Cellulose, so ist indessen auch das Vermögen des Cuoxam., Stärke aufquellen zu machen, begrenzt. Wird Cuoxam. mit einer gewissen Menge Stärke zusammengebracht, so quillt diese zwar auf, aber jeder weitere Zusatz von Stärke bleibt unverändert ²⁾.

Die Quellungserscheinungen zeigen nun bei verschiedenen Stärkearten eigenthümliche Modificationen:

A. Einfache Stärkekörner.

1) Die Kartoffelstärkekörner besitzen bekanntlich

schwefelsaures noch unterschwefelsaures Kupferoxydammoniak färben Stärkemehl blau. Es ist dies wichtig, weil das Kupferoxydammoniak von Herrn Prof. Schweizer stets entweder dieses oder jenes Salz enthält, je nachdem zur Darstellung des Reagens Kupfervitriol oder unterschwefelsaures Kupferoxyd angewendet wurde.

¹⁾ In demselben werden bei längerem Stehen zahlreiche dunkelblaue Kryställchen ausgeschieden, welche je nach der Darstellungsweise des Reagens entweder schwefelsaures oder unterschwefelsaures Kupferoxydammoniak sind.

²⁾ Ich nahm zu diesem Versuch absichtlich zwei verschiedene Stärkearten: Kartoffelstärke und Stärke aus dem Rhizon von Canna.

ein excentrisches Centrum (Kern) und geschlossene Schichten. Sie quellen in Cuoxam., wie bereits angegeben, auf das $2\frac{1}{2}$ —3fache der Länge auf. Die Einwirkung beginnt aussen; allein merkwürdiger Weise nicht auf der ganzen Oberfläche zu gleicher Zeit, sondern nur an dem dem Centrum ferneren Ende, das ich Aphelium nennen will. Hier erheben sich eine oder mehrere Warzen dicht neben einander und treten immer weiter heraus (Fig. 9, a, b). Dann stülpt sich auch das entgegengesetzte Ende, das Perihelium aus (Fig. 9, c). Die Quellung schreitet von beiden Enden gegen die Mitte zu vorwärts, ergreift endlich auch die Seitenflächen des Kornes (Fig. 9, d). Im Centrum, welches noch längere Zeit von nicht aufgequollener, daher scharf contourirter Stärkesubstanz umgeben ist, treten bisweilen einzelne Risse auf (Fig. 9, d). Das Cuoxam. frisst immer tiefer hinein. Die schwarzrandige Mitte des Kornes verkleinert sich und verschwindet zuletzt gänzlich. Nicht selten theilt sie sich vor dem Verschwinden (d. h. Aufquellen) in 2 bis 3 Partien, die aber ebenfalls bald durch Quellung unsichtbar werden. Völlig aufgequollene Körner sind unregelmässig gefaltet, zeigen keine deutliche Höhlung im Innern und selten Schichten. Bis zur Bildung von Dextrin geröstete Kartoffelstärke verhält sich zu Cuoxam. wie zu Wasser ¹⁾.

2) Die Stärkekörner aus dem schuppigen Rhizom von *Lathræa squamaria*, die sich von denjenigen der Kartoffel hauptsächlich durch das Vorhandensein eini-

¹⁾ Ich verweise auf das unter der Presse befindliche 2te Heft der physiolog. Untersuchungen von C. Nägeli und C. Cramer (über die Stärke). Gummi wird von Cuoxam. aufgelöst.

ger offenen Schichten im Aphelium unterscheiden, verhalten sich zu Cuoxam. fast ganz wie Kartoffelstärke. Die Einwirkung beginnt in der Regel im Aphelium, darauf stülpt sich auch das Perihelium aus. Seltener fängt die Quellung im Perihel an.

3) Die offenschichtigen, etwas abgeplatteten Stärkekörner aus dem Rhizon von *Canna* mit sehr excentrischem Centrum zeigen in der Hauptsache dasselbe Verhalten wie die Stärke der Kartoffel. Nur quellen die Schichten des Apheliums in ihrer ganzen Breite auf (Fig. 10, a, b), während sich bei den Kartoffelstärkekörnern daselbst häufig nur ein zapfenartiger Vorsprung bildet. Etwas unregelmässig quillt das Perihel auf (Fig. 10, c, d).

4) Die plattgedrückten, von der einen Seite knochenförmigen Stärkekörner aus dem Milchsaft von *Euphorbia splendens* werden zuerst und gleichzeitig an den beiden Enden angegriffen. Sie quellen hier auf und zwar dringt die Einwirkung vom Rande gegen die Mitte der Körner vor. Die häufig gelappten Enden der Körner können das Maximum der Ausdehnung schon erreicht haben, wenn die Einwirkung den Verbindungsbalken ergreift. Sie schreitet auch hier von den beiden Enden gegen die Mitte vorwärts, aber so rasch, dass die gelappten Enden oft momentan aus einander rücken. Ich sah solche Körner auf's Doppelte der Länge anwachsen (Fig. 11, a, b, c).

5) Die linsenförmigen Stärkekörner von *Secale cereale* mit centralem Centrum quellen zuerst am Rande, und zwar rings herum auf. Der Rand wird dabei etwas wellig verbogen (Fig. 12). Hat die Einwirkung auch die innersten Schichten ergriffen, so ist von dem krausen Ansehen der Peripherie wenig mehr

zu bemerken. Eine scharf begrenzte Höhlung im Innern fehlt den aufgequollenen, etwas faltigen Körnern. Die Ausdehnung scheint in radialer und tangentialer Richtung vor sich zu gehen. Der Durchmesser eines Kornes vergrößert sich auf das 2—2½fache.

B. Zusammengesetzte Stärkekörner.

1) Stärkekörner der *Radices hermodactyli* (*Colchicum variegatum*). Die Einwirkung beginnt hier am Rand der Berührungsflächen der Theilkörner (auch an Bruchkörnern), Fig. 13, a, b, c, und schreitet von hier vorwärts. Die Körner quellen entschieden nur in tangentialer Richtung auf (vergl. Fig. 13, b, d) und zwar die Berührungsflächen am stärksten. Die letztern stülpen sich daher ein, und zwischen je 2 aufgequollenen Theilkörnern erscheint ein linsenförmiger Hohlraum (Fig. 13, d, e).

Ebenso verhalten sich die nicht sehr zusammengesetzten Stärkekörner des Hafers. Bei complicirtern Stärkekörnern dieser Pflanze ist die Sache undeutlich.

2) Die sehr zusammengesetzten Stärkekörner von *Tetragonia expansa* ¹⁾ quellen etwa auf's Doppelte der Länge auf. Die Theilkörner erschienen nach dem Aufquellen polyëdrisch, mit einer Höhlung im Innern.

III. Verhalten des Kupferoxydammoniaks zu Inulin.

Das Inulin wird vom Cuoxam. mit Leichtigkeit aufgelöst. Wenigstens verschwinden die Körner unter dem Mikroskop in kurzer Zeit vollständig beim Zusammentreffen mit dem Reagens. Sie quellen dabei

¹⁾ Siehe pflanzenphysiol. Untersuch. von Nägeli und Cramer Heft II.

nicht auf, sondern werden unmittelbar gelöst. Die Lösung beginnt indessen nicht an der Oberfläche, sondern im Centrum. Die Körner werden ausgehöhlt. Vor dem völligen Verschwinden zerfallen die äussersten Schichten häufig in einzelne Stücke, was bei der Kleinheit der Inulinkörner bisweilen zu der irrigen Ansicht führen könnte, als quellen dieselben auf.

IV. Verhalten des Kupferoxydammoniaks zum Zellenkern und Primordialschlauch.

Die Zellen der Schneebeere (*Symphoricarpus racemosus*) enthalten einen wandständigen Kern mit 1 bis 2 Kernkörperchen. Von dem Kerne gehen nach verschiedenen Richtungen scheinbar homogene oder einkörnige Schleimstränge aus, in welchen da und dort, aber selten ein kleines Schleimbläschen eingebettet ist. Die erste Einwirkung des Cuoxam. besteht darin, dass sämtliche Kernkörperchen wie auf einen Zauberschlag verschwinden. Es dauert darauf noch merklich lange, bis das Cuoxam. in grösserer Menge in die Zellen eingedrungen ist und deren Inhalt bläulich erscheinen lässt. Der Kern vergrössert sich dabei nur wenig; dagegen treten in den Protoplasmafäden einzelne Schleimbläschen deutlicher hervor. Bald fängt der Kern an sich zu bewegen. Dies geschieht in Folge des Entzweireissens einzelner Schleimstränge. Jetzt erst quillt der Kern rascher auf, auf's Doppelte seines Durchmessers. Einzelne Schleimbläschen verschmelzen mit ihm; er erreicht den dreifachen Durchmesser, platzt darauf und verschwindet endlich vollständig.

Auch der Primordialschlauch scheint stets gelöst zu werden.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. I.

Vergrößerung 250.

- Fig. 1. Baumwolle in Cuoxam aufgequollen, 1, 1, 1, Zellen lumen.
2. Unveränderte Baumwolle, spiralförmig gewunden.
 3. Ebenfalls, aber spiralförmig gedreht.
 - 4—6. Baumwolle auf verschiedenen Stadien der Einwirkung des Cuoxam.
 7. Die unlösliche, abgestreifte Cuticula der Baumwolle.
 - 8 a. Stück einer in Wasser liegenden Spiralfaser aus *Mamillaria quadrispina*.
 - b. Ein ähnliches Stück nach vollendeter Einwirkung des Cuoxam.
 - 9 a—d. Kartoffelstärkekörner.
 - 10 a—d. Stärke aus dem Rhizom einer *Canna*.
 - 11 a—c. Stärke aus dem Milchsaft von *Euphorbia splendens*.
 12. Ein Stärkekorn aus dem Samen von *Secale cereale*.
 13. Stärkekörner aus der Knollenzwiebel von *Colchicum variegatum* (*Radix hermodactyli*).

