keit scheidet beim Erkalten mehr oder weniger Schwefel ab, dem jedoch schwer- oder nichtlösliche Kryställchen beigemischt sind; gleiches kann bei weiterem Eindampfen der Salzlösung beobachtet werden, es ist pyrophosphorsaurer (und metaphosphorsaurer?) Kalk; obgleich mein Schwefel vollständig flüchtig war und die Natrium-pyrophosphatlösung durch oxalsaures Ammoniak nicht getrübt wurde. Hieraus folgt, daß in einer Auflösung von pyrophosphorsaurem Calcium in Natriumpyrophosphat der Nachweis von Calcium durch Ammoniumoxalat erschwert oder verhindert wird;¹⁾ daß sich aus derartigen Lösungen das Kalksalz mit der Zeit krystallinisch abscheiden kann, ist bereits bekannt.

Das vorerwähnte Verhalten des Schwefels gegen Natriumpyrophosphat liefs vermuten, daß auch die Halogene nicht ohne Einfluss auf dieses Salz seien; das ist auch der Fall und Brom ist schon in der Kälte, etwas mehr in der Wärme, in einer Auflösung von Natriumpyrophosphat löslich und das Verhalten dieser Lösung gegen Silberlösung wie gegen Mineralsäuren zeigt, daß sich Bromnatrium und unterbromigsaures Natrium gebildet haben mußten etwa nach der Gleichung:

wobei x abhängig von Konzentration, Temperatur und Druck ist.

Jod reagiert in ähnlicher, doch schwächerer Weise.

Schließlich sei bemerkt, daß auch auf Di-Natriumorthophosphatlösung die vorerwähnten Elemente nicht ohne Einfluss sind.

Ueber einige neue Kautschukpflanzen.

Von Dr. Gustav Holle-München.

(Eingegangen den 2. Juni 1893.)

Die Verwendung des Kautschuks zu Gefäßen, Schuhen, Fackeln, zum Dichten von Körben etc. scheint bei den Indianerstämmen Südamerikas schon seit sehr alten Zeiten im Gebrauch gewesen zu sein. Zum erstenmale lenkte der französische Reisende L a C o n d a m i n e im Jahre 1751 die Aufmerksamkeit auf die Eigenschaften des süd-

¹⁾ Eine ähnliche Wirkung der Metaphosphorsäure hat Rose beobachtet. Obiger Kalkgehalt entstammt nicht den zum Kochen benutzten Gläsern.

amerikanischen Kautschuks und einige Jahre später veröffentlichte Macquer seine chemischen Untersuchungen über das Kautschuk. Roxburgh, der bekannte englische Botaniker, Arzt und Direktor des botanischen Gartens in Kalkutta, in dessen Hände 1810 indisches Kautschuk gelangt war, machte den Kautschukfeigenbaum (*Ficus elastica* Roxb.) der Industrie dienstbar.

Die Gewinnung des Kautschuks unterliegt in den verschiedenen Produktionsgegenden mannigfachen Methoden. Den durch Anschneiden oder Anbohren der Baumstämme gewonnenen Milchsaft läßt man z. B. in Brasilien gerinnen und trocknet den sich abscheidenden Rahm auf Blechen über gelindem Kohlenfeuer oder man befördert die Ausscheidung der im Milchsaft suspendierten festen Theilchen durch Zusatz von verschiedenen Pflanzensäften, oder Kochsalz, Alaun etc., worauf dann die zusammengeballten Kautschukmassen manchmal an der Sonne getrocknet werden. Hauptsächlich dieser Verschiedenheit in der Behandlung bei der Gewinnung des Rohstoffes verdanken die einzelnen Kautschuksorten ihren besseren oder geringeren Ruf.

Im Jahre 1830 betrug die Menge des in England importierten Kautschuks noch nicht mehr als 454 Zentner, 20 Jahre später, wurden 7784 und 1865 72,537 Zentner eingeführt. Gegenwärtig kommen nach Scherger's Ermittlungen annähernd folgende Massen von Kautschuk in den Handel: aus Zentralamerika 60,000, Assam, Java etc. 40,000, Mosambik 20,000, Borneo 12,000, Madagaskar 5000, Westküste Afrika's 50,000, Para 204,000, zusammen rund 400,000 Zentner im Werthe von ca. 145 Millionen Mark. Deutschland hat in den letzten Jahren verhältnismässig größere Fortschritte in der Kautschukindustrie gemacht, als irgend eines der anderen Länder.

Kautschuk, ein im Pflanzenreiche weitverbreiteter Stoff, wird aus verschiedenen milchsaftführenden Pflanzen der tropischen Zone, welche den Familien der Apocynen, Atrocarpeen und Euphorbiaceen angehören, gewonnen. So sind es namentlich mehrere Siphoniaarten in Südamerika, besonders *Siphonia elastica* Pers. (*Hevea guianensis* Aubl.), *Ficus elastica* Roxb. in Birma, auf Java, Madagaskar, mehrere Landolfaarten in Afrika und Willughbeiaarten auf Borneo, Hinterindien etc., welche bisher als Hauptlieferanten des Kautschuks dienten.

Es muß daher gewiß weiteres Interesse erregen, daß neuerdings von Südamerika aus die Kunde von neuen Stammpflanzen herüberkommt, welche als Kautschuklieferanten wohl noch eine größere Rolle zu spielen berufen sein dürften. So berichtet Journ. Soc. Arts XI. 1020, daß in den letzten Jahren größere Mengen einer neuen Handelssorte, Balata-Kautschuk genannt, von Paramaribo, der Hauptstadt von Niederländisch-Gujana, aus nach England gelangen. Dieses Balata-Kautschuk stamme von dem Milchsafte von *Mimusops globosa* Gärt. und *Mimusops balata* Gärt. aus dem Flußgebiet des Demarara. Diese beiden zur Familie der Sapotaceen gehörigen Spezies scheinen uns neue, reichhaltige Quellen des für Deutschlands Industrie so wichtigen Naturproduktes zu eröffnen, denn die Gewinnung desselben wird sich nicht auf diese beiden Spezies allein beschränken, sondern mehr oder weniger auf sämtliche Arten dieser Familie (von welcher bis jetzt ca. 400 bekannt sind) erstrecken, da sie alle samt und sonders Kautschukmilchsaft enthalten.

Dazu kommt noch, daß die Vertreter dieser Familie über die ganze südliche Hemisphäre verbreitet sind, von Ostindien und Birma über die Sundainseln nach Australien, das gesamte Inselgebiet des stillen Ozeans, ganz Südamerika, Westindien, Centralamerika, Mexiko und hinaufgehend bis in die Südstaaten Nordamerikas. Für uns Deutsche besonders interessant ist, daß Vertreter der Sapotaceen in ganz Afrika, mit Ausnahme des nördlichsten Teiles vorkommen. Vom Kap der guten Hoffnung bis hinauf nach Abessinien und dem Nigergebiet.

Schreiber dieses, welcher vor einigen Jahren die Familie der Sapotaceen in anatomisch-systematischer Hinsicht im botanischen Museum zu München bearbeitete, konnte konstatieren, daß alle Angehörigen dieser Familie mit Milchsaft führenden Schläuchen ausgestattet sind und seine Beobachtungen dahin zusammenfassen, daß alle sterilen Materialien, wie sie vielfach in den Herbarien als Sapotaceen bezeichnet vorhanden sind, nur dann als solche anzuerkennen sind, wenn sie neben einzelligen, zweiarmligen Haaren mit Milchsaftschläuchen und eigentümlichen, in den Zellen des Blattfleisches vorkommenden, tropfenförmigen Kautschukkörpern versehen sind, und daß es dadurch möglich ist, jede sterile Sapotacee als Familien-

angehörige mittels eines einzigen Querschnittpräparates aus dem Blatte mit vollster Sicherheit zu erkennen, wie andererseits Unzugehöriges mit eben solcher Sicherheit zurückzuweisen.

Wiederholt war Gelegenheit gegeben, von diesem wichtigen Ergebnisse an dem der Untersuchung unterliegenden Materiale Anwendung zu machen und verschiedene als Sapotaceen in den Herbarien bezeichnete Zweigstücke als nicht zu denselben gehörig auszuschießen. Die weitere Untersuchung liefs dann die Zugehörigkeit solcher Pflanzen zu bestimmten anderen Familien meist unschwer feststellen.

Das Untersuchungsmaterial, welches hierzu benutzt wurde, war ein besonders reichhaltiges und wertvolles. Es umfaßte die Sapotaceen des königlichen botanischen Museums zu München, des Herbar. Delessert, Herbar. De Candolle, Herbar. Boissier zu Genf, Herbar. Grisebach zu Göttingen, Herbar. des k. k. Hofmuseums zu Wien, des Herbar. Warming zu Kopenhagen, Herbar. Pierre zu Paris, Herbar. Martius zu Brüssel, einzelne Sapotaceen des botanischen Gartens zu Breslau und war von Herrn Dr. L. Radlkofer, Professor der Botanik an der Universität München, welchem dieses Material zu seinen eigenen, auch nach der Aufstellung der in Durand's Ind. Gen. Phan. gegebenen Uebersicht der Sapotaceengattungen noch fortgesetzten Studien gedient hat, kritisch gesichtet worden und mir in liebenswürdigster Weise zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt worden.

Es mag hier nicht unerwähnt bleiben, daß in der von Herrn Professor Pierre in Paris übersandten Sammlung sich viele neue Arten, aus Tonkin, Neucaledonien, sowie von der Angolaexpedition befanden.

Was nun die Milchsaftschläuche selbst betrifft, so werden diese zum ersten Mal in De Bary's vergleichender Anatomie besprochen auf Grund von Axenuntersuchungen, welche dessen Schüler K. Wilhelm über dieselben in der Axe von *Bumelia tenax* Willd., *Sideroxylon mastichodendron* Jacq. und *Palaquium Gutta* H. Baill. angestellt hat. (Der Milchsaft letztgenannten Baumes wird schon seit längerer Zeit in Ostindien zur Kautschukgewinnung benutzt.)

K. Wilhelm hat bereits die Natur dieser Milchsaftbehälter im Großen und Ganzen richtig erkannt. Sie sind nach ihm vollständig

geschlossene Zellen, welche von dem sie umgebenden Parenchym nur durch den besondern Inhalt verschieden sind. In der Axe kommen sie in der primären wie sekundären Rinde, wie auch im Marke vor. Im Blatte begleiten sie meist die Gefäßbündel.

Ich fand nun bei meinen Untersuchungen, deren Produkt mehr als 1000 mikroskopische Präparate waren, daß diese Sekretschläuche, welche in Längsreihen angeordnet sind, zuweilen Gefäßsnatur zeigen. Bei eingehender Untersuchung zeigte es sich, daß die Querwände der Milchschaftschläuche zuweilen mit denselben deutlichen, einfachen, kreisrunden Perforationen versehen sind, welche bei vielen Holzgewächsen an den horizontalen Zwischenwänden der Gefäßzellen vorkommen. Professor Vesque in Paris hegt auf pag. 258 seiner *caractères principales familles gamopétales* ähnliche Vermutungen, läßt aber die Thatsache zweifelhaft und hält es für möglich, daß diese Durchbrechungen der Querwände auf Verletzungen mit dem Messer bei der Präparation zurückzuführen seien.

Bezüglich des Inhalts der Milchschaftschläuche bei den Sapotaceen ist zu sagen, daß derselbe den Charakter einer Emulsion besitzt und bei frischem, dem botanischen Garten zu München entstammenden Materiale, einer weißen, dicken Milch ähnlich ist, welche durch kleine, in der Sekretflüssigkeit suspendierte Kautschukteilchen, ähnlich wie die Butterkügelchen in der Kuhmilch, gebildet wird.

Die gründliche Untersuchung dieser für sämtliche Sapotaceen charakteristischen Milchschaftschläuche führte noch zu einem andern interessanten Ergebnis. Es zeigte sich nämlich bei der näheren Betrachtung des beim Herbarmaterial eingetrockneten Sekretes, daß die meisten Milchschaftschläuche neben dem erwähnten gummiharzigen Inhalt auch einen feinkörnigen Krystallsand von Calciumoxalat enthalten. Es kommen Schläuche vor, welche fast nur ganz reinen Krystallsand enthalten, sowie solche, in welchen mehr oder weniger Sand und Sekret gemischt sind. Außerdem scheinen manche bloß Sekret zu enthalten. Die viel Krystallsand enthaltenden Schläuche erscheinen unter dem Mikroskope meist etwas schwächer und deutlicher wie die reinen Sekretschläuche. Ihr Verlauf und auch ihre Gestalt ist denselben sonst aber analog. Ob in denjenigen Schläuchen, welche dem Auge als reine Sekretschläuche erscheinen,

nicht auch geringe Mengen von Krystallsand vorkommen, bleibe dahingestellt.

Der in diesen Schläuchen enthaltene Krystallsand wird von Essigsäure nicht angegriffen, von Salzsäure jedoch vollständig gelöst, so daß dadurch die Schläuche sich manchmal gänzlich dem Auge entziehen. Schwefelsäure läßt sofort die charakteristischen Gypsnadeln anschiefen. Die anderen Schläuche, bei welchen der Milchsaft als Inhalt überwiegt, verlieren bei der Behandlung mit Salzsäure etwas an Volumen und werden lichter. Die nachträgliche Zugabe von Schwefelsäure läßt auch hier Gypsnadeln erkennen. Der restierende krumöse Inhalt zeigt ähnliches Verhalten, wie die schon erwähnten tropfenförmigen Kautschukkörper in den chlorophyllhaltigen Zellen des Blattfleisches, indem er mit Alkohol etwas aufquillt und in Chloroform sich leicht löst.

Die Untersuchung im polarisierten Lichte kann über den Inhalt der Schläuche keinen zuverlässigen Aufschluß geben, da sowohl die Krystalle des Sandes als auch die in den Sekretschläuchen suspendierten kleinen Kautschukmassen sich als doppelbrechend erweisen, und zwar vor und nach der Behandlung mit Javelle'scher Lauge. Doch erscheinen die mit reichlichem Krystallsand versehenen Schläuche unter dem polarisierten Lichte mehr „milchstraßenähnlich leuchtend“ als die Schläuche, welche überwiegend Milchsaft enthalten.

Es dürfte hier auch noch am Platze sein, einige Worte über die schon erwähnten, für die Charakteristik der Sapotaceen so bemerkenswerten Kautschukkörper zu sagen. Professor Radlkofer, welcher zuerst auf das Vorkommen derselben bei den Sapotaceen aufmerksam machte, sagt darüber:*) „Außerdem finden sich unregelmäßig geformte, das Licht doppelt brechende Massen in fast allen Zellen des Blattfleisches, einzeln oder zu mehreren, in den Pallisadenzellen häufig zu zweit oder zu dritt. Ebensolche Massen finden sich in den älteren Blättern gewisser Sapotaceen, bei Arten von *Mimusops*, bei *Sideroxylon inerme* L., bei *Achras Sapota* L., bei welchen sie sich nach an lebendem und trockenem Materiale vorgenommener näherer Untersuchung als Kautschukmassen erwiesen haben. Dieselben färben sich durch wässerige Jodlösung gelblich

*) Gelegentlich der Ueberführung von *Reptonia* zu den Sapotaceen. Sitz.-Ber. der k. bayer. Akademie der Wissenschaften v. 1889 pag. 267.

und verändern sich durch konzentrierte Schwefelsäure nicht weiter; Javelle'sche Lauge, Kaliumhydrat und Alkohol lassen sie unberührt; in Äther verändern sie nur ihre Form, ohne sich zu lösen; beim Erwärmen schmelzen sie und stärkeres Erhitzen macht sie verschwinden; mehr oder weniger löslich zeigen sie sich in Chloroform, in Schwefelkohlenstoff und namentlich in Benzol. Nach all dem sind dieselben wohl zweifellos, wenigstens der Hauptsache nach, als aus Kautschuk bestehend anzusehen und für die Kennzeichnung sterilen oder sonst zweifelhaften Sapotaceenmaterials darf denselben unter allen Umständen wohl sicherlich eine entscheidende Wichtigkeit beigemessen werden“.

Die Anwesenheit dieser Kautschukkörper im Innern der Parenchymzellen giebt uns den Beweis, daß dieselben ein Endprodukt der den Sapotaceen zukommenden eigenthümlichen Assimilationsenergie sind. Zum Aufbau des Pflanzenkörpers einstweilen nicht weiter nötig, werden diese Kautschukteilchen in die Sekretbehälter, hier die Milchsaftschläuche abgelagert. Die Lage dieser Schläuche nun, welche fast ausnahmslos an die Gefäßbündelstränge sich anlehnend zeigen, läßt die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß der Transport der in der Zelle bereits fertig gebildeten Kautschukkörper nicht auf direktem Wege in die zunächst benachbarten Schlauchzellen erfolgt, sondern daß ähnlich den andern notwendigen Nahrungsstoffen, den Kohlenhydraten und Eiweißstoffen, welche ja ebenfalls in den grünen Parenchymzellen gebildet werden, ein Eintritt dieser Kautschukteilchen in den Adern- und Venenkreislauf des Pflanzenkörpers stattfindet und erst von hier aus die Absonderung als Milchsaft in die an die Gefäßbündel sich anlehnenden Schläuche erfolgt. Weisen doch ohnedies alle Verhältnisse darauf hin, daß die Natur in der Chemie der Pflanze fast niemals den direkten Weg, sondern immer mehr oder weniger Umwege wählt.

Gleichzeitig mit der Absonderung des Milchsaftes scheint der Eintritt des Kalkoxalats in die Schläuche zu erfolgen. Ob dasselbe bei der Bildung der Kautschukkörper oder dem Transporte und der Ausscheidung derselben irgend welche Rolle spielt, kann allenfalls nur vermutet werden. Auf jeden Fall bleibt die gleichzeitige Anwesenheit eines feinen Krystallsandes neben dem Kautschuksekrete in den Milchsaftschläuchen bemerkenswert, nachdem sich im ganzen

Pflanzenkörper der Sapotaceen zahlreiche Krystallablagerungen von Kalkoxalat in Gestalt von schön geformten Drusen und Einzelkrystallen vorfinden. Das schon vorhin erwähnte Vorkommen einzelner Milchsaftschläuche, in welchen sich teils nur reiner Krystallsand, teils solcher mit wenig Milchsaff gemischt vorfindet, neben solchen mit überwiegend Milchsaff enthaltenden, läßt die Thatsache faßt als sicher erscheinen, daß hier der Milchsaff unter gewissen Verhältnissen, vielleicht bei Wasser- oder sonst geeignetem Nahrungsmangel, die Rolle eines Reservematerials zu übernehmen hat. Der flüssige Milchsaff wird in solchen Fällen von dem Organismus wieder aufgenommen und verwertet, während der als Abscheidungsprodukt anzusehende oxalsaure Kalk als feiner Krystallsand, nachdem ihm durch das Entweichen des Milchsaffes das zur Lösung nötige Mittel entzogen, zurückbleibt.

In biologischer Hinsicht scheint also auch der Milchsaff der Sapotaceen die Aufgabe zu erfüllen, seine Wirte geeignet zu machen in den oft lange Zeit wasserarmen, von glühender Sonne durchfluteten Tropen erfolgreich den Kampf ums Dasein zu führen. Hierzu scheinen die Vertreter dieser Familie auch in anderer Richtung gut ausgerüstet zu sein. Eine große Anzahl Arten besitzt lederartige Blätter mit glänzender Oberfläche, während die Unterseite dicht mit zweiarmigen Haaren besetzt ist, sodaß die Verdunstung des aufgenommenen Wassers möglichst verhindert wird. Zudem besitzt eine große Anzahl Arten, namentlich solche aus den Gattungen *Mimusops*, *Palaquium*, *Bassia*, *Sideroxylon* ein oft mehrschichtiges, großzelliges und derbwandiges Hypoderm, welches als Wassergewebe anzusehen ist und den Zweck hat, als Wasserreservoir für die Blätter zu dienen.

Alle diese erwähnten Eigenschaften dürften wohl geeignet sein, gerade die Vertreter dieser Familie als Kulturpflanzen für unsere Kolonien wichtig erscheinen zu lassen und Deutschland, welches einer der Hauptproduzenten in der Kautschukindustrie ist, in den Stand zu setzen, seine Millionen, welche es jetzt für den Rohstoff an andere Nationen hinausgibt, dem eigenen Lande zuzuwenden.