Ueber die Bedeutung des Milch- und Schleimsaftes für die Beseitigung des überschüssigen Calziums, Ein Beitrag zur Exkretphysiologie der höheren Pflanzen.

Von ALBIN ONKEN (Würzburg).

In vorliegender Arbeit ist auf STAHL's Anregung der Versuch unternommen, der Frage nach einer Funktion des Milchsaftes von e x k r e t physiologischer Seite näher zu kommen. Der Gedanke, die Milchröhren als Exkretbehälter anzusprechen, ist keineswegs neu (1). Indessen liegen keine diesbezüglichen Einzeluntersuchungen vor und wo immer von dieser Funktion summarisch die Rede ist (2), denkt man durchweg nur an die organischen Substanzen des Milchsaftes und lässt die anorganischen Anteile unberücksichtigt.

Diese Denkweise ist ohne weiteres verständlich, da die Menge der Aschenbestandteile im Verhältnis zu der als Exkrete möglicherweise inbetracgt kommenden organischen Stoffe (3) im allgemeinen gering ist, wie dies jede Milchsaftanalyse dartut.

Anderseits machen aber schon De BARY (4) und SCHULLERUS (5) auf massenhaftes Vorkommen wasserlöslicher Kalksalze - vornehmlich Malate - im Milchsaft von *Euphorbia Lathyris* aufmerksam, und MOLISCH (6) hat sodann für eine ganze Reihe milchender Gewächse aus verschiedenen Familien einen mehr oder weniger grossen Calcium-Gehalt ihres Latex mikro- und zum Teil auch makrochemisch nachgewiesen(7).

Des weiteren betont bereits De BARY (8), dass sich "innere Sekretbehälter", zu denen er auch die Calciumoxalat führenden Kristallschläuche rechnet, und Milchsaftröhren gegenseitig ausschliessen; er versucht aber nicht, diese beiden Tatsachen (den z.T. grossen Ca-Gehalt der Milchröhren und ihr Vikariieren mit den Kristallschläuchen) in einen Kausalzusammenhang zu bringen und womöglich physiologisch auszuwerten. Hier hat unsere Untersuchung einzusetzen, in die abgesehen von der Oxalatbildung natürlich auch die anderen Möglichkeiten, die der Pflanze zur Beseitigung des Kalk-Überschusses zur Verfügung stehen, einbezogen werden müssen.

Wenn wir nunmehr von exkretphysiologischer Seite an das Latex-Problem herantreten und ihm speziell unter dem Gesichtspunkt der Kalkfrage näher zu kommen suchen, so machen wir uns von vorn herein kein Hehl daraus, bestenfalls nur einen Beitrag zur Lösung desselben liefern zu können. Nicht nur, dass wir bei einem quantitativ und qualitativ so heterogenen Gebilde, wie es der Milchsaft ist, u. E. niemals d i e Funktion werden aufzeigen können, sondern es kaum möglich sein wird, auch nur e i n e der verschiedenen Funktionen des Latex s c h l e c h t-

(1) Von einer begriffskritischen Erörterung der Termini "Sekret" und "Exkret" muss hier abgesehen und auf die Zusammenstellung bei ARTHUR MEYER (Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere I (1920) p. 307 ff verwiesen werden. Ferner finden sich einige Angaben in C. K. SCHNEIDER, Ill. Handwörterb. d. Bot. 2. Aufl. (1917), herausgeg. v. LINSBAUER. - Uns erscheint es am praktischsten, anlehnend an die ZIEGLER'sche und STAHL'sche Gebrauchsweise die Unterscheidung in physiologisch-ökologischer Beziehung zu treffen, derart, dass die dem direkten Stoffwechsel auf mehr oder weniger lange Zeit entzogenen, im Organismus verbleibenden, ernährungsphysiologisch noch verwertbaren und gegebenenfalls in jenen wieder eintretenden Stoffe als S e k r e t e bezeichnet werden, demgegenüber die im Pflanzenkörper abgelagerten oder nach aussen beförderten Stoffe, die zwar ernährungsphysiologisch bedeutungslos, ökologisch jedoch für die Pflanze von Bedeutung sind oder doch sein können, E x k r e t e genannt werden. Dass sich eine absolute feste Grenze nicht ziehen lässt, versteht sich von selbst.

h i n absolut sicher zu stellen. In dieser Annahme werden wir bestärkt, wenn wir uns daran erinnern, dass den Pflanzen zur Beseitigung eines etwaigen Kalk-Überschusses vielfach mehrere Wege nebeneinander zur Verfügung stehen und auch nebeneinander benützt werden und dass nach MOLISCH (9) "in vielen Milchsäften viel Kalk, in vielen wenig und bei manchen kein Kalk nachgewiesen werden konnte" (10). Es steht mithin a priori zu erwarten, dass der Michsaft in einer Reihe von Fällen - womöglich oder gar wahrscheinlich neben andern Funktionen - als typischer Kalkspeicher dient, in andern Fällen hingegen nur in geringem Masse, in wieder andern gar nicht mit dieser Funktion betraut ist.

Es sei an dieser Stelle einiges über die verschiedenen Möglichkeiten, die den Pflanzen zur Beseitigung ihres Kalküberschusses zur Verfügung stehen, gesagt. An erster Stelle ist die Ablagerung als Calciumoxalat, sei es in der Membran, sei es, wie es meistens der Fall ist, im Lumen der Zelle, zu nennen, die ja bekanntlich im Pflanzenreich sehr verbreitet ist. Bezüglich der interessanten, oft behandelten Frage nach der Beziehung zwischen dem Calcium und der Oxalsäure sei auf die einschlägigen Original-Arbeiten und die historisch-kritischen Zusammenfassungen verwiesen (11), woselbst weitere Literatur angegeben ist.

Eine zweite, allerdings erheblich weniger vorkommende Art der Kalkbeseitigung ist durch die Möglichkeit der Carbonatbildung gegeben. Dabei ist es für unsere Frage gleichgiltig, ob es an der Oberfläche (12) oder im Innern der Pflanze entsteht. Als Orte der Calcium-Karbonateinlagerung kommen bekanntlich vornehmlich die Cystolithen und Cystolithen-Haare in Betracht, nur sie sind, von wenigen anderen Fällen abgesehen, in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt.

Als dritte Form der Kalkreinigung möchte ich - im Anschluss an STAHL (13) - die Ausscheidung des Kalkreichtums mit der Guttations-Flüssigkeit nennen. In welchem Masse die Guttation an der Beseitigung des überschüssigen Calciums beteiligt ist, muss allerdings durch quantitative Untersuchungen noch klar gestellt werden. Diese Versuche würden sich erstens über die ganze Vegetationsperiode bzw. Lebensdauer der gewählten Pflanze zu erstrecken haben (eben um den Gesamtertrag des in der Ausscheidungsflüssigkeit enthaltenen Calciums zu erfassen), zweitens, um Mittelwerte zu erhalten, mit mehreren möglichst gleichwertigen Objekten derselben Spezies durchzuführen und drittens und vor allem auch auf eine quantitative Bestimmung des in der Asche der Versuchspflanzen enthaltenen Calciums auszudehnen sein (14).

Ob bei Berücksichtigung dieser Momente sich die Bedeutung der Guttation für die Beseitigung speziell des überschüssigen Calciums als so gering erweist, wie es heute vielfach angenommen wird, darf wohl bezweifelt werden.

Neben den Hydathoden sollen nach DELEANO (15), Severini (16) und MAZE (17) auch die Wurzeln an der Ausscheidung mineralischer und organischer Stoffe beteiligt sein; diese Möglichkeit ist im folgenden nicht berücksichtigt.

Schlieslich könnte das zum Aufbau nicht verwendete Calcium in Form löslicher Salze im Zellsaft belassen sein. In diesem Fall kann natürlich von einer Kalk-Beseitigung nicht die Rede sein, auch von einer Speicherung [1] wird man nicht sprechen können; denn einmal wäre das Calcium in diesem Falle doch ein (möglicher Weise sogar integrierender) Bestandteil des Zellsaftes und als solcher für die osmotischen Verhältnisse und damit für das Lebensgetriebe schlechthin von mehr oder weniger grosser Bedeutung und zum andern sind, soweit mir bekannt, die Mengen der im Zellsaft gelösten Kalksalze v e r h ä l t n i s m ä s s i g gering. Es kommt hinzu, dass und die diesbezüglichen Reaktionen keinen Aufschluss darüber geben, inwieweit die ausgefällten Kalksalze (Sulfat und Oxalat) von einem eventuellen Kalküberschuss und inwieweit sie von dem am Aufbau beteiligten Calciumverbindungen (etwa Pectaten oder Komponenten der Globoide) herrühren.

---

1) Unter Speicherung verstehen wir eine vorübergehende oder dauernde Anhäufung eines oder mehrerer Stoffe in bestimmten, anatomisch wohl charakterisierten Behältern. Im ersten Fall wird es sich wesentlich um ernährungsphysiologisch verwertbare Stoffe (Sekrete), im zweiten Fall um in diesem Sinn unbrauchbare Stoffe (Exkrete) handeln.

Trotz dieser Unsicherheit und trotz später zu erör-ternder methodischer Schwierigkeiten werden wir gerade für die vorliegende Arbeit eventuell im Zellsaft gelöst enthaltene Kalksalze wohl zu berücksichtigen haben, da wir ein gewisses Gewebselement, in unserm Falle die Milch- und Schleimröhren - einschliesslich ähnlicher Exkretbehälter - nur dann als Kalkspeicher anzusprechen berechtigt sind, wenn sie erheblich m e h r Calcium enthalten als die übrigen Gewebe.

Nach diesen Vorbemerkungen zum eigentlichen Thema formulieren wir nunmehr unsere

Fragestellung

folgendermassen:

1. Ist das Fehlen oder Zurücktreten des Calciumoxalats in den mit Milch- oder Schleimröhren oder ähnlichen Exkretbehältern ausgestatteten Pflanzen eine allgemein verbreitete Eigenschaft?

2. Sind bei den infrage stehenden Pflanzen andere Möglichkeiten der Kalkbeseitigung gegeben?

3a. Fungieren die Inhalte der entwickelungsgesch-ichtlich-anatomisch z.T. verschiedenen Exkretbehälter als Kalkspeicher?

3b. und sind die Behälter in dieser Beziehung als annähernd gleichwertig zu betrachten?

Mit der Fragestellung ist auch der

Gang der Arbeit

gegeben. Es ist das Material

1. auf Calciumoxalat,

2. auf Calciumcarbonat, auf Guttation (gegeben Falls ist die Ausscheidungsflüssigkeit auf Calcium zu prüfen) und auf gelöste Kalksalze zu untersuchen und

3. der Milch- oder Schleimsaft auf Calcium in Form gelöster oder ungelöster Salze zu prüfen.

Der Mitteilung der Untersuchungen seien einige Worte über

DAS MATERIAL UND DIE METHODEN

vorausgeschickt. Jenes entstammt z.T. dem Jenaer, z.T. dem Freiburger botanischen Garten oder den Gewächshäusern dieser Gärten und ist grossenteils zur Blütezeit der betreffenden Pflanzen oder kurz vorher, seltener nachher untersucht. Es wurden im allgemeinen mittelgrosse Blätter und Stengel mittlerer Dicke gewählt. Die zu untersuchenden Schnitte wurden stets in grösserer Zahl angefertigt und möglichst verschiedenen Stellen entnommen. Die Beobachtungen über die Guttation sind zum grossen Teil in den frühen Morgenstunden des Augustmonats 1916 gemacht worden.

Zum a n a t o m i s c h e n Teil der Untersuchungen ist bezüglich der Methode kaum etwas zu bemerken. Die Schnitte wurden in destilliertem Wasser und dann in etwa 5%iger chemisch reiner Essigsäure untersucht. Das Calciumcarbonat fand, wie bereits erwähnt, im allgemeinen nur dort Berücksichtigung, wo es in grösserer Menge, meist in Cystolithen oder in Cystolith-Haaren auftrat. - Wenn infolge schlecht ausgebildeter Formen der Kristalle über ihre stoffliche Natur Zweifel entstanden, wurde das Präparat mit etwa 3%iger chemisch reiner Schwefelsäure behandelt. Allerdings werden so nicht alle Zweifel behoben, da bekanntlich gerade die winzigen Oxalatkristalle unbestimmter Form, wenn sie in geringer Menge vorhanden sind, von Schwefelsäure vielfach nicht gelöst und in Gips übergeführt werden (18).

Was die chemische Untersuchung anbelangt, so wurden 1 - 2 Tropfen des frisch ausfliessenden Safts auf einen gründlich gesäuberten Objektträger gebracht, mit einem Tropfen 3 - 5%iger chemisch reiner Schefelsäure versetzt und nach einiger Zeit beobachtet, ob und in welcher Menge Gips ausgefallen war. Versuchsweise dienten einige male Natriumcarbonat (19), ferner Kalilauge bzw. ein Gemisch aus dieser und Kaliumcarbonat (20)als Reagens auf Calcium, zwei Methoden, die nach gemachten Erfahrungen der Schwefelsäure-Reaktion jedoch nicht gleichwertig sind.

Um einer Verwechselung der Gipsnadeln mit etwaigen Alkaloid-Ausfällungen vor-

zubeugen, wurde, soweit die Menge dazu reichte, neben der mikrochemischen Untersuchung stets eine Veraschung des Safts auf einem Platinblech vorgenommen. Den Rückstand nahm ich mit reiner, etwa 5%iger Essigsäure auf, führte die Lösung mittels einer feinen Pipette in ein enges Reagensglas über und versetzte sie mit einigen Tropfen einer Lösung von etwa 5%igem Ammoniumoxalat. Eine ± starke Trübung oder Ausfällung zeigt einen grösseren oder geringeren Calciumgehalt des Saftes an.

Die Ausscheidungsflüssigkeit wurde im allgemeinen nur mikrochemisch auf Calcium geprüft; nur wo die Reaktion zweifelhaft ausfiel, wurde sie, falls eine genügende Menge gesammelt werden konnte, auch makrochemisch untersucht.

Wie bereits kurz angedeutet, stellen sich beim Nachweis der im Zellsaft eventuell vorkommenden gelösten Calcium-Verbindungen Schwierigkeiten ein. Diese sind zunächst ganz allgemein dadurch bedingt, dass der Milch- oder Schleimsaft nicht restlos austritt; auch ein mehrfaches Waschen der Schnitte mit destilliertem Wasser kann diesen Übelstand nicht völlig beseitigen. Durch den eventuellen Kalkgehalt der in den Schnitten verbliebenen Saftspuren kann das Resultat sehr wohl beeinflusst werden. Weiter wird das Ergebnis und zwar in gleichem Sinne dadurch abgeändert, dass ja, wie bereits erwähnt, auch das zum Aufbau benützte Calcium ausgefällt wird. Diese beiden Momente sind bei der Bewertung der Ergebnisse wohl in Rechnung zu stellen. Zu dieser Unsicherheit kommt eine weitere viel schwerer wiegende in allen Fällen, in denen im Gewebe geformte Kalksalze (Oxalat oder Carbonat) abgelagert sind; u. E. wird hier jedes Resultat bezüglich der gelösten Kalksalze illusorisch; eine diesbezügliche Untersuchung der Gewebe ist in diesen Fällen im allgemeinen nicht ausgeführt worden.

Dass die benützten Reagentien und das destillierte Wasser von Zeit zu Zeit durch blinde Versuche auf ihre chemische Reinheit geprüft wurden, ist selbstverständlich. Erwähnt sei nur noch, dass ich das Guttationswasser mit wenig Ausnahmen nur von solchen Pflanzen sammelte, deren Blätter am vorhergehenden Abend mit destilliertem Wasser sorgfältig abgewaschen, rasch mit aschefreiem Filtrierpapier abgetupft und darauf mit einer Glasglocke überdeckt worden waren.

Bezüglich der Mitteilung der

Untersuchungen

sei bemerkt, dass, um Wiederholungen zu vermeiden, von einer Gliederung in einen anatomischen und einen chemischen Teil abgesehen wurde. Aus dem gleichen Grunde sind die Beobachtungen über den Nitratgehalt (21) und über die Reaktion des Saftes auf Lackmuspapier direkt angeschlossen, obgleich sie zum Thema nicht weiter in Beziehung stehen dürften.

Für die vorliegende Arbeit kommen einmal die mit Milchröhren oder ähnlichen Exkretbehältern ausgestatteten Dikotyledonen, Musaceen und Aroideen, und sodann die schleimsaftführenden Liliifloren inbetracht. Von den dikotylen Pflanzen bespreche ich

I. FORMEN MIT UNGEGLIEDERTEN MILCHRÖHREN,

von denen die

EUPHORBIACEEN

an den Anfang gestellt seien. Auf die z.T. reiche, anatomisch wechselnde Ausbildung des innern sekretorischen Systems ist hier nicht einzugehen; man mag darüber bei SOLEREDER (22) nachlesen. - Untersucht wurden von den hierher gehörigen Formen eine grössere Anzahl Vertreter der Gattung *Euphorbia*, ferner Angehörige der Gattungen *Mercurialis*, *Ricinus* und *Codiaeum*.

Bekanntlich kommen bei den Euphorbiaceen Carbonateinlagerungen (23) nicht vor; Guttation habe ich nur einmal an den jüngsten Blättern von *Euphorbia Paplus* gefunden. Diese beiden Arten der Kalkbeseitigung kommen also für die *Euphorbiaceae* praktisch nicht infrage. Bei einer ganzen Anzahl von *Euphorbia*-Arten, wohl bei der weitaus grössten Zahl, fehlt ferner das Oxalat entweder ganz, oder es tritt mehr oder weniger zurück. Da endlich gelöste Kalksalze im Gewebe nur spurenweise vorhanden sind, so kommt für die Gattung *Euphorbia* im wesentlichen nur der Milchsaft als Kalkspeicher in Betracht.

Im einzelnen ergaben die Untersuchungen folgendes:

Der hohe Kalkgehalt des Milchsaftes von *Euphorbia Lathyris* wurde mikro- und makrochemisch bestätigt (24). Im ersten Fall war das Gesichtsfeld schon kurz nach dem Zugeben der Schwefelsäure mit einem Gewirr ± grosser Gipsnadelbündel übersät; ihre Bildung beginnt - das gilt ganz allgemein - am Rande des Tropfens und schreitet dann nach innen zu fort. Makrochemisch liefern schon wenige Tropfen des stark ausfliessenden Saftes einen dicken weissen Niederschlag von Oxalat. - Was das spontane Auskristallisieren des Calciummalats (nach FLÜCKIGER) aus den an der Luft befindlichen Milchsaftröhren anbelangt, wie es von De BARY, SCHULLERUS und MOLISCH beobachtet wurde, so sei dazu bemerkt, dass ich es Ende Mai in erstjährigen Freilandpflanzen auch verfolgen konnte, dass es hingegen im Latex zweijähriger Exemplare, obwohl vom gleichen Standort genommen, sowie im Saft junger Pflanzen, die ausser den Keimblättern nur 2 weitere Blätter entwickelt hatten, und die im Warmhaus bei einer mittleren Temperatur von etwa 25 Grad ausgekeimt waren, ausblieb. Die im ersten Fall gebildeten Kristalle, besser Kristall-Aggregate, ähneln z.T. den von MOLISCH (25) wiedergegebenen, z.T. sind es ± kleine stäbchenartige Gebilde, dann wieder büschel- oder garbenartige, endlich ganz unregelmässige, klumpige Formen. Sehr kleine Stäbchen-, Büchel- und Garben-artige Kristallbildungen habe ich auch im eingetrockneten Saft etiolierter, hingegen nicht in solchem normaler Triebe verschiedenen Alters von *Euphorbia Fournieri* gefunden. Weiter wurden diese Verhältnisse nicht verfolgt, da sie hier für uns kein unmittelbares Interesse haben. - Ob das Ausbleiben der Fällung bei *Euphorbia Lathyris*, wie es übrigens SCHULLERUS (26) für Freiland-Keimpflanzen beobachtet hat, lediglich eine Folge eines erheblich geringeren Kalkgehalts des Saftes ist (eine Annahme, die in unserm ersten Fall allerdings nicht recht verständlich wäre), ob der möglicherweise periodisch wechselnde Äpfelsäuregehalt (27) oder ob andere unbekannte Ursachen dafür verantwortlich zu machen sind, muss dahingestellt bleiben.

Im übrigen reagiert der Saft der *Euphorbia Lathyris* deutlich sauer und enthält weder Kristalle [1] noch Nitrate. - Im Gewebe ist kein Oxalat enthalten. Auf gut gewässerten Längs- und Querschnitten durch den Stengel sowie in nächster Nähe von Querschnitten aus verschiedenen Partien der Lamina hatten sich nach längerem Einwirken eines Tropfens Schwefelsäure ganz vereinzelt einige Gipsnadeln gebildet. In andern Schnitten, die mehrere Stunden [2] in essigsauerm Ammoniumoxalat[3] gelegen hatten, fanden sich in der Rinde, seltener im Mark und Mesophyll, hingegen nicht in den trachealen Bahnen und Siebelementen, einige wenige Oxalattäfelchen, die unter gekreuzten Nicols farbig aufleuchteten. Neben diesen zwar kleinen aber stets gut ausgebildeten Kristallen traten hin und wieder winzige, aufleuchtende Pünktchen von unbestimmter Form auf. Selbst wenn die Ausfällungen restlos auf die in gelöster Form im Gewebe enthaltenen Kalksalze zurückzuführen sind, erweisen sich diese gegenüber den im Milchsaft enthaltenen als äusserst gering. Da andere Arten der Kalkbeseitigung, wie wir gesehen haben, nicht infrage kommen, so muss der Milchsaft von *Euphorbia Lathyris* als typischer Kalkspeicher angesehen werden.

Bei den weitaus meisten aller untersuchten Pflanzen fallen die beiden Reaktionen auf die im Gewebe gelöst vorkommenden Kalksalze sehr gleichmässig aus. Die Behandlung mit Schwefelsäure liefert immer wieder einige wenige Gipsnadeln oder -Bü-

---

1) Da ich, in Übereinstimmung mit den bisherigen Ergebnissen, nur im Milchsaft der Sapotacee *Mimusops Elengi* (weitere Vertreter dieser Familie standen mir nicht zur Verfügung) Oxalatkristalle angetroffen habe, wird das Fehlen derselben weiterhin nicht mehr erwähnt; es sei aber darauf hingewiesen, dass SOLEREDER (l.c. p. 842) für *Hura* und *Mabea* "Drusen aus oxalsaurem Kalk" als Inhaltskörper der Milchröhren nennt. Beide wurden von mir nicht untersucht.

2) Ich liess sowohl die Schwefelsäure als auch das mit Essigsäure versetzte Ammonium-Oxalat 3 - 4 Stunden, oft auch bedeutend länger (über Nacht) einwirken, womit nicht behauptet werden soll, dass eine so lange Einwirkung notwendig sei.

3) Dieser chemisch nicht einwandfreie Ausdruck sei hier und im folgenden der Kürze halber gestattet.

schel oder auch beides nebeneinander auf den Schnitten oder in ihrer nächsten Umgebung; die Ammoniumoxalat-Essigsäure-Reaktion zeigt fast stets die kleinen, im Gewebe verstreuten, farbig aufleuchtenden Oxalattäfelchen neben den winzigen, unregelmässigen Körnchen. Bei der zweiten Methode trifft man vereinzelt neben Kristall-führenden Schnitten im selben Präparat auch einen kristallfreien Schnitt. Ob es sich in diesen Ausnahmefällen um kalksalzfreie Partien handelt, eine Annahme, die nicht gerade sehr wahrscheinlich ist, ob die ursprünglich gebildeten Kristalle aus dem Schnitt herausgefallen sind, oder ob schliesslich irgendwelche Zufälligkeiten dabei mitspielen, bleibe dahingestellt. Die Untersuchungen zeigen jedenfalls (und um das darzutun oder zu widerlegen wurden sie ja recht eigentlich durchgeführt), dass durchweg in allen Fällen, in denen man den Milchsaft aufgrund seines mehr oder weniger grossen Kalkgehalts als Kalkspeicher anzusprechen geneigt ist, diese Entscheidung durch die geringe Menge der im Gewebe in gelöster Form enthaltenen Kalksalze in keiner Weise beeinträchtigt wird.

Euphorbia verrucosa Lam. ist eine der wenigen nicht sukkulenten Euphorbien, bei denen ich im Mark und namentlich in der Rinde Calciumoxalat gefunden habe. Die Angabe SOLEREDER's (28), dass Calciumoxalat in der Gattung *Euphorbia* nur bei *E. splendens* vorkomme, trifft also nicht zu. - Merkwürdigerweise treten normal ausgebildete Kristalle nur vereinzelt auf, jedenfalls habe ich sie nur selten beobachten können; im allgemeinen sind dieselben mehr oder minder unvollständig. Im einzelnen soll über diese und ähnliche Befunde bei *Euphorbia villosa* in einer andern Arbeit berichtet werden. Erwähnt sei nur noch, dass in manchen Schnitten die Kristalle fehlen, in andern hingegen wieder in mehreren, oft relativ langen Reihen nebeneinander lagen, übrigens ein Umstand, der es dringend gebietet, bei derartigen Untersuchungen zahlreiche und möglichst verschiedenen Teilen entnommene Schnitte zu durchmustern. - Im Blatt habe ich trotz langem Suchen keine Kristalle gesehen. Querschnitte durch die Lamina wurden daher auf gelöste Kalksalze geprüft. Sowohl die Schwefelsäure als auch die Ammoniumoxalat-Essigsäure-Behandlung zeigten nie Spuren davon an. - Der hier ebenfalls in ansehnlichen Mengen austretende Milchsaft weist einen reichen Kalkgehalt auf, wie aus der mikro- und makrochemischen Reaktion hervorgeht. Er rötet blaues Lackmuspapier leicht und ist nitratfrei.

Euphorbia epithymoides Jacq. führt kein Oxalat im Gewebe. Im übrigen verhält sie sich ganz ähnlich wie *E. verrucosa* . Beide Untersuchungsmethoden deuten auf grössere, im Saft enthaltene Kalkmengen hin.

Euphorbia Helioscopia L. schliesst sich der vorhergehenden Form völlig an.

Bei *Euphorbia Gerardiana Jacq.* tritt die Saftmenge etwas zurück. Das Gewebe ist oxalatfrei. Im Milchsaft lässt sich sowohl durch die Schefelsäure-Reaktion als auch durch die Behandlung mit essigsaurem Ammonoxalat Calcium nachweisen, wenn auch die Reaktion nicht ganz so intensiv ausfällt, wie bei den bisher besprochenen Formen. Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass sich dieser Passus lediglich auf Formen bezieht, die dem Jenaer botanischen Garten entnommen waren. Bei annähernd gleichaltrigen Exemplaren des Freiburger botanischen Gartens war der Kalkgehalt des Milchsafts höher. - Gelöste Kalksalze sind nur in Spuren im Gewebe vorhanden, so dass der Milchsaft durchaus als Kalkspeicher anzusprechen ist. - Der sauer reagierende Saft zeigt eine schwache Nitratreaktion. - Dieser Form ähnlich verhält sich

Euphorbia Cyparissias L , die allerdings einen etwas reicheren Saftgehalt aufweist. Auch hier findet sich kein Oxalat im Gewebe. Der mikro- und makrochemisch nachgewiesene Kalkgehalt des Safts ist im Verhältnis zu der Mehrzahl der Formen gering, eine Tatsache, die sich vielleicht aus der Mycotrophie der Pflanze erklärt (29). Immerhin ist er grösser als der der Gewebe, wie sich auf beiderlei Art unschwer feststellen lässt. - Der Milchsaft rötet blaues Lackmuspapier (30) und gibt mit Diphenylamin-Schwefelsäure eine schwache Blaufärbung.

Euphorbia exigua L. ist ebenfalls oxalatfrei. Im Saft bzw. in seiner Asche lässt sich mittels beider Methoden deutlich Calcium nachweisen. Hingegen fällt die Nitratreaktion des sauer reagierenden Safts negativ aus. - Einen stärkeren Kalkgehalt weist der Saft der oxalatfreien

Euphorbia Myrsinites L. auf. Im Gewebe der Axe und des Blattes sind geringe Mengen vorhandgelöster Kalksalze enthalten; auf Schwefelsäure-Zusatz bilden sich vereinzelt grosse Gipsnadeln, daneben hin und wieder kleine Büschel. Die Behandlung mit Ammoniumoxalat-Essigsäure liefert die mehrfach erwähnten kleinen Oxalattäfelchen neben winzigen, unregelmässigen Körnchen. Der sehr reichlich ausfliessende Saft reagiert sauer und enthält keine Nitrate.

Euphorbia palustris L. führt in der Rinde und im Mark gut ausgebildete Oxalat-Drusen, wenn auch nicht in grosser Zahl. Auf Stengel-Querschnitten gewahrt man ferner im Bast reihenweis angeordnete Einzelkristalle. In den Blättern konnte ich kein Oxalat finden. Der Saft enthält grosse Mengen gelöster Kalksalze, wie beide Untersuchungsmethoden dartun. Er reagiert sauer und gibt mit Diphenylamin-Schwefelsäure keine Blaufärbung. - Wie bei *Euphorbia verrucosa*, so ist auch hier der Milchsaft n e b e n der Oxalatbildung in den Dienst der Kalkreinigung gestellt.

Euphorbia esula L. nimmt unter den untersuchten Formen insofern eine Sonderstellung ein, als ich hier (wie bereits erwähnt) an den jüngsten Blättern Guttation feststellen konnte. Das in winzigen Tropfen ausgetretene Wasser enthält, wie die Schwefelsäure-Reaktion zeigt, geringe Kalkmengen. - Der reichlich ausfliessende, sauer reagierende Saft enthält weniger Kalk als der der meisten andern untersuchten Formen. - Das Gewebe ist kristallfrei. - Der Saft enthält keine Nitrate.

Da die Guttation nach unserm Befund bei dieser Pflanze sehr wenig für die Kalkreinigung zu leisten scheint, käme, wie bei der Mehrzahl der untersuchten Euphorbien, auch hier die Speicherung im Saft allein in Betracht.

Der Milchsaft der oxalatfreien, stark milchenden

Euphorbia altissima Boiss. gibt mit Schwefelsäure versetzt eine sehr deutliche Kalkreaktion. Die Gipsnadeln und -Büschel entstehen in grosser Zahl und gut ausgebildeter Form. Behandelt man den bei der Veraschung erhaltenen Rückstand mit essigsaurem Ammonoxalat, so fällt Calciumoxalat in grosser Menge aus. - In dem sauer reagierenden Saft fand ich keine Nitrate.

Euphorbia villosa W. et K. enthält in dem sehr reichlich ausfliessenden Saft grosse Mengen gelöster Kalksalze. Ausserdem kommt in der Axe Calciumoxalat in Form von Einzelkristallen und Drusen vor. Stellenweise liegen die Kristalle in mehreren ± langen Reihen nebeneinander, dann wieder sind ziemlich weite Strecken kristallfrei. Die Verteilung des Oxalats ist also, wie wir das auch schon für *E. verrucosa* festgestellt haben, ziemlich unregelmässig. Des weiteren besteht zwischen diesen beiden Formen insofern eine grosse Ähnlichkeit, als auch bei *villosa* vollständige Kristalle nach allem, was ich gesehen habe, ziemlich selten sind. Es sei erwähnt, dass ich diese unvollständigen Kristalle oder Kristallaggregate sowohl in jungen diesjährigen Trieben wie auch in vorjährigen, abgestorbenen Stengel gefunden habe. Hier ist auf diese Dinge, die uns für die wohl noch nicht endgiltig entschiedene Frage nach der Möglichkeit einer teilweisen Wiederauflösung des Calciumoxalats von einiger Bedeutung zu sein scheinen, nicht näher einzugehen. - In Blattquerschnitten habe ich trotz langem Suchen kein Oxalat gefunden, ganz analog den Verhältnissen bei *E. verrucosa* und *E. palustris*. - Gelöste Kalksalze konnte ich mittels beider Methoden im Blatt in sehr geringen Mengen nachweisen. - Auf Diphenylamnin-Schefelsäure-Zusatz färbt sich der sauer reagierende Saft nach einiger Zeit rotbraun, Nitrate sind demnach nicht vorhanden. - Was uns an *E. villosa* besonders interessiert, ist die Tatsache, dass hier (ebenso wie bei *E. verrucosa* und bei *E. palustris* Milchsaft und Oxalsäure sich in die Aufgabe der Kalkbeseitigung teilen.

Als letzte Form der nicht sukkulenten Euphorbien wurde *E. lucida W. et K.* untersucht. Der Kalkgehalt des reichlich ausfliessenden Safts ist wesentlich geringer als bei der vorigen Form. Oxalat ist weder in der Axe noch im Blatt vorhanden, während gelöste Kalk-Salze hier wie dort in geringen Mengen festgestellt wurden. Als Kalkspeicher kommt demnach nur der Milchsaft in betracht. - Auf Lackmus und Diphenylamin-Schwefelsäure reagiert der Saft wie der der *E. villosa*.

Der Einzelbesprechung der hier anzuschliessenden stammsukkulenten Euphorbien

sei einiges über die Exkretphysiologie der Stammsukkulenten im allgemeinen vorausgeschickt. STAHL (31) hat wohl erstmals auf die mittelbar aus ihrer Ökologie, unmittelbar aus ihrer Anatomie sich ergebende exkretphysiologische Sonderstellung aufmerksam gemacht. Dass bei den typischen hier in Rede stehenden Xerophyten Wasserspalten und Wasserdrüsen normalerweise jedenfalls nicht vorhanden sind, ist hinlänglich bekannt (32). Ihr Fehlen schliesst wiederum die Guttation aus; diese Möglichkeit der Exkretbeseitigung fällt also für die Sukkulenten fort. Für die Stammsukkulenten kommt hinzu, dass im allgemeinen jedenfalls die Blätter infolge ihrer völligen Rück- oder Umbildung als Ablagerungsstätten für gelöste und geformte Exkrete nicht inbetracht kommen, ein Umstand, der sehr an Bedeutung gewinnt, wenn wir bedenken, dass sie bei einer sehr grossen Zahl von Pflanzen alljährlich durch neue, wieder aufnahmefähige Blätter ersetzt werden.

Nun kommen ja allerdings auch unter den stammsukkulenten Euphorbien Formen mit z.T. recht ansehnlichen, normalen oder ± fleischigen Blättern vor; als Beispiele seien *E. neriifolia* und die vielleicht als halb stammsukkulent zu bezeichnende *E. Fournierii* genannt. Jene wechselt nach BERGER (33) wenigstens in ihrer indischen Heimat alljährlich ihr Laub, bezüglich dieser fand ich keine dahingehenden Angaben. Gewächshauspflanzen können sich zum Winter mehr oder weniger stark entblättern, doch wird es sich bei den abgeworfenen Blättern wohl meistens um mehrjährige handeln.

Natürlich ist, das gilt ganz allgemein, mit dem blossen Vorkommen der Blätter noch nichts über deren eventuelle exkretphysiologische Leistung ausgemacht, in den beiden erwähnten Fällen sind sie jedenfalls bei der Kalkspeicherung (auf die wir uns immer beschränken) wesentlich nur insofern beteiligt, als sie von Milchröhren durchzogen sind und der Saft, wie wir im einzelnen noch sehen werden, auch bei den sukkulenten Euphorbien als Kalkspeicher anzusprechen ist.

Sehen wir, nachdem wir uns ihrer Möglichkeit erinnert haben, einmal von diesen doch relativ wenigen Fällen, in denen typisch stammsukkulente Pflanzen normale Blätter besitzen ab, so bleibt ihnen, falls nicht besondere Behälter ausgebildet sind, die an der Aufnahme der Exkrete wenigstens beteiligt sein k ö n n t en, nur die Möglichkeit, alle diese, während der ganzen Lebensdauer sich ansammelnden Stoffe in den normalen Zellen der Axe gelöst oder geformt abzulagern. Dass dabei namentlich die Menge des Calciumoxalats manchmal enorme Werte erreichen kann, ist ja beispielsweise von *Cephalocereus senilis*, bei dem nach SCHLEIDEN bis zu 85% des Aschengewichts der ganzen Pflanze aus Calciumoxalat besteht, bekannt. - Es ist allerdings anzunehmen, dass die im Vergleich mit den Nicht-Xerophyten zweifellos geringe Wasserdurchströmung einer allzugrossen Anhäufung mineralischer Stoffe durchweg vorbeugen dürfte.

Die Frage, wie die in derselben Familie auftretenden, oft sehr erheblichen Unterschiede bezüglich der Menge sowohl der gelösten wie geformten Exkrete - für gelöste Oxalate gibt neuerdings MOLISCH (34) solche extremen Schwankungen für die Cacteen an - im einzelnen physiologisch zu erklären sind, muss einstweilen offen gelassen werden.

Wir wenden uns der Besprechung der einzelnen Formen zu und beginnen mit 2 Vertretern der Sektion *Tirucalli*: *Euphorbia tirucalli L.* und *E. Laro Drake*. Sie stehen sich habituell ausserordentlich nahe, haben grüne, stielrunde Stämmchen und Äste und werfen die ursprünglich spärlich vorhandenen, dreieckigen bis linealischen Blätter bald ab. *Euphorbia tirucalli* ist nach VOLKENS (nach BERGER) für Deutsch-Ostafrika als "längs der Küste im Gebüsch, an Wasserläufen oder auch in der Wüste stellenweise kleine Wäldchen bildend" beschrieben worden, sie kommt ferner "als Heckenpflanze kultiviert und verwildert" u.a. auf Zanzibar, Ceylon und Java, auf den Molukken und Philippinen und in Indien vor. - Beim Anschneiden fliesst der sauer reagierende Saft sehr stark aus. Auf Schwefelsäure-Zusatz bekommt man eine enorme Kristallbildung. Unter den Kristallen finden sich einmal zahlreiche typische Gipsnadeln oder -Nadelbüschel. Daneben kommen in wechselnder Grösse Täfelchen vor, die an den Schmalseiten vielfach spitzwinklig einspringen; diese und kleine bis kleinste Stäbchen übersäen das ganze Gesichtsfeld. Am auffallendsten sind grosse, Kotillon-Ordenartige Kristallaggregate, deren zentraler

Teil vielfach aus zahlreichen spiessförmigen Kristallen zusammengesetzt und, soviel ich sehen konnte, von flächenartigen Bildungen unterlagert ist, die sich in den meisten Fällen ein ziemliches Stück über jene hinaus fortsetzen. Sie scheinen ihrerseits wieder aus einer Reihe aneinanderliegender Tafelpaare zu bestehen, bei denen die beiden Tafeln eines jeden Paars stumpfwinkelig zusammenstossen. Ich habe diese auffälligen Bildungen auch bei *E. Laro* wiedergefunden und ähnliche Aggregate sodann bei *Xanthosoma* und *Alocasia* beobachtet. - Nach Alkoholbehandlung bleibt das Präparat, soweit sich das vor allem bei der Fülle der vorher erwähnten oft winzigen Täfelchen und Stäbchen mit Sicherheit sagen lässt, unverändert erhalten. Weiter bin ich der Frage nach der chemischen Natur der eben erwähnten kleinen Kriställchen sowie der Kotillon-Ordenartigen Bildungen nicht nachgegangen. - Für unsere Zwecke versagt also hier wie auch bei *E. Laro* die mikrochemische Reaktion jedenfalls insofern, als sich die Menge des im Saft enthaltenen Calciums schwer schätzen lässt. Makrochemisch lassen sich im Saft erhebliche Kalkmengen einwandsfrei nachweisen. - Geformtes Oxalat habe ich im Gewebe nicht angetroffen, hingegen lassen sich sowohl mit Schwefelsäure wie auch mit essigsaurem Ammonoxalat gelöste Kalksalze nachweisen, die allerdings bezüglich ihrer Menge erheblich hinter dem Kalkgehalt des Milchsafts zurückstehen, sodass dieser auch hier als typischer Kalkspeicher anzusprechen ist.

Euphorbia Laro Drake verhält sich in jeder Beziehung wie *E. tirucalli* [1]. Es sei hier nachgetragen, dass der Saft beider Formen kein Nitrat enthält. Auf Zusatz von Diphenylamin-Schwefelsäure färbt er sich zunächst gelb, darauf gelbrot und schliesslich rotbraun. - Versuche, die im Saft enthaltenen Kalksalze an der Luft zum Auskristallisieren zu bringen, schlugen fehl.

Die zur Gattung *Tithymalus* gehörige, auf Felsen der kanarischen Inseln vorkommende *Euphorbia Regis-Jubae Webb et Bert.* ist ein Strauch mit runden, in der Jugend sukkulenten Ästen und linealen Blättern, die nach BERGER häufig periodisch abfallen. - Die Pflanze milcht sehr stark; die im Saft enthaltenen Kalksalze bleiben bezüglich ihrer Menge hinter der der beiden voraufgehenden Formen wesentlich zurück. Immerhin ist sowohl die mikro- als auch die makrochemische Reaktion recht deutlich (35).- Calciumoxalat fehlt in Axe und Blatt, hingegen finden sich geringe Mengen gelöster Kalksalze im Gewebe, denen gegenüber aber der Michsaft durchaus als Kalkspeicher angesprochen werden kann. - Er reagiert sauer und enthält keine Nitrate.

Die zur Gruppe der *Grandifoliae* zählende, in Indien heimische *Euphorbia neriifolia L.*, eine in ihrer Heimat baumartige Art von 6 - 7 m Höhe, hat einen in der Jugend fünfkantigen später rund werdenden etwa fussdicken, fleichigen Stamm und ansehnliche, ebenfalls etwas sukkulente Blätter, die wie bereits an anderer Stelle erwähnt, normalerweise im Herbst abfallen. - Der Kalkgehalt des sehr reichlich ausfliessenden Safts wird, soweit er sich schätzen lässt, etwa dem von *E. Regis-Jubae* gleichkommen; die makrochemische Untersuchung fällt noch etwas schwächer

---

1) In der Rinde beider Formen kommen - wie beiläufig erwähnt sei - charakteristische Bastfasern vor, die in jüngern Axenteilen, meistens zu Gruppen vereint, der Aussenseite der Siebteile anliegen, in älteren Partien über die ganze Rinde zerstreut sind. Sie verlaufen nicht geradlinig, sondern biegen vielfach rechtwiklig oder annähernd rechtwinklig um, manchmal wiederholt sich dieses Umbiegen ein zweites mal, diesmal aber entgegengesetzt, sodass der letzte Teil der Faser nicht rückläufig wird. Infolge des Umbiegens kann man (namentlich auf Axen-Querschnitten) quer und längs getroffene Fasern nebeneinander beobachten. Weiterhin zeichnen sich die Fasern durch eine auffallend schöne Membranschichtung aus, auf die auch (ganz allgemein) SOLEREDER (l.c. 1899, p. 833) hinweist. Die Enden der Faser sind keulenartig verdickt, teils mehr oder weniger zugespitzt. Einige male habe ich auch gabelige Verzweigung beobachten können. Länge und Dicke der Fasern wechseln, besonders auffallend sind ziemlich plötzlich auftretende Querschnittsveränderungen (Verengungen und Erweiterungen) an derselben Faser (vergl. auch SOLEREDER, Ergzbd. 1908, p. 288).

aus. In den peripheren Teilen der Axe habe ich ganz vereinzelt Oxalattäfelchen gefunden, in den Blattstielen scheint es praktisch überhaupt zu fehlen, jedenfalls ist mir in einer ganzen Anzahl von Blattstiel-Querschnitten nur einmal ein einzelner tafelförmiger Oxalatkristall zu Gesicht gekommen. Desgleichen habe ich in Querschnitten, die verschiedenen Teilen der Lamina entnommen waren, nur ein einziges mal ein als Oxalat anzusprechendes Kristallaggregat beobachtet. Es war aus winzig kleinen Kriställchen unbestimmter Form und etwas grösseren, säulen- bis tafelartigen Kristallen zusammengesetzt. - Des weiteren wurden Axe und Blatt auf gelöste Kalksalze untersucht, da die äusserst geringen Oxalatmengen eine wesentliche Störung dieser Reaktion nicht befürchten liessen. Das Ergebnis fällt positiv aus und lässt vermuten, dass die Menge der im Gewebe gelöst enthaltenen Kalksalze nicht wesentlich hinter der der im Milchsaft gespeicherten zurückbleibt. Man kann also hier im Zweifel sein, ob dem Milchsaft in diesem Falle für die Kalkspeicherung eine dominierende Rolle zukommt; zur sicheren Entscheidung würde es mehrerer vergleichender quantitativer Analysen bedürfen, die eine zu starke Schädigung und Schändung der Gewächshauspflanze bedingt haben würden, alsdass sie hätten durchgeführt werden können. - Der sauer reagierende Saft färbt sich mit Diphenylamin-Schwefelsäure-Zusatz braungrau, nachdem eine flüchtige, ganz minimale Blaufärbung im Augenblick wieder verschwunden ist.

Aus der Sektion der *Trigoneae* wurde die südafrikanische *Euphorbia grandidens Haw.* untersucht, "ein bis 10 m hoher Baum mit dichter, runder Krone und geradem, oft mannsdickem Stamme" (BERGER). Sie hat kleine, sitzende, rundlich-deltoide Blätter. - Der Saftausfluss ist nicht so stark wie bei den letztgenannten Formen, zudem etwas ungleich. Sein Kalkgehalt ist nicht wesentlich grösser als der des Saftes von *E. neriifolia*. Wie Quer- und Längsschnitte durch die Axe zeigen, ist das Mark übersät mit kleinen und kleinsten unter gekreuzten Nicols aufleuchtenden Punkten. Bei stärkerer Vergrösserung kann man zwischen gut ausgebildeten Einzelkristallen und wesentlich kleineren stäbchenartigen oder mehr weniger unregelmässigen Gebilden deutlich unterscheiden. Jene kommen durchweg nur in Einzahl und nur verstreut in den Zellen vor und treten namentlich als an den Schmalseiten giebelartig zugespitzte Täfelchen (Kombination der rhombischen Tafel mit dem Klinopinakoid) und als die bekannten "Briefkouvert"-Formen (tetragonale Doppelpyramide) auf, diese finden sich in grösserer Zahl vereinigt als Kristallsand in den Zellen. Von einer Prüfung auf gelöste Kalksalze wurde abgesehen, da das geformte Oxalat die Resultate zweifellos beeinflusst hätte. - Bezüglich der Kalkbeseitigung scheinen uns bei *Euphorbia grandidens* die Speicherung im Saft und die Oxalatbildung annähernd gleichwertig zu sein. - Der Milchsaft färbt blaues Lackmuspapier intensiv rot; auf Zusatz von Diphenylamin-Schwefelsäure tritt eine gelb- bis orange-Färbung ein [1].

Euphorbia resinifera Berg, zur Sektion *Polygonae* gehörig, ist in Nordafrika heimisch und kommt dort nach BERGER vornehmlich in der Provinz Suse, an den niederen Abhängen des Atlas als bis 2 m hoher reich verästelter Strauch mit sehr kleinen, zugespitzten, bräunlichen Blättern vor. - Die Pflanze milcht ausserordentlich stark und enthält reiche Mengen gelöster Kalksalze im Saft, wovon man sich mittels beider Methoden leicht überzeugen kann. - Mit diesem Kalkreichtum des Milchsafts stimmt das Fehlen geformten Oxalats im Gewebe gut überein. Gelöste Kalksalze sind allerdings im Gewebe vorhanden, doch nicht in solcher Menge, dass die typische Speicherfunktion des Safts dadurch auch nur in Frage gestellt werden könnte. Bezüglich des Nachweises gelöster Calciumverbindungen im Gewebe sei erwähnt, dass ich hier, wie übrigens auch in einigen anderen Fällen, anstelle des essigsauren Ammonoxalats etwa 3%ige Oxalsäure benützte. Die Schnitte blieben verschieden lange (1/4 - 3 Stunden) darin liegen, wurden dann einige Zeit in Essigsäure gebracht

1) Es sei beiläufig auf das Vorkommen intraxylären Phloems bei *Euphorbia grandidens* hingewiesen. An mehreren Stellen waren typische Siebplatten zu sehen. - Vgl. auch SOLEREDER, l.c. 1899, p. 835 und 1908, p. 284, 291, der ähnliche Angaben GAUCHER's bezweifelt (Anmerkung auf pag. 291).

und darin auch untersucht. Das Ergebnis war, unabhängig von der Einwirkungsdauer (innerhalb der genannten Grenzen) stets ein ganz ähnliches: in zahlreichen Zellen der chlorophyllfreien sowohl als auch der chlorophyllhaltigen Partien unserer Pflanze fanden sich körnige Ausfällungen, die hin und wieder schwach aufleuchteten. Die Vermutung, dass es sich hier um als "Sand" ausgefälltes Oxalat handle, wurde durch die unter dem Mikroskop zu verfolgende, durch Schwefelsäure herbeigeführte Umwandlung in Gips bestätigt [1]. - Ausserdem wurden die gelösten Kalksalze mit Schwefelsäure direkt nachgewiesen. - Der Saft reagiert sauer und enthält kein Nitrat.

Aus derselben Gruppe wurde ferner die bedornte, vielleicht aus Natal stammende *Euphorbia similis Berger* (*E. natalensis Hort.*) untersucht, eine mit winzigen, rundlichen Blättern ausgestattete Form. - Auch hier können wir einen sehr reichen Saftaustritt beobachten, wohingegen die Menge der in ihm gelösten Kalksalze gegenüber der im Saft von *E. resinifera* festgestellten wesentlich zurücktritt. Die makrochemische Untersuchung gibt nur eine schwache Reaktion, die mikrochemische fällt (übrigens ähnlich wie bei *E. neriifolia* und *E. grandidens*) besser aus. - Im Gewebe habe ich trotz langem Suchen kein Oxalat gefunden, hingegen sind gelöste Kalksalze daselbst in ziemlicher Menge nachzuweisen. Bezüglich ihrer Verteilung sei bemerkt, dass sie in den chlorophyllführenden Zellen und in den Gefässbündelzonen zurücktreten oder fehlen, eine Erscheinung, die ich übrigens mehrfach und nicht nur bei den Euphorbien beobachtet habe. - Nach der Untersuchung dürften also die Verhältnisse bezüglich der Kalkspeicherung so liegen, dass der an sich nicht sehr grosse Kalküberschuss zum grösseren Teile im Milchsaft, zum geringeren Teil im Gewebe in gelöster Form enthalten ist. - Bezüglich der Nitratreaktion sei bemerkt, dass der sauer reagierende Saft auf Diphenylamin-Schefelsäure-Zusatz erst gelb, dann gelbrot und schliesslich rotbraun wurde.

Als letzte Form sei die halbsukkulente, zur Sektion *Goniostema* gehörige *Euphorbia Fournieri Hort* besprochen. Sie milchte etwas weniger stark als *E. similis*, verhält sich aber bezüglich des im Saft enthaltenen Calciums ganz ähnlich wie diese. Oxalat fehlt in Blatt und Axe, hingegen sind gelöste Kalksalze in beiden Organen vorhanden; allerdings ist der Kalkgehalt des Safts grösser als der der Gewebe, sodass auch hier der Milchsaft als Kalkspeicher genannt werden muss.- Im übrigen reagiert der Saft sauer und enthält keine Nitrate.

Wir schliessen an die Besprechung der *Euphorbia*-Arten noch die Untersuchung einiger anderer Vertreter anderer Gattungen an, Formen, die zwar ungegliederte Milchröhren besitzen, aber im Vergleich zu den bisherigen nur wenig oder sogut wie gar keinen "Saft" austreten lassen. Aber gerade dieses Verhalten erhöht, aus leicht begreiflichen Gründen, unser Interesse an diesen Pflanzen.

Ricinus communis L. lässt beim Durchschneiden des Stengels bestenfalls einen winzig kleinen schleimigen, fadenziehenden Tropfen austreten [2]. Ich habe das Tröpfchen auch mikrochemisch nicht untersucht, weil der zweifellos mit austretende Zellsaft in diesem Falle das Ergebnis sehr wohl beeinträchtigt haben könnte. Dass diese minimalen Flüssigkeitsmengen auch bezüglich ihrer Funktion als Kalkspeicher nicht mit dem echten Milchsaft verglichen werden können, erscheint uns ohne weiteres einleuchtend, und wir werden in unserer Annahme durch die anatomische Untersuchung bestärkt. Wir haben in der Axe hier zum ersten mal ein typi-

---

1) Die Angabe TUMANNS (l.c. (1913) p. 118),dass Ammoniumoxalat und Oxalsäure die gleichen Kristallformen des Calciumoxalates liefern, trifft nach meinen Erfahrungen nicht immer zu. Ich möchte dem Ammoniumoxalat als Reagens entschieden den Vorzug geben. Vergl. auch MOLISCH (Mikrochemie d. Pfl. (1913) p. 46), der die Oxalsäure dem Ammoniumoxalat ebenfalls gleichstellt.

2) Das Vorkommen von ungegliederten Milchröhren wird durch BAUMGÄRTEL in Abrede gestellt. Er nimmt an, "dass sie durch langgestreckte Formen der Farbstoffzellen mit eingetrocknetem, verändertem Inhalte bei der Untersuchung aufgeweichten Herbarmaterials vorgetäuscht worden sind" (36)- Diese Angabe bedarf u.E. einer eingehenden anatomischen Nachprüfung.

sches Vorkommen von Oxalatdrusen und auch im Blatt treffen wir solche an, wenn auch - soweit sich schätzen lässt - in relativ geringerer Menge. In der Lamina kommen ausserdem (allerdings nur ganz vereinzelt) kleine tafelförmige Einzelkristalle vor. - Hier wird also, da Carbonat nicht vorhanden ist und die Pflanze nicht ausscheidet (die an den Blattstielen in wechselnder Zahl vorhandenen extrafloralen Nectarien sezernieren kleine, wasserklare Tröpfchen, die aber kein Calcium enthalten), die Beseitigung des überschüssigen Calciums ausschliesslich durch die Oxalatbildung vollzogen.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei *Mercurialis annua L.* und *M. perennis L.* Hier werden beim Durchschneiden des Stengels die Schnittflächen kaum feucht. Untersucht man Stengelquer- und Längsschnitte von *M. annua*, so fallen im Mark und in der Rinde Drusen von wechselnder Grösse auf. Und zwar ist es so, dass die kleinen Drusen im Mark, die grösseren in der Rinde (und hier namentlich in der chlorophyllführenden Zone) abgelagert sind. Ein prinzipiell ähnliches, aber infolge der weitaus grösseren Zahl der Drüsen noch typischeres Bild liefern Schnitte aus der Axe von *M. perennis*. Hier liegen sie sowohl im Mark als auch in der Rinde reihenweise nebeneinander, sowie man es bei den typisch oxalatführenden Axen zu sehen gewöhnt ist. Auf gelöste Kalksalze konnte unter solchen Umständen das Gewebe natürlich nicht untersucht werden. Da sich trotz mehrfachen diesbezüglichen Versuchen Guttation nicht nachweisen liess, so wird auch bei den beiden *Mercurialis*-Arten der Kalk-Überschuss lediglich durch Bindung an Oxalsäure festgelegt und dem weiteren Stoffwechel entzogen.

Zum Schluss seien noch drei *Codiaeum*-Arten besprochen, die bezüglich unserer Frage zwischen der Gattung *Euphorbia* einerseits und *Ricinus* nebst *Mercurialis* anderseits vermitteln.

Codiaeum interruptum Hort., dessen teilweise spiralig gedrehte, lineale Blätter häufig eine unterbrochene Lamina ausgebildet haben, lässt beim Anschneiden 1 - 2 Tropfen eines ziemlich klaren Saftes ausfliessen. Auf Schefelsäure-Zusatz bekommt man eine schwache Gipsfällung. Für eine makrochemische Untersuchung reichte die zur Verfügung stehende Flüssigkeitsmenge nicht aus. - Quer- und Längsschnitte aus verschiedenen Partien des Blattstiels sind im Mark und in der Rinde mit Drusen geradezu wie gepflastert. Auch in Querschnitten der Lamina sind sie recht zahlreich, eine bestimmte Verteilung konnte ich nicht feststellen. - Der sauer reagierende Saft enthält weder Nitrate noch Kristalle irgend welcher Art. - Es kommt also bei dieser Form für die Kalkbeseitigung im wesentlichen nur die Oxalatbildung in Betracht. - Ganz ähnlich verhält sich *Codiaeum diversifolium Hort.*, allerdings ist hier der Saft-Austritt etwas grösser, sein Kalkgehalt jedoch nicht höher. - In der Rinde des Blattstiels sind die Drusen ebenso zahlreich wie bei der vorigen Form, auffallend gering hingegen ist ihre Zahl im Mark. Auch die Blattspreite ich erheblich oxalatärmer als die von *C. interruptum*. Der quantitative Unterschied in der Oxalatbildung bei annähernd gleicher Belastung des Saftes liesse sich möglicherweise durch die Annahme erklären, dass bei *Codiaeum diversifolium* die Gewebe zur Aufnahme des Calciums in Form löslicher Salze herangezogen worden sind, oder, falls sie auch schon bei *C. interruptum* mit dieser Aufgabe betraut sein sollten, bei jener in erhöhtem Masse daran beteiligt sein könnten. Infolge des Oxalat-Gehaltes lässt sich diese Annahme mikro- und makrochemisch kaum einwandfrei nachprüfen. Es wäre aber auch sehr wohl möglich, dass aus irgendwelchen "innern" oder "äusseren", jedenfalls unbekannten Ursachen *Codiaeum diversifolium* wenigstens relativ kalkärmer wäre als *C. interruptum*. Darüber könnten gegebenenfalls Standortsverhältnisse einige Auskunft oder doch Anhaltspunkte geben. - Eine dritte, nicht näher bestimmte *Codiaeum*-Spezies unterscheidet sich durch den reichlichen Kalkgehalt ihres etwas stärker austretenden Safts wesentlich von den beiden andern Formen. Der Oxalatgehalt der Axe bleibt erheblich hinter dem der Axen von *C. diversifolium* und namentlich *C. interruptum* zurück. Die Drusen sind wesentlich kleiner, z.T. sind es recht unregelmässige Bildungen. In der Lamina finden sie sich in einer ziemlich gleichmässigen Verteilung vornehmlich an der Innenseite der Palissadenzellen. Bezüglich seiner Menge dürfte der Oxalatgehalt der Blattspreite zwischen den Spreiten der beiden andern Arten die Mitte halten. Diese

Codiaeum-Art nähert sich also bezüglich unserer Frage den *Euphorbia*-Arten, während die beiden andern Formen den Anschluss an *Ricinus* und *Mercurialis* vermitteln: dort in erster Linie oder ausschliesslich Speicherung des Kalk-Überschusses im Saft, hier in der Hauptsache oder ausschliesslich Festlegung desselben als Oxalat. - Für die *Codiaeum*-Arten sei noch bemerkt, dass der sauer reagierende Saft ntratfrei ist. Er färbt sich auf Diphenylamin-Schwefelsäure-Zusatz nach mehrstündigem Stehen gelb und schliesslich rotbraun. - Bezüglich der Kristallbildung ist für diese Formen nachzutragen, dass die als Drusen bezeichneten Aggregate, soweit sie in der Rinde vorkommen, z.T. besser als Zwischenstufen zu bezeichnen sind, die zwischen Drusen und Sphäriten ungefähr die Mitte halten. - In allen untersuchten *Codiaeum*-Schnitten habe ich nur ein einziges mal einen Einzelkristall beobachten können, eine kleine Tafel in einer Epidermiszelle eines Blattstiels von *Codiaeum spec.* - Im Mark von *Codiaeum* wurden einigemale Drusen beobachtet, die nach Art der ROSANOFF'schen Drusen von einer Zellulosetasche umgeben waren. Diese wurde von meist drei etwa gleichlangen, mit der Membran in Verbindung stehenden Zellulosebalken gehalten.

Versuchen wir, die mit ungegliederten Milchröhren ausgestatteten Euphorbiaceen hinsichtlich der Art der Beseitigung ihres Kalk-Überschusses in Gruppen zu gliedern, so erhalten wir drei verschiedene Fälle:

Erstens haben wir Formen, bei denen der ganze oder doch annähernd gesamte Kalküberschuss im Saft gespeichert wird. Dazu gehören die Mehrzahl der Arten aus der Gattung *Euphorbia* (hierher stellen wir auch die Arten mit minimalem Oxalatgehalt, wie z.B. *E. Regis-Jubae* und *E. neriifolia* sowie die scheinbar schwach guttierende *E. Peplus*).

In eine zweite Gruppe sind sodann alle Formen zu stellen, bei denen neben der Saftspeicherung die Oxalatbildung als zweiter wesentlicher Modus der Kalkreinigung hinzukommt. Hierher zählen vor allem: *Euphorbia villosa*, *E. verrucosa* und *Codiaeum spec.*

Der dritten Abteilung gehören sodann Arten an, bei denen das überschüssige Calcium fat restlos als Oxalat festgelegt wird, wie es bei *Codiaeum interruptum* und *C. diversifolium*, ferner bei *Ricinus* und *Mercurialis* der Fall ist.

Wir schliessen hier die Besprechung einer Reihe von

APOCYNACEEN UND ASCLEPIADACEEN

an und schicken voraus, dass der Milchsaft in diesen Familien nur in sehr wenigen Fällen als wirklicher Kalkspeicher in Betracht kommt. Es ist das umso auffallender, als Guttation und Carbonatbildung ganz fortfallen, lösliche Kalksalze im Gewebe auch nur in geringer Menge vorhanden sind, und auch Oxalat durchaus nicht überall anzutreffen ist. Eine bündige Erklärung für dieses Verhalten lässt sich nicht geben, es sei denn, dass man annimmt, das Calcium werde durchweg nur in sehr geringen Mengen aufgenommen.

Im einzelnen lieferten die Untersuchungen folgende Ergebnisse:

Apocynum hypericifolium Ait. lässt beim Anschneiden ziemliche Saftmengen ausfliessen, in denen sich aber weder mikro- noch makrochemisch Calcium nachweisen lässt. Oxalat findet sich nur in den älteren Blättern und zwar als gut ausgebildete Drusen. Weitere Arten der Kalkbeseitigung sind nicht vorhanden. - Der Saft reagiert sauer und ist nitratfrei.

Bei *Vinca minor L.* tritt der Saft nur sehr spärlich aus, weswegen von einer makrochemischen Prüfung abgesehen werden musste. Mikrochemisch bekommt man einige Gipsnadeln. MOLISCH (37) gibt für diese Pflanze eine schwache "Kalkreaktion bei direktem Nachweis im Safte" an. - Carbonat und Oxalat kommen bekanntlich nicht vor, und die minimalen Mengen der im Gewebe in gelöster Form enthaltenen Kalksalze spielen für unsere Frage ebenfalls keine Rolle. Trotz vielfachen Versuchen ist es mir auch nicht gelungen, die Pflanze zur Guttation zu veranlassen, obwohl FENTZKE (38) eine solche beobachtet haben will. Vielleicht kann hier im Sinne STAHL's die Mycotrophie der Pflanze mit zur Erklärung dieser Verhältnisse herangezogen werden. - Mit *Vinca minor* stimmt in allen wesentlichen Punkten *Vinca ma-*

jor L. überein. Bezüglich der Ausscheidung macht FENTZKE keine Angaben, auch bei SPRANGER (39) habe ich darüber nichts gefunden. Mir gelang es nicht, Guttation zu beobachten.

Amsonia salicifolia Pursh milcht ziemlich stark, jedoch lässt sich mittels Schwefelsäure im Saft kein Calcium nachweisen. Die makrochemische Untersuchung liefert Spuren von Calcium. Oxalat und Carbonat sind nicht vorhanden, Ausscheidung wurde nicht nachgewiesen. Die Menge der im Gewebe gelöst vorkommenden Kalksalze ist sehr gering. - Bei

Rhazya orientalis A. DC. tritt der Milchsaft nur spärlich aus, Calcium ist darin nicht enthalten. Hingegen sind hier in Axe und Blatt gut ausgebildete Drusen vorhanden. Andere Formen der Kalkbeseitigung sind nicht ausgebildet. Bezüglich der Lage der Drusen in der Axe sei erwähnt, dass sie sich vornehmlich in nächster Nähe der Bastfasern finden, vielfach zu 2 oder 4 übereinander liegend. Vereinzelt trifft man sie auch im Innenleptom an.

Den besprochenen Formen gemeinsam ist die saure Reaktion des Saftes und das Fehlen von Nitraten. Das gilt auch von zwei später untersuchten Arten: *Toxicophloea spectabilis Loud.* und *Allamanda Schottii Hook.*

Toxicophloea spectabilis milcht sehr stark; der Kalkgehalt des Safts ist sehr gering. Bezüglich des in Axe und Blatt auftretenden Oxalats seien einige genauere Angaben hinsichtlich seiner Form und seiner Lage gemacht. Ausserhalb der Gefässbündelzone kommen kleine Drusen in nicht sehr grosser Zahl vor. Im äussern Siebteil dagegen trifft man hin und wieder Einzelkristalle (kleine, Tafel- und Säulenartige Formen) an, desgleichen im Holzteil und innern Siebteil, in den beiden letzten jedoch nur äusserst selten. Auch im Mark kommen vereinzelt Einzelkristalle der genannten Formen vor. Der Blattstiel verhält sich in jeder Beziehung ganz ähnlich. Was die Lamina anlangt, so ist die Epidermis der Unterseite reich an Calciumoxalat. Es ist als Täfelchen oder Säulchen in fast jeder ihrer Zellen vorhanden. In der oberseitigen Epidermis tritt es auffallend zurück, als Kristallformen treten wieder die beiden genannten auf. Es ist bemerkenswert, dass in der vom Hauptnerven durchzogenen Zone das Oxalat in beiden Epidermen fast regelmässig fehlt, eine Tatsache, die besonders für die oxalatreiche unterseitige Epidermis sehr auffällt. Im Mesophyll trifft man neben typischen Drusen auch mehr oder minder lockere Aggregate von Einzelkristallen an; hin und wieder hat man den Eindruck, als ob es sich um in mehrere Teile zerfallene grössere Einzelkristalle handle. Die Siebelemente der Lamina werden von reihenweis angeordneten kleinen Oxalatkristallen begleitet. Erwähnt sei schliesslich noch, dass ich in der Epidermis des Stengels nur ein einziges mal einen Einzelkristall (Säulchen) gefunden habe, obgleich ich eine ganze Anzahl von Quer- und Längsschnitten daraufhin untersuchte.

Allamanda Schottii ist die einzige unter den untersuchten Apocynaceen, bei der der reichlich ausfliessende Milchsaft als wirklicher Kalkspeicher angesprochen werden kann. Bei direktem Nachweis des Calciums im Saft bekommt man eine intensive Gips-Ausfällung, die makroskopische Prüfung fällt etwas schwächer aus, ist aber immer noch recht deutlich. Im Stengel findet sich sodann Oxalat in Form von Drüsen und Einzelkristallen. Hinsichtlich der Verteilung ist es bemerkenswert, dass, abgesehen von der Epidermis, die Rinde sogut wie oxalatfrei ist. Auch im Holzkörper kommen Kristalle nicht vor. Die in der Epidermis vorhandenen Täfelchen sind oft von winzigen Kriställchen meist unbestimmter Form umlagert. Solche kleine Kriställchen trifft man auch im Mark an, sie liegen zu mehreren bis vielen in einer Zelle und können diese ganz ausfüllen. Daneben sind grössere, gut ausgebildete Tafeln, Zwillingsformen und Drüsen vorhanden. In der Blattspreite habe ich vergeblich nach Oxalatkristallen gesucht.

Von den gleich anzuschliessenden A s c l e p i a d a c e e n sei an erster Stelle

Asclepias incarnata L. genannt. Die ziemlich stark milchende Pflanze enthält im Saft nur sehr geringe Kalkmengen. Hingegen lassen sich im Blatt sowie im Mark und in der Rinde der Axe gut ausgebildete Oxalatdrusen nachweisen. Carbonat ist bekanntlich nicht abgelagert, Ausscheidung habe ich nicht beobachten können. -

Der Saft reagiert sauer und färbt sich auf Diphenylamin-Schwefelsäure-Zusatz gelb.

Asclepias tuberosa L. weicht von der eben genannten Form nur dadurch ab, dass hier die Drusen in den Blättern viel seltener auftreten; auf manchen Schnitten habe ich vergeblich danach gesucht.

Asclepias syriaca L. hingegen weicht von beiden Formen durch das Fehlen des Calciumoxalats wesentlich ab. Im reichlich ausfliessenden Saft ist Calcium höchstens in Spuren vorhanden. Von einer Beseitigung eines Kalküberschusses kann hier nicht die Rede sein, zumal auch die Menge der im Gewebe gelöst vorkommenden Kalksalze sehr gering ist. - Die Nitratreaktion des sauer reagierenden Safts fällt negativ aus.

Vincetoxicum officinale Mnch. lässt beim Anschneiden nur sehr wenig Michsaft austreten. Sein Kalkgehalt ist sehr gering. In den Blättern finden sich gut ausgebildete, in grossen Kristallzellen liegende Drusen. Vereinzelt trifft man sie auch im Mark des Stengels an, hingegen fehlen sie nach meinen Beobachtungen in der Rinde.

Vincetoxicum luteum Hfg. et Lk. hat den überschüssigen Kalk ebenfalls als Oxalat abgelagert. In den Blättern kommen allerdings nur vereinzelt Drusen vor, häufiger sind sie im Mark anzutreffen, wo sie eine sehr schöne Ausbildung erlangen. Vereinzelt lassen sie sich auch in der Rinde nachweisen. Der spärlich ausfliessende Saft schein völlig kalkfrei zu sein, jedenfalls verlief sowohl die mikrochemische als auch die makrochemische Reaktion negativ. - Beiden *Vincetoxicum*-Arten gemeinsam ist die auf Diphenylamin-Schwefelsäure-Zusatz eintretende Gelbfärbung des sauer reagierenden Saftes.

Der reichlich vorhandene Milchsaft von *Periploca graeca L.* ist sogut wie kalkfrei. Oxalat ist einmal als Einzelkristalle in besondern "Kristallkammerfasern" (40) im "Sekundärbast" vorhanden, daneben kommen im Phloem eigenartige Kristalle vor, die SOLEREDER (41) nach VESQUE und TREIBER folgendermassen beschreibt: "Dieselben bestehen aus einem mittleren Teil, der aus zwei abgestumpften Pyramiden, deren abgestumpfte (kleinere) Flächen mit den mittleren Pyramiden zusammenhängen, während ihre grösseren Grundflächen nach aussen gerichtet sind". - Im Blatt habe ich trotz langem Suchen kein Calciumoxalat gefunden.

Als letzter Vertreter sei die sukkulente

Stapelia reclinata Mass. erwähnt, die als einzige der untersuchten Asclepiadaceen ihren Saft u.a. als Kalkspeicher zu benützen scheint. Denn einmal liefert sowohl die mikro- als auch die makrochemische Untersuchung derselben ein deutliches positives Resultat, und zum andern habe ich Oxalat nicht nachweisen können. Dass hingegen im Gewebe Kalksalze in gelöster Form vorkommen, dürfte auch daraus zu ersehen sein, dass sich in Alkoholmaterial die bekannten, aus Kalkmalophosphat oder Calciumphosphat bestehenden Sphaerokristalle finden (42). - Carbonat und Ausscheidung fehlen hier sowohl wie bei den andern Formen. - Der Saft der beiden zuletzt besprochenen Pflanzen reagiert sauer und ist nitratfrei.

Wenn die Befunde der besprochenen Apocynaceen und Asclepiadaceen bezüglich der Kalkspeicherung einen Schluss auf das diesbezügliche Verhalten der beiden Familien schlechthin zulassen, eine Voraussetzung, die bei der Verschiedenartigkeit der untersuchten Formen u.E. wohl zulässig ist, so könnte man 3 Typen aufstellen:

Erstens haben wir Formen, die sich etwa parallel zu *Codiaeum* an solche *Euphorbia*-Arten anschliessen, bei denen für die Kalkbeseitigung neben dem Saft auch schon die Oxalatbildung herangezogen ist. Hierher wären von den besprochenen Pflanzen nur die Apocynacee *Allamanda Schottii* und die Asclepiadacee *Stapelia reclinata* zu stellen.

Einer zweiten Gruppe sind dann die Formen zuzurechnen, bei denen der Milchsaft als Kalkspeicher praktisch nicht inbetracht kommt, die ihren ganzen Kalküberschuss als Oxalat festlegen, Formen also, die, abgesehen von einem wenn auch z.T. sehr schwachen so doch stets vorhandenen Saftaustritt etwa mit *Ricinus* und *Mercurialis* in Parallele gesetzt werden können. Von den untersuchten Pflanzen gehören zu dieser Sektion die Apocynaceen: *Toxicophloea spectabilis, Rhazya orientalis* und *Apocynum hypericifolium* sowie die Asclepiadaceen *Asclepias incarnata, A. tuberosa, Vincetoxicum officinale, V. luteum* und *Periploca graeca*.

Der dritte Typus schliesslich wird duch Formen repräsentiert, bei denen ein Kalküberschuss nicht nachweisbar ist, von einer Beseitigung desselben auf diese oder jene Weise mithin nicht die Rede sein kann. Hierher zählen von den besprochenen Apocynaceen : *Vinca minor L.*, *V. major u. Amsonia salicifolia* von den Asclepiadaceen lediglich *Asclepias syriaca.* - Wie sich der relative Kalkmangel dieser Gruppe erklärt, muss einstweilen dahingestellt bleiben, bei *Vinca* wäre, worauf bereits hingewiesen ist, möglicherweise die mycotrophe Ernährungsweise dafür verantwortlich zu machen.

Sehen wir von dem letzten, für unsere Frage zweifellos eine Sonderstellung einnehmenden Typus ab, so finden wir bei den Apocynaceen und Asclepiacdaceen q u a l i t a t i v dieselben Modi der Kalkreinigung wieder, die wir bei den Euphorbiaceen kennen gelernt haben: die Oxalatbildung und die Speicherung im Saft. Q u a n t i t a t i v hingegen hat sich die innerhalb der Euphorbiaceen durch *Codiaeum* und namentlich durch *Mercurialis* schon angezeigte, ja selbst innerhalb der Gattung *Euphorbia* schon vereinzelt deutlich werdende Verschiebung zugunsten der Oxalatbildung wesentlich verstärkt. Als dominierender oder gar einziger Modus der Kalkreinigung kommt die Speicherung im Saft bei den Apocynaceen und Asclepiadaceen überhaupt nicht mehr vor, günstigsten Falls teilt sich der Saft mit der Oxalatbildung in diese Aufgabe. In der Mehrzahl der Fälle aber ist diese die einzige Art der Kalkreinigung.

Bei den nunmehr zu behandelnden

CANNABACEEN UND MORACEEN

tritt uns als neuer Modus der Kalkspeicherung die Carbonatbildung entgegen, es werden, wie bekannt, ziemlich ansehnliche Mengen kohlensauren Kalkes in die Cystolithe oder Cystolithhaare ein- oder auf sie aufgelagert. Daneben finden wir in den hierhergehörigen Pflanzen auch Calciumoxalat in wechselnden Mengen. Guttation hingegen habe ich niemals einwandfrei beobachten können, obgleich für manche Moraceen "hydathodenbildende Grübchen, Wärzchen oder Flecke" (43) angegeben werden. Diese zunächst überraschende Tatsache erklärt sich unschwer dadurch, dass die genannten Bildungen "gewöhnlich über den Knotenpunkten der Nerven, seltener nur am Blattrande gelegen sind"; es wird also in den meisten Fällen garnicht zu einer Tropfenbildung kommen, sondern das Wasser mit den darin gelösten Stoffen wird im Augenblick des Austretens wahrscheinlich über eine grössere oder kleinere Partie der Blattspreite verbreitet werden. Für *Cannabis* sind solche Organe nicht bekannt. - Der Milchsaft kommt als Kalkspeicher bei den Moraceen garnicht, bei den untersuchten Cannabaceen nur in untergeordnetem Masse infrage. - Auf eventuell im Gewebe gelöst enthaltene Kalksalze konnten die Carbonat- und Oxalathaltigen Pflanzen nicht untersucht werden.

Im einzelnen sei an Befunden folgendes mitgeteilt: *Cannabis sativa L.* lässt beim Anschneiden nur wenig Saft ausfliessen, in dem sich mikro- und makrochemisch geringe Kalkmengen nachweisen lassen. Bei dieser Gelegenheit sei daran erinnert, dass das Vorkommen echter ungegliederter Milchröhren für *Cannabis* noch nicht unbedingt sicher gestellt zu sein scheint. Wir schliessen uns allerdings der Meinung von TSCHIRCH (44) an, nach der die weitlumigen, vornehmlich im Siebteil auftretenden Sekretbehälter als solche anzusprechen sind. Es sei aber darauf hingewiesen, dass im Gegensatz zu *Humulus* im Embryo von *Cannabis* nach CHAUVEAUD's Untersuchungen die Milchröhren fehlen (45). Für uns hat die endgiltige Entscheidung dieser Frage nur nebensächliche Bedeutung, wir hielten es jedoch für geboten, auf sie hinzuweisen. - Der oxalsaure Kalk ist in Form prächtiger Oxalatdrusen über den ganzen Axenquerschnitt vertreut und kommt in eben derselben Ausbildung auch im Mesophyll des Blattes vor. Des weiteren finden sich an der Blattoberseite die charakteristischen Cystolithe, ihnen gegenüber liegend treten an der Unterseite die Cystolithhaare deutlich hervor; ihre Bedeutung als Ablagerungsstätte mehr oder weniger grosser Calciumcarbonatmengen ist ja hinreichend bekannt. - Guttation habe ich nicht beobachten können, sie war ja auch nach den bisherigen diesbezüglichen anatomischen Angaben nicht zu erwarten. Erwähnenswert ist schliesslich

der Nitratreichtum des sauer reagierenden Saftes.

Von *Cannabis* unterscheidet sich *Humulus Lupulus Tourn.* im wesentlichen lediglich durch den erheblich geringeren Gehalt an Calciumoxalat, das hier auch als Drusen ausgebildet ist. - Der Saft tritt hier reichlich aus, verhält sich aber bezüglich der Menge der in ihm vorhandenen Kalksalze wie der von *Cannabis*. - Bezüglich der Carbonatablagerung und der Ausscheidung sowie hinsichtlich der Reaktion und des Nitratgehaltes des Saftes gilt das für *Cannabis* gesagte.

Von den Moraceen führt *Morus alba L.* in der Rinde Calciumoxalat vornehmlich in Form gut ausgebildeter Einzelkristalle, während Drusen nur ganz vereinzelt vorkommen. Auf Blattquerschnitten trifft man beide Formen nebeneinander an. Ein weiterer Teil des Kalküberschusses ist als Carbonat in den an der Blatt-Oberseite liegenden Cystolithen abgelagert. Der in ansehnlicher Menge ausfliessende Milchsaft kommt als Kalkspeicher nicht oder doch kaum infrage, makrochemisch bekam ich nur eine Spurreaktion, die mikrochemische Prüfung fiel etwas besser aus. - Guttation habe ich weder für *Morus alba*, noch für *Ficus Carica* und *Cecropia peltata* nachweisen können, obgleich, wie bereits betont, für eine ganze Reihe von Moraceen, allerdings nicht für *Morus*, Ausscheidungen angegeben werden. Es wurde auch bereits darauf hingewiesen, dass sich die Schwierigkeit des Guttations-Nachweises im wesentlichen mittelbar aus der Lage der Wasserspalten, unmittelbar aus dem dadurch bedingten sofortigen Auseinanderfliessen der Auscheidungsflüssigkeit erklären dürfte. Es sei hier nachgetragen, dass nach RENNER's Untersuchungen die Epithemhydathoden "zuweilen bei derselben Art vorkommen und fehlen" (46) . Daraus wird man wohl folgern dürfen, dass ihnen hier eine wesentliche physiologische Funktion nicht zukommt, sie also auch bei der Kalkreinigung nicht beteiligt sein werden, eine Vermutung, die ja auch mit der z.T. reichlichen Oxalat- und Carbonat-Bildung sehr wohl in Einklang zu bringen ist. - Bemerkenswert ist auch hier der auffallend reiche Nitratgehalt des sauer reagierenden Saftes.

Bei *Ficus Carica L.* erscheint auf Stengel-Längsschnitten die äusserste Schicht des rindenständigen Collenchyms wie mit Calciumoxalat gepflastert. Und zwar tritt es hier, soweit ich gesehen habe, nur als Einzelkristalle (Tafeln und Prismen) auf. In der übrigen Rinde und im Mark habe ich vergeblich nach Kristallen gesucht. In Blatt-Querschnitten scheinen Drusen und Einzelkristalle zu fehlen, hingegen finden sich hier kleine, unregelmässige Kriställchen, die unter gekreuzten Nicols aufleuchten, in Essigsäure unlöslich sind und auf Schwefelsäure-Zusatz keine Gipsbildung veranlassen. Da diese aber bekanntlich ausbleiben kann in Fällen, wo nur geringe Oxalatmengen zugegen sind (47), so möchte ich diese Bildungen dennoch als Calciumoxalat ansprechen..- Die grossen, hier vielfach zusammengesetzten Cystolithen treten hier, im Gegensatz zu *Morus alba*, an der Blatt-Unterseite auf. Der reichlich ausfliessende Milchsaft ist an der Kalkreinigung nicht beteiligt. Bezüglich der Guttation gilt das für *Morus alba* gesagte.

Cecropia peltata L. führt in Axe und Blatt gut ausgebildete Oxalatdrusen in wechselnder Grösse. Im Blattstiel finden sie sich vornehmlich im Siebteil, während man sie in der Rinde und im Mark nur ganz verstreut findet. Die äusserste Collenchymschicht des Blattstiels ist im Gegensatz zu der der beiden vorher besprochenen Formen kristallfrei. Dafür ist er dicht besetzt mit Cystolithhaaren, die übrigens auch an der Ober- und Unterseite der Blattspreite vorkommen. Hingegen habe ich eigentliche Cystolithe nicht angetroffen. Der beim Anschneiden in ansehnlicher Menge austretende Saft ist so gut wie kalkfrei. - Für die Ausscheidung ist zu wiederholen, was für *Morus alba* mitgeteilt wurde. - Der Milchsaft von *Cecropia peltata* sowie der von *Ficus Carica* reagiert schwach sauer, enthält aber im Gegensatz zu dem von *Morus alba* keine Nitrate.

Überblicken wir die Verhältnisse bei den Cannabaceen und Moraceen, so lassen sie sich sehr wohl zu denen der vorher besprochenen Familien in Beziehung setzen. Es lassen sich zwei Gruppen aufstellen, von denen die eine mit den Cannabaceen, die andere mit den Moraceen zusammenfällt.

Die Cannabaceen lassen sich parallel mit *Codiaeum* und unserer ersten Apocynaceen-Asclepiadeen-Gruppe unschwer an die Gattung *Euphorbia* angliedern; bei ihnen ist der Saft zweifellos als Kalkspeicher tätig, wenngleich die Oxalatbildung

daneben etwa gleichermassen (*Humulus*) oder in wesentlich höherem Grade (*Cannabis*) an der Kalkreinigung beteiligt ist. Als dritter, äusserst charakteristischer Modus der Kalkbeseitigung tritt hier die Carbonatbildung hinzu. Bei den Cannabaceen laufen also drei Formen der Kalkreinigung nebeneinander her, unter denen die Speicherung im Saft allerdings an letzter Stelle stehen dürfte.

Wie sich sodann unsere zweite Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe der ersten anreiht, so schliessen sich die Moraceen an die Cannabaceen an, beginnend mit *Morus alba*, in dessen Saft sich noch Spuren von Calcium nachweisen lassen, bei dem aber derselbe als Kalkspeicher nicht mehr angesprochen werden kann. In dieser Gruppe teilen sich also die Oxalat- und die Carbonatbildung in die Aufgabe der Kalkbeseitigung, wobei diesen - das gilt auch für die Cannabaceen - die Orte seiner Ablagerung durch die Lage der Cystolithe und Cystolith-Haare im wesentlichen jedenfalls vorgeschrieben sind.

Eine unserer dritten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe entsprechende fehlt hier ebenso wie bei den Euphorbiaceen.

Wir haben damit den ersten Formenkreis der Milchsaftpflanzen erledigt und gefunden, dass die anatomische Gleichwertigkeit ihrer Exkretbehälter - in diesem Fall der ungegliederten Milchröhren - durchaus nicht die physiologische der Inhalte zu bedingen braucht, wie jedenfalls für die hier in Rede stehende Spezialleistung der Kalkreinigung tatsächlich nicht bedingt. Ob der Milchsaft einer Pflanze als Kalkspeicher fungiert und in welchem Masse er es tut, oder ob er an der Beseitigung des Kalküberschusses überhaupt nicht beteiligt ist, das wird - die anatomische Gleichwertigkeit der Behälter einstweilen vorausgesetzt - wesentlich abhängig sein von der jeweiligen qualitativen und quantitativen Realisierung funktionell gleichwertiger Möglichkeiten, wobei es prinzipiell gleichgiltig ist, ob eben diese Möglichkeiten durch die Ausbildung wohl charakterisierter Organe (Epithemhydathoden, Wasserspalten), durch den Ablauf bestimmter chemischer Reaktionen (Oxalatbildung) oder durch Zusammenwirkung beider Kräfte (Cystolithe und Carbonatbildung) verwirklicht wird.

Anschliessend an die mit ungegliederten Milchröhren ausgestatteten Dicotyledonen besprechen wir

II. FORMEN MIT GEGLIEDERTEN MILCHRÖHREN.

EUPHORBIACEEN.

Von diesen gehören bekanntlich die beiden Gattungen *Hevea* und *Manihot* hierher; als einziger Vertreter stand mir *Manihot Glaziovii Müll. Arg.* zur Verfügung. Der hohe Kautschukgehalt des Milchsafts verschiedener *Hevea* (48)- und *Manihot*-Arten (49) und deren daraus sich ergebende grosse praktische Bedeutung ist ja bekannt. Nach den Angaben von PAX (50) kennen wir 129 *Manihot*-Arten, die zum grössten Teil in Ost- und Zentralbrasilien beheimatet sind und von denen verschiedene in allen Tropenländern kultiviert werden.

Um die mir zur Verfügung stehende, noch ziemlich junge Gewächshauspflanze nicht erheblich zu schädigen, schnitt ich nur 2 Blätter ab und begnügte mich mit der mikrochemischen Untersuchung des nur mässig austretenden, gleich eindickenden Safts. Er reagiert sauer, ist kristall- und Nitratfrei, enthält aber ansehnliche Mengen gelöster Kalksalze[1], sodass er durchaus als Kalkspeicher angesprochen werden kann. Daneben ist ein Teil des Kalküberschusses als Oxalat ausgefällt, das man auf Blattstiel-Längs- und -Querschnitten in ziemlicher Menge antrifft. So kommen Drusen namentlich in der peripheren Rinde ausserhalb der chlorophyllführenden Schichten und ferner (allerdings nur ganz vereinzelt) in den äussern Teiles des Marks vor. Ausser-

1) MOULAY (cit. nach ZIMMERMANN, l.c. 1913, p. 135) gibt für den Saft "11,48% Kali- und Natronsalz" an; Kalksalze werden nicht genannt. Das Fehlen der Kalksalze wäre ja möglich; sehr unwahrscheinlich ist aber ein Aschenrückstand, der die Menge der normalerweise im Milchsaft enthaltenen Aschenbestandteile um mindestens das 10-fache übersteigt. ZIMMERMANN bemerkt zu diesen Angaben mit Recht: "wenn diese Analyse richtig ausgeführt ist, muss es sich um einen ganz abnorm zusammengesetzten Milchsaft gehandelt haben." - Vergl. die weiteren Angaben daselbst.

dem sind in der Rinde, und zwar fast ausschliesslich an der Aussenseite des Sklerenchymringes, als Tafeln ausgebildete Einzelkristalle vorhanden. Im Blattquerschnitten habe ich trotz langem Suchen keine Einzelkristalle, wohl hingegen Drusen vorgefunden. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Zone um dem Haupt-Gefässbündelstrang kristallarm oder gar kristallfrei ist, eine Erscheinung, die uns auch bei der Apocynacee *Toxicophloea spectabilis* entgegentrat.

Da ich in der Literatur vergeblich nach Angaben über den Kalkgehalt des Saftes anderer *Manihot*- und *Hevea*-Arten gesucht habe (in den vorhandenen Analysen ist der Aschegehalt derselben immer nur in toto angeführt), so müssen wir darauf verzichten, bezüglich der Stellung dieser beiden Gruppen zu unserer Frage etwas sicheres auszumachen. Nur soviel dürfte feststehen, dass, da für beide Gattungen das Vorkommen von oxalsaurem Kalk angegeben wird, dem Milchsaft a l l e i n n i c h t die Aufgabe der Kalk-Beseitigung zufällt. - *Manihot Glaziovii* selbst wäre hinsichtlich dieser mit unserer ersten Apocynaceen-Asclepiadeaceen-Gruppe in Parallele zu stellen.

Bei den in den allermeisten Fällen ebenfalls mit gegliederten Milchröhren ausgestatteten

CAMPANULACEEN

ist, wie vorweg bemerkt sei, der Kalkgehalt (im Sinne eines Kalk-Überschusses) druchgehend ziemlich gering. Wie bei *Vinca*, so dürfte sich diese Tatsache auch hier in einer Reihe von Fällen aus einer mycotrophen Lebensweise erklären, wie sie STAHL (51) in den Alpen für *Campanula pusilla*, *C. Scheuchzeri*, *C. barbata* und *Phyteuma pauciflorum* nachgewiesen hat. - Sodann sei bemerkt, dass bekanntlich bei einer Reihe von *Campanula*-Arten Haare vorkommen, deren Membranen mit Calciumkarbonat inkrustiert sind. Wie schon eingangs bemerkt, sind dieser Art Vorkommnisse von Carbonat (und gegebenenfalls Oxalat) nicht im einzelnen berücksichtigt worden. - Was schliesslich die bei den Campanulaceen weit verbreiteten Wasserspalten anbelangt, so liegen sie vielfach in kleineren oder grösseren Abständen vom Blattrand entfernt auf der Oberseite des Blattes. Diese Lage erschwert - wie das schon bei den Moraceen betont wurde - die Feststellung der Guttation und noch mehr die Gewinnung der Ausscheidungsflüssigkeit oft sehr. Ihre Verteilung über die Blattfläche wird in vielen Fällen durch die Behaarung noch gefördert. Immerhin gelang es, in einer Reihe von Fällen etwas von dem Guttationswasser auf den Objektträger zu bringen und - das sei vorgeggenommen - in ihm Kalksalze nachzuweisen.

Untersucht wurden im Einzelnen eine Reihe von *Campanula* -Arten und Vertreter der Gattungen *Phyteuma*, *Specularia*, *Wahlenbergia* und *Sphenoclea*.

Campanula glomerata L. lässt, wie übrigens die meisten Campanulaceen, den Milchsaft beim Anschneiden nur spärlich austreten. Ich nahm trotzdem neben dem direkten Nachweis im Saft auch die makrochemische Prüfung auf Calcium vor und erhielt in beiden Fällen ein positives Resultat. Allerdings darf man - das gilt für die Gruppe ganz allgemein - die Kalksalze der Menge nach nicht mit den der meisten *Euphorbia*-Arten vergleichen, sondern muss sie etwa mit denen der Cannabaceen und unserm ersten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Typus in eine Reihe stellen. Oxalat fehlt hier, es kommt bei den Campanulaceen bekanntlich nur ganz ausnahmsweise vor. Dass wir das eventuell in den Haarmembranen vieler Formen abgelagerte Calciumcarbonat im einzelnen nicht berücksichtigen, obgleich seine Bedeutung für die Kalkbeseitigung bei stark behaarten Pflanzen gegebenenfalls nicht unterschätzt werden soll, wurde bereits gesagt. Als typische Form der Kalkreinigung bliebe also hier nur noch die Guttation übrig; es lässt sich bei *Campanula glomerata* auch Ausscheidung beobachten, aber es ist mit trotz häufigen Versuchen aus bereits erörterten Gründen nicht gelungen, ausreichende Mengen der Flüssigkeit auf den Objektträger zu überführen, um einwandfreies Resultat zu erhalten. In den minimalen Mengen, die ich abtupfen konnte, bildeten sich nach Zugabe von Schwefelsäure einige Gipsnadeln aus. Blaues Lackmuspapier wird durch die Ausscheidungsflüssigkeit schwach rot gefärbt. - Der Milchsaft reagiert ebenfalls leicht sauer, er enthält keine Nitrate. - Nennenswerte Mengen im Gewebe gelöst enthaltener Kalksalze habe ich nicht feststellen können.

Campanula sarmatica Ker-Gawl. stimmt bezüglich unserer Frage mit der vorhergehenden Art durchaus überein, sodass eine nähere Besprechung überflüssig ist. Erwähnt sei lediglich, dass ich hier etwas mehr Ausscheidungs-Flüssigkeit sammeln konnte, sodass das im übrigen gleiche Ergebnis bezüglich ihres Kalkgehaltes hier wohl als gesichert angenommen werden darf.

Campanula alliariifolia Willd. hat ebenfalls nur einen ziemlich spärlichen Saftausfluss aufzuweisen, immerhin stand mir genügend Material zur Verfügung, um auch die Veraschung vornehmen zu können. Die makro- wie die mikrochemische Reaktion zeigten deutlich Calcium an. Im schwach sauren Guttationswasser konnte ich es ebenfalls in beachtenswerter Menge nachweisen. - Interessant ist diese Art insofern, als der schwach sauer reagierende Saft mit Diphenylamin-Schwefelsäure eine deutliche Blaufärbung ergibt, also Nitrate enthält.

Hatte *Campanula alliariifolia* den beiden ersten Formen gegenüber einen etwas reicheren Saftaustritt aufzuweisen, so ist dieser bei *Campanula rotundifolia L.* wieder wesentlich geringer. Sein Kalkgehalt hingegen scheint hinter dem der übrigen Arten nicht zurückzustehen. Ein weiterer Teil des Kalküberschusses wird durch die Wasserexkretion nach aussen befördert. Die im Gewebe in gelöster Form vorkommenden Kalksalze brauchen wegen ihrer minimalen Menge nicht inbetracht gezogen zu werden. - Der Saft reagiert schwach sauer und ist nitratferi.

Campanula persicifolia L. lässt ihren Saft ebenfalls nur spärlich austreten. Bezüglich seines Gehaltes an gelösten Kalksalzen verhält er sich - wie beide Methoden dartun - ganz wie die genannten Arten. Das gleiche gilt für das schwach saure Hydathodenwasser. Mit dem gleichen Ergebnis wie bei *C. rotundifolia* wurden auch hier gewässerte Blatt- und Stengelschnitte auf gelöste Calciumsalze untersucht. - Der schwach saure Saft enthält keine Nitrate.

Campanula carpathca Jacq. schliesst sich in ihrem Verhalten bezüglich der in Rede stehenden Fragen im wesentlichen an die besprochenen Arten an; als Mittel zur Kalkbeseitigung kommen auch hier Speicherung im Saft und die Ausscheidung mit dem Guttationswasser inbetracht. Es mag erwähnt sein, dass es bei dieser Form als der einzigen gelang, nach einer Reihe vergeblicher Versuche Wasserexkretion in Tropfenform einwandfrei festzustellen.

Wir schliessen hier die Gattung *Phyteuma* an, die dadurch eine gewisse Sonderstellung einnimmt, dass hier Calciumoxalat vorkommen soll. Jedenfalls hat SCHMIDT (52) bei *Phyteuma spicatum L.* in der beiderseitigen Epidermis und im Mesophyll kleine, prismatische oder nadelförmige Kristalle beobachten können. W i e er ihre chemische Natur bestimmt hat, geht aus seinen Angaben nicht hervor. Wir können die Angabe SCHMIDT's bestätigen. Die kleinen Kristalle sind in Schwefelsäure löslich, in nächster Nähe der Schnitte kann man hin und wieder einige Gipsnadeln beobachten. Möglich wäre es ja natürlich auch, dass diese Gipsbildungen von im Zellsaft gelösten Kalksalzen herrühren könnten, doch glauben wir diesem Bedenken kein grosses Gewicht beilegen zu brauchen, da schon die Form der Kristalle, jedenfalls soweit es sich im Prismen handelt, sehr für die angenommene Zusammensetzung spricht. - Übereinstimmend mit SCHMIDT haben wir trotz längerem Suchen die genannten Kristallbildungen in den Blättern von *Phyteuma canescens W. et Kit.* nicht nachweisen können. Wurden Blattquerschnitte mit Schwefelsäure behandelt, so konnte man auch nach längerer Zeit nirgend Gipsausfällungen beobachten. Ob man den Ausfall dieser Reaktion mittelbar für *Ph. spicatum* auszuwerten berechtigt ist, derart, dass man die dort bei entsprechender Behandlung von Blattquerschnitten auftretenden Gipsnadeln auf die daselbst vorhandenen Kristalle zurückführt und daraus sowie aus ihrem Verhalten gegen Essigsäure und Schwefelsäure hinsichtlich der Löslichkeit eindeutig ihre chemische Zusammensetzung bestimmt, dürfte wohl zu bezweifeln sein. - Im übrigen sei kurz folgendes bemerkt: Bei *Ph. canescens* lassen sich in dem reichlich ausfliessenden Milchsaft nennenswerte Mengen von Kalksalzen sowohl mikro- als auch makrochemisch nachweisen. Desgleichen sind solche, wenn auch in geringerem Masse, in dem schwach sauren Ausscheidungswasser enthalten. - Ganz ähnlich verhält sich in diesem Punkt *Ph. spicatum*, nur milcht die Art wesentlich

weniger als *Ph. canescens*. - Der sauere Saft ist in beiden Fällen nitratfrei.

Specularia falcata A. DC. schliesst sich wiederum eng an die Gattung *Campanula* an, Oxalat wurde hier nicht beobachtet. Ein Unterschied ist jedoch insofern vorhanden, als hier der Milchsaft nur Spuren gelöster Kalksalze enthält und somit der Guttation im wesentlichen die Beseitigung des geringen Kalküberschusses obliegt. - Ausscheidungsflüssigkeit und Milchsaft reagieren schwach sauer, dieser enthält Spuren von Nitraten.

Bei *Wahlenbergia Roylei A. DC.* endlich ist der Kalkgehalt des Saftes so gering, dass ich ihn mikrochemisch nicht mehr nachweisen konnte und makrochemisch nur noch minimale Spuren von Calciumoxalat gebildet wurden. Hier ist also noch eindeutiger als bei *Specularia* - die Guttation die einzige Form der Kalkbeseitigung. - Der spärich austretende Saft reagiert, wie auch das sezernierte Wasser, schwach sauer und ist nitratfrei.

Eins Sonderstellung unter den Campanulaccen nimmt, namentlich bezüglich unserer Frage, die Gattung *Sphenoclea* ein, die, wie SCHMIDT (53) festgestellt hat, keine Milchröhren, wohl aber gut ausgebildete Drüsen besitzt. Ich habe die Angaben für die einzige Art der Gattung, *Sphenoclea zeylanica Gärtn.*, von der mir Herbarmaterial zur Verfügung stand, bestätigen können. Die Frage, ob neben der Oxalatbildung auch die Guttation bei der Kalkreinigung beteiligt sei, muss offen gelassen werden.

Von den neuerdings zu den Campanulaceen gestellten

LOBELIACEEN

wurden zwei Vertreter der Gattung *Lobelia* untersucht. Den Einzeldaten seien ein paar Worte über den Bau der Wasserspalten dieser Gruppe vorausgeschickt. Bis vor kurzem nahm man mit TSWETT und FLACHSBURGER (54) allgemein an, dass die Wasserspalten der *Campanuloideae* von denen der *Lobelioideae* sich dadurch unterschieden, dass hier "ihre Spalten durch die Cuticula verschlossen" seien "und von dieser aus je eine ziemlich dicke cutinisierte und in der Spaltöffnung verlaufende Leiste in den Spaltraum" vordringe. Dadurch würde ihre Funktion zweifellos illusorisch gemacht sein. Nun hat neuerdings NEUMANN-REICHARDT (55) u. a. auch die Wasserspalten der Lobeliaceen einer erneuten Untersuchung unterzogen, und er bemerkt zusammenfassend darüber (p. 35), dass diese Organe hier eine "ganz sonderbare, in ihrer Bedeutung noch unverständliche Einrichtung" aufweisen. Die abweichende Bauart kommt darin zum Ausdruck, dass der "Porus .... hier von der keilförmig verdickten, stark kutinisierten Mittellamelle der zwischen den Porenzellen auftretenden Scheidewand durchsetzt und von der Cuticula überdeckt" wird, "die aber nicht, wie TSWETT angibt, unversehrt ist, sondern Löcher und Risse aufweist, durch die das Wasser hindurchtritt". Allerdings betont NUEMANN-REICHARDT auf p. 19, dass an ä l t e r e n (von mir gesperrt) Blättern auch Wasserspalten vorgekommen seien, "die die Durchlöcherung der Cuticula nicht erkennen liessen".

Aus dem anatomischen Bau der Wasserspalten ergibt sich ohne weiteres, dass die Guttation zum mindesten wesentlich erschwert, an älteren Blättern vielfach wohl unmöglich sein wird. Mir ist es denn auch trotz vielen Versuchen nicht gelungen, bei den beiden untersuchten Formen jemals Ausscheidungsflüssigkeit festzustellen (56).

Im übrigen sei kurz folgendes bemerkt:

Lobelia ramosa Bth. lässt ihren Saft beim Anschneiden nur so spärlich austreten, dass ich für die makrochemische Prüfung nicht genügend einsammeln konnte oder doch befürchten musste, durch zu häufiges Abtropfen verhältnismässig viel Zellsaft mitzubekommen. Die mikrochemische Reaktion fällt positiv aus; soweit bei solchen Schätzungsresultaten ein Vergleich zulässig ist, scheinen die im Saft gespeicherten Kalkmengen etwa die gleichen zu sein wie bei den Campanulaceen im engeren Sinne.

Lobelia cardinalis L. schliesst sich in ihrem Verhalten jener durchaus an. Der Milchsaft reagiert beide male schwach sauer und enthält keine Nitrate. - Im Gewebe lassen sich Spuren gelöster Kalksalze nachweisen.

Bei der Gattung *Lobelia* - ob auch bei den übrigen Gattungen der *Lobeliaceae* sei dahingestellt - wird der nur geringe Kalküberschuss in der Hauptsache im Milchsaft gespeichert, wir haben hier also eine Gruppe, die bezüglich unserer Frage der Gattung *Euphorbia* q u a l i t a t i v sehr nahe steht.

Wenn wir nunmehr versuchen, die als systematische Einheit gefasste Gruppe der *Campanulaceae-Lobeliaceae* hinsichtlich der Frage der Kalkreinigung zu gliedern und mit den bisherigen Typen in Zusammenhang zu bringen, so soll an dieser Stelle zunächst noch einmal nachdrücklich auf den durchgehends geringen Kalküberschuss dieser Formen hingewiesen werden. Denn eben diese r e l a t i v e Kalkarmut bedingt ihrerseits wiederum eine q uan t i t a t i v e Ungleichwertigkeit der hier jeweils vorhandenen gegenüber eben denselben, aber an relativ kalkreichen Pflanzen auftretenden Beseitigungsmöglichkeiten, eine Ungleichwertigkeit, die natürlich auf die infrage kommenden Organe oder chemischen Vorgänge als die Bedingungen eben jener Beseitigungsmöglichkeiten zurückfällt. Diese q u a n t i t a t i v e Ungleichwertigkeit der Beseitigungsmöglichkeiten kann aber u.E. deren q u a l i t a t i v e n Wert als solche keinen Abbruch tun, so lange ein Leistungsminimum nicht unterschritten wird. Wir bestimmen dieses Leistungsminimum dahin, dass wir sagen: Von einer Form der Kalkreinigung sprechen wir überall dort, wo durch einen eindeutig bestimmten Vorgang dem engeren Stoffwechsel der Pflanze eine nennenswerte, d.h. mikro- und makrochemisch deutlich nachweisbare Menge Calcium entzogen wird.

Diese z.T. etwas theoretische Auseinandersetzung schien uns geboten, obgleich wir von vorn herein nicht im Zweifel darüber gewesen sind, dass sie infolge ihrer notwendigen Unvollständigkeit sowohl von praktischer als auch von theoretsicher Seite wohl angegriffen werden kann.

Unter Berücksichtigung dieser Ausführung lassen sich nun die Campanulaceen-Lobeliaceen hinsichtlich der Kalkreinigung unschwer in 3 Gruppen gliedern.

An erster Stelle wäre von den Lobeliaceen die Gattung *Lobelia* zu nennen, deren Kalküberschuss jedenfalls in seiner überwiegenden Menge im Milchsaft gespeichert wird und die mithin ain Analogon zu den für unsere Frage typischen *Euphorbia*-Arten liefert.

Wie dann *Codiaeum* an *Euphorbia* , so schliessen sich die Gattungen *Campanula* und *Phyteuma* an *Lobelia* an, lediglich mit dem Unterschied, dass dort als zweite Form der Kalkbeseitigung die Oxalatbildung, hier die Guttation erscheint. Bei *Phyteuma* käme möglicherweise die Oxalatbildung als dritter Modus hinzu, doch möchten wir diese Frage nicht endgiltig entscheiden, unso weniger, als bisher nur für *Ph. spicatum* die erwähnten kleinen Oxalatkristalle nachgewiesen worden sind.

An dritter Stelle wären, parallel etwa zu *Ricinus* und *Mercurialis* , die Gattungen *Specularia* und *Wahlenbergia* zu nennen. Hier wie dort kommt der garnicht oder nur spärlich ausfliessende Saft als Kalkspeicher nicht mehr infrage; dort übernimmt die Oxalatbildung, hier die Guttation allein die Beseitigung des Kalk-Überschusses.

Eine Sonderstellung endlich nimmt, wie bereits betont, die Gattung *Sphenoclea* ein, der gegliederte Milchröhren völlig fehlen, und bei der nun der überschüssige Kalk als Oxalat ausgefällt und mithin dem Stoffwechsel entzogen wird. Ob daneben Guttation vorhanden, ob sie gegebenenfalls bei der Kalkreinigung beteiligt ist, muss dahingestellt bleiben. - Wenn wir die Gattung *Sphenoclea*, die, wie gesagt, weder Milchröhren noch Milchröhren-ähnliche Exkretorgane besitzt, in unsere Untersuchungen einbezogen haben, so geschah es deswegen, weil uns hier das Vikariieren zwischen Oxalat einer- und Milchsaft anderseits recht deutlich zu sein scheint. Während wir also bei der überwiegenden Mehrzahl der Campanulaceen Milchsaft, aber keine Oxalatbildung antreffen, ist hier der umgekehrte Fall. Dass wir natürlich die Verhältnisse nicht schlechthin verallgemeinern dürfen, ist selbstverständlich, zumal es ja schon unter den besprochenen Pflanzen eine ganze Reihe, und selbst unter den Campanulaceen einige Formen gibt, die Milchsaft u n d Oxalat nebeneinander führen, es zum andern aber auch nicht an Pflanzen fehlt, die w e d e r Milchsaft n o c h Oxalat enthalten.

Innerhalb der Familie der hier anzuschliessenden

PAPAVERACEEN

kommen bekanntlich neben einer Reihe von Gattungen mit gegliederten Milchröhren auch solche vor, die nur Milchsaft-Z e l l e n besitzen, wie beispielsweise die Gruppen *Glaucium, Eschscholzia* und *Bocconia*. Wir sehen von diesen Formen einstweilen ab und besprechen hier eine Reihe von *Papaver*Arten und *Chelidonium majus*.

Wie bekannt, gehören die Papaveraceen in der überwiegenden Mehrzahl zu den intensiv ausscheidenden Gewächsen, und es steht demnach von vorn herein zu erwarten, dass eben diese Guttation auch für unsere Frage nach der Kalkreinigung von Bedeutung sein wird. Es ist nun, wie das im einzelnen darzutun sein wird, tatsächlich so, dass mit der Ausscheidungsflüssigkeit der weitaus grösste Teil des Kalküberschusses nach aussen befördert wird. Nun dürfte aber dieser Kalküberschuss, soweit wir es nach unsern vergleichenden Untersuchungen beurteilen können, durchweg noch geringer sein als der der Campanulaceen und Lobeliaceen, derart, dass der Milchsaft als eigentlicher Kalkspeicher nicht mehr infrage kommt. Gewiss lassen sich in der Mehrzahl der Fälle Spuren von Kalksalzen in ihm nachweisen, und es dünkt uns wahrscheinlich (was durch erhöhte Kalkzufuhr experimentell zu erweisen wäre), dass der Saft als Kalkspeicher fungieren k ö n n t e, aber diese eventuelle Möglichkeit ändert an der Tatsache nichts, dass er unter normalen Verhältnissen - und darauf kommt es doch wesentlich an - nicht zu dieser Leistung herangezogen werden dürfte. Carbonat ist bekanntlich bei den Papaveraceen nirgends, Oxalat nur bei der Gattung *Bocconia* angetroffen worden. - Ich habe Blatt- und Stengelschnitte einer Reihe von Formen auf gelöste Kalksalze untersucht, stets mit dem gleichen Ergebnis, dass nämlich nur sehr geringe Mengen derselben im Gewebe vorhanden sind. - Bemerkenswert ist schliesslich die Tatsache, dass der kalkarme bzw. kalkfreie Saft vielfach eine deutliche Nitratreaktion gibt.

An Einzeldaten sei kurz folgendes mitgeteilt:

Papaver somniferum L., eine Pflanze mit mässigem Saftaustritt, hat einen recht kalkarmen Saft. Auf Schwefelsäure-Zusatz trat eine Gipsbildung nicht ein, wurde etwas mehr Saft verascht und der Rückstand mit Essigsäure aufgenommen und mit Ammoniumoxalat versetzt, so bekam man eine schwache Trübung, es hatten sich also Spuren von Calciumoxalat gebildet. - Im Ausscheidungswasser hingegen fiel die mikro- und makrochemische Reaktion auf Calcium deutlich positiv aus. - Es mag hier erwähnt sein, dass ich in der Wand der Fruchtkapsel ganz vereinzelt kleine Oxalatkristalle gefunden habe, in den vegetativen Teilen habe ich kein Oxalat angetroffen. Da die wenigen Kristalle als Oxalatbildung in u n s e r m Sinne nicht inbetracht kommen, habe ich deren eventuelles Vorkommen in den Kapselwandungen anderer Arten nicht weiter verfolgt; es sei aber an dieser Stelle daran erinnert, dass auch gewisse *Caryophyllaceae, Valerianaceae* und *Primulaceae* in den Reproduktionsorganen oxalsauren Kalk führen, während solcher den vegetativen Teilen fehlt (57).- Milchsaft und Ausscheidungswasser von *Papver somniferum* reagieren schwach sauer.

Papaver orientale L. unterscheidet sich von der soeben besprochenen Form einmal dadurch, dass hier scheinbar der Kalkgehalt des Saftes etwas grösser ist - jedenfalls gab hier auch die Behandlung mit Schwefelsäure wenigstens eine Spuren-Reaktion - und sodann durch den Nitratgehalt des schwach sauren Saftes. Im übrigen gilt bezüglich unserer Frage für ihn das gleiche, was für *P. somniferum* festgestellt wurde. - Gegenüber *P. orientale* dürfte bei

Papaver bracteatum Lindl. der Milchsaft wiederum etwas kalkreicher sein. Jedenfalls ergaben die mikro- und makrochemische Prüfung schwach positive Resultate, also etwas mehr als blosse Spurenreaktionen. Die entsprechenden Untersuchungen des Guttationswassers liefern deutlichere Ergebnisse. - Saft und Guttationswasser reagieren sauer, der Saft enthält auch hier wieder Nitrate.

Bei *Papaver strictum Boiss. et Heldr.* verschieben sich die Verhältnisse insofern, als sich im Saft nur Spuren von Calcium nachweisen lassen, die Guttation aber, soweit ich beobachten konnte, intensiver statthat als bei *P. bracteatum*. Im übrigen ist zu wiederholen was für diese Form gesagt wurde.

Papaver lateritium C. Koch ist bezüglich unserer Frage charakterisiert durch eine scheinbar wenig intensive Wasser-Exkretion. Im Guttationswasser ist mikro-

und makrochemisch deutlich Calcium nachzuweisen. Der Saft ist sehr kalkarm, mittels Schwefelsäure bekommt man keine Gipsbildung, Veraschung und Weiterbehandlung des Rückstandes ergibt eine Spurenreaktion. - Michsaft und Guttationswasser reagieren schwach sauer; jener ergab mit Diphenylamin-Schwefelsäure eine intensive Blaufärbung.

Papaver Argemone L. scheidet erheblich stärker aus als die soeben besprochene Art, im sezernierten Wasser lassen sich Kalksalze makro- und mikrochemisch nachweisen. Aus dem Saft fällt Schwefelsäure vereinzelte Gipsnadeln aus, Veraschung und Behandlung der Asche mit Essigsäure und Ammonoxalat geben Spuren von Calciumoxalat. - Nitrate liessen sich im schwach sauer reagierenden Saft nicht nachweisen. - Ganz ähnlich verhält sich

Papaver Rhoeas L., nur fällt hier die mikrochemische Prüfung des Safts wesentlich besser aus als bei den meisten andern Formen; die makrochemische Untersuchung lieferte nur Spuren von Calciumoxalat. Ein weiterer Unterschied gegenüber der vorigen Art ist durch den Nitratgehalt des Safts gegeben.

Als letzte Form dieser Gattung wurde *Papaver nudicaule L.* untersucht, die wie alle andern kalkhaltiges Wasser ausscheidet. Bezüglich des Safts gilt dasselbe, was von dem der eben besprochenen Art gesagt wurde: mikrochemisch bekommt man einigermassen deutlich, makrochemisch hingegen nur spurenweise Reaktion. - Mit Diphenylamin-Schwefelsäure färbt sich der Saft erst rot, später violett. - Es sei, soweit es in den einzelnen Fällen nicht schon bemerkt ist, allgemein nachgetragen, dass Saft und Guttationswasser schwach sauer reagieren.

Aus der Gattung *Chelidonium* wurden *Ch. majus L.* und dessen Abart *Ch. laciniatum Mill.* untersucht, die sich bezüglich unserer Frage vollständig gleich verhalten. Beim Anschneiden lassen beide Formen einen praktisch kalkfreien Saft in ansehnlichen Mengen austreten. Der geringe Kalküberschuss wird mit dem sezernierten Wasser nach aussen befördert. - Gelöste Kalksalze sind im Gewebe nur in äusserst geringer Menge vorhanden. - Es sei hier an den Reichtum des Saftes an Alkaloiden erinnert, die mit Mineralsäuren in charakteristischen Formen ausfallen. Da manche von diesen mit Gipsnadeln verwechselt werden können, so kommt der mikrochemische Kalknachweis hier nicht infrage. - Der Saft scheint, soweit ich feststellen konnte, neutral zu reagieren; er enthält ansehnliche Mengen von Nitraten.

Fassen wir die gewonnenen Ergebnisse zusammen, so ist zu wiederholen, dass die Papaveraceen unter den besprochenen Familien insofern eine Sonderstellung einnehmen, als bei ihnen der Milchsaft als eigentlicher Kalkspeicher nicht angesehen werden kann. Experimentelle Untersuchungen werden darüber zu entscheiden haben, ob ihm - was uns sehr unwahrscheinlich dünkt - die Fähigkeit zur Ausübung dieser Funktion prinzipiell abgeht, oder ob er lediglich deswegen nicht an der Kalkreinigung beteiligt ist, weil der relativ geringe Kalküberschuss mit dem Guttationswasser mühelos nach aussen befördert werden kann. - In unserm System würden die mit g e g l i e d e r t e n Milchröhren ausgestatteten Papaveraceen als einheitliche Gruppe in die nächste Nähe des dritten Campanulaceen-Typs *Specularia-Wahlenbergia* zu stellen sein. - Von den nunmehr zu besprechenden

COMPOSITAE

kommen für uns an dieser Stelle enmal die Cichorieen und sodann die, nach Untersuchungen von COL (58) ebenfalls mit gegliederten Milchröhren ausgestatteten Gattungen *Carlina* und *Gazania* in Betracht. Was den Kalküberschuss anbetrifft, so ist er bei einer Reihe von Formen annähernd so gross wie bei den Papaveraceen, bei andern Arten ist er praktisch garnicht vorhanden. In der ersten Gruppe werden die geringen Mengen gelöster Kalksalze mit dem Guttationswasser nach aussen befördert, ganz so, wie wir es bei den Papaveraceen kennen gelernt haben. Der Milchsaft kommt, wie sich aus dem gesagten schon ergibt, auch bei den in Rede stehenden Compositen als Kalkspeicher nicht infrage. - Oxalat habe ich nur bei *Carlina* gefunden, hier tritt es als Rhaphiden auf. Calciumcarbonat wird als Membraneinlagerung mancher Compositen-Haare angegeben (59), sein Vorkommen ist nicht berücksichtigt. Die im Gewebe enthaltenen, gelösten Kalksalze spielen infolge ihrer geringen Menge keine Rolle.

Die Einzeluntersuchungen ergaben folgendes: in dem reichlich ausfliessenden Saft von *Lactuca Scariola L.* lässt sich mikro- und makrochemisch Calcium in Spuren nachweisen. Das sauer reagierende Hydathodenwasser gibt mit Schwefelsäure eine einigermassen deutliche Reaktion. - Auf Zusatz von Diphenylamin-Schwefelsäure färbt sich der sauer reagierende Saft gelb.

Lactuca virosa L. milcht sehr stark, enthält aber im Saft nur minimale Spuren von Calciumsalzen. Die mikrochemische Prüfung lieferte ganz vereinzelt einige Gipsnadeln, die Veraschung und weitere Behandlung mit Essigsäure und Ammoniumoxalat ergab ein negatives Resultat, es war überhaupt keine durch Calciumoxalat bedingte Trübung festzustellen. Bezüglich der Ausscheidungsflüssigkeit und ihres Kalkgehaltes ist zu wiederholen, was für *Lactuca Scariola* gesagt wurde. - Die Nitratprobe ist unklar, der saure Saft färbt sich rot. - Bei

Cichorium Intybus L. konnte ich in dem mässig ausfliessenden Saft weder direkt noch nach Veraschung auch nur Spuren von Calcium nachweisen. Der geringe Kalküberschuss wird auch hier mit dem Guttationswasser nach aussen befördert. - Der sauer reagierende Saft ist nitratfrei.

Tragopogon major Jacq. gehört wieder zu den sehr stark milchenden Formen. Im Saft bilden sich auf Schwefelsäure-Zusatz einige wenige Gipsnadeln, die makrochemische Untersuchung liefert ein negatives Resultat. Im übrigen gilt auch hier, was für *Cichorium Intybus* gesagt ist.

Tragopogon campestris Bess. schliesst sich bezüglich unserer Frage völlig den Verhältnissen bei *Tr. major* an, nur milcht jene Art nicht so stark.

Das gleiche gilt für *Sonchus palustris L.*, nur dass hier die im Gewebe in gelöster Form vorkommenden Kalksalze etwas deutlicher hervortreten als bei allen andern daraufhin untersuchten Formen.

Prenanthes purpurea L. lässt beim Anschneiden den Saft nur mässig ausfliessen. Kalksalze liessen sich darin weder mikro- noch makrochemisch nachweisen. Im schwach sauren Hydathodenwasser dagegen ist Calcium enthalten. Nitrate sind auch hier in dem sauer reagierenden Saft nicht vorhanden. - Von dieser Form weicht

Hieracium umbellatum L. insofern ab, als hier auf Zusatz von Diphenylamin-Schwefelsäure eine leichte Blaufärbung eintritt. - Die Pflanze ist übrigens nach STAHL's Angaben (60) mycotroph, doch scheint dies hier auf den geringen Kalküberschuss keinerlei Einfluss zu haben. - Bei der reichlich milchenden

Chondrilla juncea L. lassen sich im Saft makro- und mikrochemisch Spuren von Kalksalzen nachweisen. Eine einigermassen deutliche Reaktion auf Calcium liefert wiederum die Ausscheidungsflüssigkeit. - Im sauer reagierenden Saft sind geringe Nitratmengen vorhanden. - Wie diese Form, so verhält sich im wesentlichen auch

Taraxacum officinale Web. et Wigg., für das MOLISCH allerdings eine deutliche Reaktion bei direktem Nachweis im Saft angibt. Ich habe den Saft mehrfach untersucht, eine e i n i g e r m a s s e n deutliche, nicht eigentlich deutliche Reaktion habe ich nur einmal beobachtet.

Es sollen nun noch einige Cichoriaceen besprochen werden, bei denen auch mittels des Hydathodenwassers nur Spuren von Calcium ausgeschieden werden, und solche, bei denen ich Guttation überhaupt nicht feststellen konnte. So ist z.B.

Lactuca perennis L. eine Form, bei der ich trotz mehrfachen Versuchen Ausscheidung niemals habe beobachten können. Untersucht man den reichlich ausfliessenden Saft auf Calcium, so bekommt man auf Schwefelsäure-Zusatz ganz vereinzelt einige wenige Gipsnadeln; die makrochemische Prüfung fällt völlig negativ aus.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei *Scorzonera laciniata L.* und *Sc. purpurea L.*; Guttation ist nicht vorhanden und der Saft enthält keinerlei Kalksalze. - Nitrate sind in geringer Menge vorhanden. - Auch bei

Mulgedium macrophyllum DC. fehlt, soweit meine Beobachtungen reichen, die Wasserexkretion, hingegen sind im Saft der stark milchenden Pflanze Spuren von Calcium mikro- und makrochemisch nachweisbar. - Die Nitratreaktion bleibt unklar, der saure Saft wird rot. - Ganz ähnlich verhält sich

Crepis sibirica L., ein Unterschied ist nur insofern vorhanden, als hier geringe Nitratmengen im Saft vorkommen.

Scolymus hispanicus L., bei dem ich Guttation auch nicht beobachten konnte, hat

so gut wie kein Calcium im Milchsaft aufzuweisen, jedenfalls verläuft die makrochemische Reaktion glatt negativ; bei direktem Nachweis im Saft habe ich hie und da eine Gipsnadel gesehen. - Der Milchsaft reagiert sehr schwach sauer und ist nitratfrei. - Von Cynareen wurde

Carlina acaulis L. untersucht. Der reichlich ausfliessende, scheinbar neutral oder doch nur sehr schwach sauer reagierende Saft gibt mikrochemisch eine schwache, makrochemisch eine sehr starke Reaktion auf Calcium. Ausscheidung habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können. - Interessant und bereits erwähnt ist das Vorkommen von Calciumoxalat, das sich als Rhaphiden im Mark und in der Rinde sowie auch im Mesophyll findet. - Nitrate liessen sich im Saft nicht nachweisen.

Schliesslich sei noch die Arctodidee

Gazania ringens Mnch. erwähnt, die nur spärlich milcht und nach dem mikrochemischen Befund geringe Mengen von Calciumsalzen im Saft enthält. Zur makrochemischen Untersuchung reichte die mir zur Verfügung stehende Saftmenge nicht recht aus. Guttation wurde nicht beobachtet. - Der saure Saft ist nitratfrei.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei den Compositen der Milchsaft für die Kalkspeicherung keinerlei Bedeutung hat. Dieser Umstand, sowie ferner die Tatsache, dass der, wenn überhaupt vorhandene, sehr geringe Kalküberschuss mittels des Hydathodenwassers nach aussen befördert wird, weist ihnen in unserer Übersicht eindeutig ihren Platz an. Wir gliedern unsere Compositen in 3 Gruppen:

Die erste hat e i n e n Modus der Kalkbeseitigung verwirklicht, die Guttation; sie rangiert parallel unserer dritten Campanulaceen-Lobeliaceen- und der einzigen Papaveraceen-Abteilung.

An zweiter Stelle steht dann, als einziger Vertreter dieser Gruppe, *Carlina acaulis*, bei der der "Milchsaft" ebenfalls nicht als Kalkspeicher benützt und die Guttation hinsichtlich der Kalkreinigung durch die Oxalatbildung ersetzt wird. Wir werden diese Form also mit unserer zweiten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe in eine Reihe stellen können.

In einer dritten Abteilung werden sodann alle Formen untergebracht, bei denen ein nennenswerter Kalküberschuss garnicht vorhanden, irgendwelche Mittel zu seiner Beseitigung mithin nicht erforderlich sind. Sie wäre mit unserer dritten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe zu vergleichen.

Unter den mit gegliederten Milchröhren ausgestatteten Dicotyledonen besprechen wir an letzter Stelle die

PAPAYACEEN.

Der bekannteste Vertreter dieser Familie, *Carica Papaya L.*, der "Melonenbaum" lässt aus abgeschnittenen jungen Trieben mässige Mengen Saft austreten, während der Ausfluss aus dem Blattstiel älterer Blätter nur recht spärlich zu sein pflegt. Mit Schwefelsäure behandelt, bekommt man eine starke Reaktion auf Calcium, die makrochemische Reaktion liefert ein weniger deutliches Resultat. Immerhin scheint der Saft als Kalkspeicher zu fungieren, wenn auch das im Gewebe vorhandene Oxalat für die Kalkreinigung die Hauptsache leistn mag. Der oxalsaure Kalk kommt in Form gut ausgebildeter Drusen in Blatt und Axe vor. Daneben trifft man Einzelkristalle an. - Es sei hinzugefügt, dass der saure Saft sehr nitratreich ist. - *Carica Papaya* zeigt also bezüglich unserer Frage ein Verhalten, das dem unserer ersten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe einigermassen entspricht.

Unter den Monocotyledonen besitzen echte gegliederte Milchröhren nur ein Teil der

AROIDEEN,

von denen zwei *Xanthosoma*- Arten und je ein Vertreter der Gattungen *Colocasia* und *Alocasia* untersucht wurden. Wir sehen unserer Einteilung gemäss an dieser Stelle von der Besprechung der Musaceen ab, da deren Milchsaftbehälter entweder Milchsaft-Zellen oder Übergänge dieser zu den gegliederten Milchröhren darstellen (61). Gemeinsam ist bekanntlich den Musaceen und den Aroideen der Gerbstoffreichtum der

"Milchröhren"-Inhalte, eine Tatsache, aufgrund deren DE BARY (62) eine physiologische Gleichwertigkeit des Milchsafts dieser beiden anzunehmen geneigt ist. Diese ihrer Funktion nach s. E. wohl den anatomisch verschiedenen Gerbstoffbehältern anzureihenden Exkretbehälter sind nach De BARY's Meinung den "gerbstoffärmeren oder gerbstoffreien und zu den Siebröhren in nächster Beziehung stehenden" Milchsaft führenden Elementen der übrigen Familien gegenüberzustellen. Wir können der Meinung De BARY's nicht beipflichten, sind vielmehr mit MOLISCH (63) der Ansicht, dass den "Milchröhren" der Aroideen und Musaceen keine andere Hauptfunktion zuzuschreiben sein wird, als den gerbstoffreien "Milchröhren" (64) der anderen Familien. Was die von De BARY gemutmasste physiologische Beziehung zwischen Milchsaftbehältern und Siebröhren anbelangt, so hat sich dieselbe nach KNIEP's (65) Untersuchungen im allgemeinen nicht bestätigen lassen.

Wir kommen zur Mitteilung der für unsere Frage wesentlichen Einzeldaten und besprechen zunächst die Befunde bei

Alocasia odora C. Koch. - Schneidet man ein Blatt dieser Pflanze ab, so treten aus der Schnittfläche des an der Pflanze verbiebenen wie aus der des abgeschnitteten Teils des Blattstiels Tröpfchen eines wenig milchigen Saftes aus. Dieser Saftausfluss erstreckt sich über eine längere Zeit. So konnte ich nach der ersten Ausbeute von der Schnittfläche eines mit dieser senkrecht nach unten hängenden Blattes noch etwa 5 - 6 mal in Zeiträumen von etwa 5 - 10 Minuten einen grösseren, durch das Zusammenfliessen kleinerer entstandenen, Tropfen abtupfen. Der im Augenblick des Ausfliessens sauer reagierende Saft dickt in kleinen Mengen sehr bald zu einer fast farblosen, gelatinösen Masse ein, enthält keine Kristalle und färbt sich auf Zugabe von Diphenylamin-Schwefelsäure zunächst blau, es sind mithin Nitrate vorhanden. Diese Blaufärbung verschwindet jedoch bald, um einer gelbgrünen und schliesslich braunen Farbe Platz zu machen. Sein Kalkgehalt ist ausserordentlich gross, wie es sowohl die mikro- als auch die makrochemische Untersuchung dartut. Zu jener ist zu bemerken, dass neben einer Fülle von Gipsnadeln , -Nadelbüscheln und -Täfelchen auch Kristallaggregate vorkommen, die an die bei *Euphorbia tirucalli* und *E. Laro* beobachteten und besprochenen Gebilde erinnern. Auch bei *Alocasia odora* habe ich solche Gips-Nadelbüschel (ihre chemische Natur scheint mir, wenn freilich auch nicht einwandfrei erwiesen, nicht zweifelhaft) angetroffen, die von tafelartigen Kristallen unterlagert waren, die bezüglich ihrer Form allerdings von den bei den genannten Euphorbien beschriebenen abwichen und hier, soweit ich sehen konnte, einheitliche Kristalle darstellen. Ob diese Tafeln ebenfalls aus Gips bestehen, möchte ich nicht entscheiden; ich halte es immerhin für sehr wahrscheinlich.

Recht interessante Ergebnisse lieferte die Untersuchung verschieden alter Blätter bezüglich des Vorkommens von Oxalat. Es sie vorweg bemerkt, dass im günstigsten Fall dasselbe in viererlei Form angetroffen wurde, als Rhaphiden, als Sand, als Drusen und (allerdings nur ganz vereinzelt) als Einzelkristalle.

Untersucht man einen Blatts t i e l zu einer Zeit, in der die zugehörige Lamina noch ganz gelblichweiss und völlig eingerollt ist, so findet man auf den Querschnitten regellos zerstreut typische Rhaphiden-Idioblasten. Sie grenzen vielfach an den Zellenring an, der die grossen und zahlreichen Interzellularen umgibt, sind also durch diesen von dem Hohlraum getrennt. Andere Oxalat-Vorkommnisse habe ich auch auf Längsschnitten nicht beobachten können. - Vergleicht man nun diese Bilder mit solchen, die Quer- und Längsschnitte durch Blattstiele liefern, deren gelbgrüne bis hellgrüne Lamina eben im Begriff ist, sich auszubreiten, so stimmen sie darin überein, dass auch hier Rhaphidenbündel vorkommen, sie unterscheiden sich aber durch die Lagerung derselben. Im zweiten Fall grenzen die Idioblasten direkt an die Interzellularen, ja sie ragen meistens blasenartig in dieselben hinein. Wie diese Verlagerung zustande kommt, muss ich dahingestellt sein lassen, es dünkt mich wenig wahrscheinlich, dass sie die Zellen des den Interzellulargang umschliessenden Ringes gewissermassen beiseite gedrängt haben. Es scheint dies umso weniger wahrscheinlich, als die Ringzellen (ein Wort, das allerdings zur Verwechselung Anlass geben könnte) ursprünglich mehr in die Länge, später mehr in die Breite gestreckt zu sein scheinen. Ich sehe aber auch kei-

ne andere Erklärungsmöglichkeit für diese Tatsache. - Ausser Rhaphiden kommt hin und wieder auch Kristallsand vor. - Auf Schnitten durch den Petiolus ausgebildeter Blätter begegnet man dann ausser den Rhaphiden (bezüglich deren Lage das für den zweiten Fall gesagte zu wiederholen ist) Drusen, allerdings in ziemlich geringer Zahl, und dem charakteristischen Kristallsand, der sich in 1 - 2 Häufchen im Lumen der weitaus meisten zentralen, chlorophyllfreien Zellen findet, während er, soweit ich beobachten konnte, den peripheren, mit Blattgrün ausgestatteten Zellen fehlt. - Bezüglich der Rhaphiden-Idioblasten mag noch erwähnt sein, dass ich in den meisten Fällen mehrere solcher (vielfach 2 - 6) in die Interzellularräume hineinragen sah. Noch häufiger sind sie in den sekundären Blattnerven, hier grenzen oft 12 und mehr Rhaphidenzellen (im selben Querschnitt natürlich) an einen Interzellulargang. Schliesslich bleibt noch hinzuzufügen, dass in jedem Idioblasten möglicherweise mehrere Rhaphidenbündel enthalten sein können (66), jedoch wurde das nicht des näheren untersucht.

Prinzipiell verhält sich die Lamina auf verschiedenen Entwickelungsstufen bezüglich der Ausbildung von Calciumoxalat ähnlich wie der Blattstiel. Auf Querschnitten durch die noch völlig eingerollte Blattspreite sind die Rhaphidenzellen nicht eben häufig. Sie treten entweder direkt unter der Epidermis oder etwas mehr nach der Mitte des Blattes zu auf. Drusen konnte ich nicht beobachten, hingegen fanden sich vereinzelt kleine, unter gekreuzten Nicols aufleuchtende Pünktchen, über deren chemische Natur ich aber nichts auszusagen vermag. - In etwas älteren, eben in Entfaltung begriffenen Spreiten kommen neben den Rhaphiden zahlreiche Drusen vor, und zwar beobachtet man sie vorwiegend in der Nähe der beiderseitigen Epidermis. - In fertig ausgebildeten Blattspreiten treten die Rhaphiden zurück. Das dürfte sich wahrscheinlich daraus erklären, dass nachtäglich keine neuen Rhaphiden gebildet werden, sondern dass im Verlauf der weiteren Entwickelung das Oxalat in Form von Sand, Drusen oder Einzelkristallen abgelagert wird [1]. Die ursprünglich vorhandenen Rhaphiden-Idioblasten würden infolge des Wachstums des Blattes weiter auseinander gerückt sein, wodurch dann ihre scheinbare Abnahme in Schnitten verständlich würde. Die Drusen finden sich vornehmlich in der Nähe der Blatt-Unterseite, daneben kommen sie vereinzelt im Mesophyll und nahe der Blatt-Oberseite vor. In der oberseitigen Epidermis habe ich ferner einmal bröckelige Einzelkristalle, in der Nähe der Blatt-Unterseite einige male kleine im polarisierten Licht aufleuchtende Gebilde beobachtet. Ob es sich hier um Kristallsand gehandelt hat, bleibe dahingestellt. - Für die Beseitigung des grossen Kalküberschusses werden also Milchsaft und Oxalatbildung in erheblichem Masse herangezogen. Der Guttation (67) schein eine nennenswerte Bedeutung für die Kalkreinigung nicht zuzukommen. Calciumcarbonat wurde nicht beobachtet.

Die beiden untersuchten *Xanthosoma*-Arten stimmen im wesentlichen mit *Alocasia*

---

1) Es sei hier daran erinnert, dass SCHIMPER das in jugendlichen Pflanzenteilen vornehmlich als Rhaphiden auftretende, seiner Meinung nach ohne Beteiligung äusserer Umstände, lediglich durch das Zusammentreten seiner beiden vorhandenen Komponenten entstehende Oxalat als primäres, dem in älteren und ausgewachsenen Blättern oft in grosser Menge (meist in Form von Drusen oder Einzelkristallen) vorhandenen als sekundärem gegenüberstellt. Zur Bildung eben dieses sekundären Oxalats sind nach seiner und KOHL's Meinung Licht, Chlorophyll und Transpiration notwendige Vorbedingungen. Ich habe mich zu dieser Auffassung bereits früher kritisch geäussert, und zunächst betont, dass dieser Einteilung - es kommen noch tertiäres und quartäres Oxalat hinzu - praktisch umso weniger Bedutung zukommt, als verschiedene Forscher in der Benennung der einzelnen Arten voneinander abweichen. "Ungeachtet dieser Schwächen schint mir der von KOHL und SCHIMPER betonte Unterschied in der Bildung des p r i m ä r e n und s e k u n d ä r e n Oxalats garnicht physikalisch- oder chemisch-physiologischer Natur, sondern rein temporärer Art zu sein, will sagen: die verschiedenen, oder besser: verschieden scheinenden Voraussetzungen der Oxalatbildung erklären sich aus dem jeweiligen Entwickelungsstadium der Pflanze oder des betreffenden Pflanzenteils, aus der Zeit, in der die Produktion stattfindet. Näheres vergl. ONKEN in Prometheus 1917, p. 778 ff. Daselbst Literaturangaben.

odora überein.

Xanthosoma Maximiliana Schott lässt beim Anschneiden nach und nach eine recht ansehnliche Menge milchigen Safts ausfliessen. Er reagiert sauer, enthält keine Kristalle und Nitrate, wohl aber sehr viel Calcium. Auf Schwefelsäure-Zusatz bilden sich neben den charakteristischen Gipsnadeln, -Nadelbüscheln und -Täfelchen auch flächenartige Aggregate, die, aus Tafelpaaren zusammengesetzt, ganz so aussehen wie die bei *Euphorbia tirucalli* und *E. Laro* beobachteten. - Untersucht man Schnitte aus dem Stiel und der Spreite älterer Blätter, so findet man bezüglich des Oxalatvorkommens das gleiche wie bei *Alocasia*, also Rhaphiden, Drusen und Sand im Petiolus, Rhaphiden und Drusen in der Lamina. Daneben schein Kristallsand vereinzelt vorzukommen.

Xanthosoma violacea Schott verhält sich der andern Art sehr ähnlich, nur scheint hier der Kalkgehalt des Saftes nicht ganz so bedeutend zu sein. Bei der mikrochemischen Reaktion fällt der Gips vornehmlich in Nadeln aus. Die für *X. Maximiliana* beobachteten Aggregate habe ich hier nicht angetroffen. - Wie im Saft, so scheint auch im Gewebe das Calcium etwas zurückzutreten, soweit sich das aus dem Vergleich einer Reihe von Präparaten ersehen lässt. In Blattstielen, deren Lamina noch eingerollt ist, trifft man lediglich Rhaphiden-Idioblasten, die hier vielfach in die Interzellularen hineinragen. In den Stielen ausgebildeter Blätter kommen ausserdem kleine Drusen vor. Was den Kristallsand anbelangt, so habe ich ihn lediglich in Schnitten angetroffen, die dem basalen Teil des Petiolus entnommen waren. - Die Lamina enthält, solange sie noch nicht ausgebildet ist, im wesentlichen nur Rhaphiden, ganz vereinzelt kommt daneben Kristallsand vor. In der fertig ausgebildeten Spreite finden sich ausserdem Drüsen, die allerdings vielfach nicht charakteristisch ausgebildet und oft sehr klein sind, sodass man hin und wieder im Zweifel sein kann, ob man ein sehr dichtes Häufchen von Kristallsand oder ein drusenartiges Gebilde vor sich hat. - Wie bei *Alocasia odora*, so wird auch bei den beiden *Xanthosomen* der Kalküberschuss z.T. im Milchsaft gespeichert, z.T. als Oxalat abgelagert. Die Guttation kommt für die Kalkreinigung kaum in betracht.

Als Vertreter der durch eine oft enorme Guttation (68) ausgezeichneten Colocasien wurde *Clocasia multifida Hort* untersucht. Der Saft tritt hier spärlicher aus als bei den andern Formen, gibt eine intensive Nitratreaktion, enthält aber nur mässige Kalkmengen. Bei dem geringen Saftaustritt sah ich, um nicht zuviel Material zu verbrauchen, von der Veraschung ab, was umso eher geschehen konnte, als die mikrochemische Prüfung durchaus eindeutig ausfällt. - Weiterhin ist es charakteristisch, dass auch das Oxalat wesentlich zurücktritt. Auf Blattstiel-Längs- und Querschnitten habe ich niemals Rhaphiden und Drusen sondern immer nur Kristallsand vorgefunden. In der Spreite fehlen die Rhaphiden zwar nicht ganz, sind jedoch, soweit meine Beobachtungen an Schnitten aus verschiedenen Teilen derselben reichen, nur selten anzutreffen. Ausserdem kommt Kristallsand vor, während Drusen gänzlich zu fehlen scheinen und Einzelkristalle nur ein mal (als Tafel) beobachtet wurden. -

Es liegt nun die Frage nahe, ob das Zurücktreten des Calciums im Saft und im Gewebe mit der stärkeren Guttation in ursächlichem Zusammenhang stehe, ob, mit andern Worten, bei *Colocasia multifida* ein wesentlicher Teil des Kalküberschusses mit dem sezernierten Wasser nach aussen befördert werde. Diese Frage wird letzten Endes nur durch quantitative Untersuchungen entschieden werden können (69), wie das für das Problem der exkretphysiologischen Bedeutung der Guttation ganz allgemein schon an anderer Stelle betont wurde. In ein bis zwei Tropfen der Ausscheidungsflüssigkeit-Mengen also, wie sie für die qualitative mikrochemische Reaktion genommen wurden, liess sich kein Calcium nachweisen. Das darf nicht wundernehmen, wenn man bedenkt, dass UNGER (70) den Aschenrückstand des Hydathodenwassers von *Colocasia antiquorum* zu 0,008% betsimmte und wenn man die Voraussetzung macht, dass die verschiednen *Colocasia*-Arten sich in dieser Beziehung ähnlich verhalten. Welchen Anteil das Calcium an den geringen Aschenmengen hat ist meines Wissens bisher nicht untersucht worden.

Es handelt sich hier nun allerdings nicht, wie es im ersten Augenblick den

Anschein hat, um ein rein e x k r e tphysiologisches Problem, sondern es spielt in diese Frage ein e r n ä h r u n g sphysiologishces Moment hinein, das dem exkretphysiologischen in gewissem Sinne ent-gengerichtet ist. Dieses angedeutete ernährungsphysiologische Moment ist dadurch gegeben, dass die Guttation, als sichtbarer Ausdruck einer intensiven Nährsalz-Durchströmung, doch wohl gewiss eine Anreicherung eben dieser Salze - also auch des Calciums - in der Pflanze bedingt, wie sie durch die normale Transpiration im allgemeinen nicht erreicht wird. Eben diese, durch die Ausscheidung wenigstens mittelbar verursachte Salzzufuhr- E r h ö h u n g steht nun, als ihre e r n ä h r u n g sphysiologische Leistung der Sezernierung von wasserlöslichen Mineralsalzen (und organischen Stoffen) als ihre e x k r e tphysiologische Leistung gegenüber. Zahlenmässig werden wir bestenfalls nur diese letztere festlegen können, jene von der durch die Transpiration schlechthin bedingten Nährsalzzufuhr zu trennen und numerisch zu bestimmen dürfte - einstweilen jedenfalls - schwer möglich sein. Aus diesem Grunde wird sich auch über das Verhältnis beider zueinander im günstigsten Fall nur m i t t e l b a r etwas aussagen lassen. Einen Anhaltspunkt dürfte uns - wenn wir uns auf das Calcium beschränken - das Vorkommen von oxalsaurem Kalk, bzw. sein Fehlen in guttierenden Pflanzen liefern. Beide angedeuteten Fälle sind in der Natur verwrklicht. - In einer Reihe krautiger, mehr oder minder stark ausscheidender Monocotyledonen (*Cyperaceae*, viele *Gramineae*) und Dicotyledonen (*Fumariaceae, Valerianaceae, Plantaginaceae*) fehlt das Calciumoxalat. Und da nun bei diesen Pflanzen ein eventueller Kalküberschuss auch nicht wenigstens teilweise anderweitig beseitigt ist - etwa durch Speicherung im Milchsaft wie bei den Campanulaceen oder durch Ablagerung als Carbonat wie es bei den Cruciferen der Fall ist (71) - so ist es doch zum mindesten wahrscheinlich, dass in diesen Fällen die e x k r e tphysiologische Leistung der Guttation r e l a t i v ebenso gross oder grösser ist, als ihre e r n ä h r u n g sphysiologische. Wit unterstreichen das Wort "relativ" und wollen damit andeuten, dass die durch die Ausscheidung beseitigte Kalkmenge natürlich nicht so gross oder gar grösser zu sein braucht - und es wohl auch niemals ist - als die durch die von der Guttation bewirkten Salzaufnahmee r h ö h u n g m e h r in die Pflanze gelangte Quantität, sondern lediglich ebensogross oder grösser sein muss als d e r Teil eben dieser M e h r -Menge, der n i c h t zum Aufbau der Pflanze verwandt worden ist und somit als Kalkü b e r s c h u s s seine Beseitigung auf diese oder jene Weise - hier durch das Guttationswasser - erforderlich macht.

Andererseits fehlt es nun aber auch nicht an Pflanzen, die, obwohl sie ausscheiden, dennoch Oxalat in dieser oder jener Form enthalten, wobei wir von eventuell hinzukommenden oder ausschliesslich vorhandenen andern Formen der Kalkreinigung enmal absehen. In diesen Fällen ist also die e r n ä h r u n g s -physiologische Leistung der Guttation relativ grösser als ihre e x k r e t -physiologische, und das Plus jener findet seinen exkretphysiologischen Ausdruck in der Ablagerung der Oxalatkristalle.

Es bleibt dann hier die Frage noch offen, ob die Entstehung der R a p h i d e n, die doch in mehrfacher Hinsicht eine Sonderstellung unter den verschiedenen Formen des Oxalats ainnehmen, ohne weiteres in den hier erörterten Modus der Oxalatbildung mit einbegriffen werden darf. Wenn wir uns daran erinnern, dass erstens die zur Bildung von Rhaphiden benützte Kalkmenge sehr gering ist, dass zweitens, gerade bei den hier in Rede stehenden Arten (*Impatiens, Balsamina, Galium* u.a.) der Kalkgehalt des Samens genügt um ihre Bildung zu ermöglichen und dass drittens endlich - was mit dem vorhergehenden schon indirekt gesagt ist - die Entstehung derselben, in der Hauptsache jedenfalls, sehr frühzeitig erfolgt, dann will es uns zweifelhaft erscheinen, ob die Rhaphiden ihre Entstehung dem e r n ä h r u n g s-physiologischen Plus der Guttation verdanken. Aber selbst wenn ihre ursprüngliche Bildung oder ihre eventuelle nachträgliche Vermehrung in dem genannten Moment ihre stoffliche Voraussetzung hat, so wird man u.E. eben diese, vielleicht als Leistungsüberschuss zu bezeichnende Wirkung der Guttation n i c h t a l s ihren, oder vielleicht besser, als einen ihrer Zwecke ansehen dürfen, wie es Stahl zu tun scheint (72), selbst dann nicht als einen ihrer Zwecke ansehen dürfen, wenn man das ö k o l o g i s c h e Moment der Schutzwirkung der Rhaphiden mit in Rechnung

stellt. Nicht die Tatsache, dass unter "normalen Umständen ... die reichliche Guttation den Erwerb des bei diesen raschwüchsigen, n a d e l r e i c h e n Gewächsen erforderlichen Calciums" eben doch im Sinne einer für die Rhaphidenbildung Verwendung findenden Kalk-Ü b e r s c h u s s e s -"s i c h e r t" (73) wobei dies "Sichern" nach dem bei STAHL voraufgehenden Abschnitt und nach seiner ganzen Denkart gleich "bezwecken" zu setzen ist - sondern vielmehr der Umstand, dass durch die Ausscheidung eine der schnellen Entwickelung der Pflanzen entsprechende Quantität von B a u s t o f f e n , und, soweit es a l s s o l c h e r inbetracht kommt, a u c h Calcium, sowie ihr genügende Wassermengen zur Verfügung stehen, scheint uns hier wesentlich und als ernährungsphysiologischer Zweck der Guttation anzusprechen zu sein. Ihr e x k r e t p h y s i o l o g i s c h - e r Zweck ist dann aber nicht etwa die durch übermässige Salzzufuhr ermöglichte Exkret-B i l d u n g ganz allgemein, - worunter als Spezialfall die durch überreiche Kalkzufuhr bedingte Oxalatbildung fallen würde -, sondern ganz im Gegenteil eine mehr oder minder intensive Exkret-B e s e i t i g u n g. Die E x k r - e t b i l d u n g in guttierenden Pflanzen ist - um es noch einmal zu betonen - u.E. lediglich der e x k r e t-physiologische Ausdruck der Tatsache, dass in diesen in praxi gewiss recht häufigen Fällen die e r n ä h r u n g s -physiologische Leistung der Guttation r e l a t i v g r ö s s e r ist als ihre e x - k r e t-physiologische. Mit dem uns beinahe überflüssig erscheinenden Hinweis, dass wir, um der gedanklichen Klarheit willen, von allen äussern und innern Umständen, die die Verhältnisse sehr wohl modifizieren und ihnen ihre Eindeutigkeit nehmen können, abstrahiert haben, beschliessen wir diese, uns doch wohl notwendig erscheinende theoretische Auseinandersetzung.

Die hier für *Colocasia* ausgesprochene Vermutung, dass der geringere Oxalatgehalt mit der intensiveren Guttation in einem Causalzusammenhang stehe, derart, dass durch diese ein Teil des Kalküberschusses in wasserlöslicher Form ausgeschieden würde, lässt sich nunmehr exakt folgendermassen formulieren: Das Zurücktreten des Oxalats bei *Colocasia* lässt, als exkretphysiologischer Ausdruck der ernährungsphysiologischen Mehrleistung der Guttation auf eine Abnahme eben dieser Mehrleistung gegenüber der exkretphysiologischen Leistung schliessen. Dabei kommt die dadurch bedingte Annäherung der beiden Leistungen dadurch zustande, dass bei der, durch die intensivere Guttation bedingten absoluten Zunahme beider Leistungen, die exkretphysiologische relativ stärker wächst. Ob und wieweit der hypostasierte, hier lediglich begrifflich klargelegte Kausalnexus zwischen Guttation und Oxalatbildung wirklich besteht, ob und inwieweit andere Ursachen und Wirkungen hier mit im Spiele sind oder gar allein und ausschliesslich in Betracht kommen, das im einzelnen experimentell darzulegen kann, soweit sich diese zweifellos nicht einfache Aufgabe überhaupt lösen lässt, hier natürlich nicht unsere Absicht sein.

Praktisch begnügen wir uns mit der bereits erwähnten Tatsache, dass der Kalkgehalt des Guttationswassers von *Colocasia* - in kleinern Mengen genommen jedenfalls - beinahe gleich null ist und mithin die Guttation hier, zum Unterschied von der Milchsaftspeicherung und Oxalatbildung, für die Kalkreinigung nicht wesentlich inbetracht kommen dürfte.

Fassen wir die uns angehenden Einzeldaten der mit gegliederten Milchröhren ausgestatteten Aroideen zusammen, so ergibt sich, dass der Milchsaft und die Oxalatbildung in gleicher Weise an der Beseitigung des Kalk-Überschusses beteiligt sind, während die Guttation in dieser Beziehung wenig oder praktisch garnichts leisten dürfte. In unserer Übersicht würden also die untersuchten Aroideen als einheitliche Gruppe an die oxalatfreien *Euphorbia*-Arten anzuschliessen und mit unserer ersten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe, den Cannabaceen und ähnlichen Typen in Parallele zu stellen sein.

Wir beschliessen damit die Untersuchung der mit gegliederten Milchröhren ausgestatteten Pflanzen und stellen fest, dass auch hier, ganz analog wie bei den mit ungegliederten Milchröhren ausgerüsteten Formen, der Milchsaft in sehr verschiedenem Masse an der Kalkreinigung beteiligt ist. Gerade die Aroideen haben uns noch gezeigt, dass auch der Inhalt der gegliederten Milchröhren - wenigstens ist es bei *Alocasia* und *Xanthosoma* so - in ganz unzweideutiger Wiese als Kalk-

speicher angesprochen werden kann. Wenn also in den übrigen Familien des zweiten Formenkreises der Milchsaft vielfach ganz wesentlich kalkärmer oder praktisch gar kalkfrei ist, so hat das seine Ursache nicht in der anatomischen Beschaffenheit seiner Behälter, sondern in dem jeweils vorhandenen Kalküberschuss und in den jeweils anderweitig gegebenen Möglichkeiten zu seiner Beseitigung.

III. FORMEN MIT "MILCHSAFT" FÜHRENDEN, ANATOMISCH VERSCHIEDENEN EXKRETBEHÄLTERN.

Bezüglich ihres anatomischen Baues sei auf das vielfach genannte Werk SOLEREDER's und auf die dort angegebene Spezialliteratur verwiesen. Wir eröffnen auch diese Gruppe mit einigen Vertretern der

EUPHORBIACEEN,

und zwar handelt es sich hier um Arten der Gattung *Acalypha*, die mit sekretorischen Zellreihen ausgestattet ist.

Acalypha spec. lässt beim Durchschneiden des Blattstiels eine ziemliche Menge eines fast klaren Safts austreten, im dem Oxalatkristalle nicht enthalten sind, der aber, wie ich mikrochemisch feststellen konnte, Spuren von Calcium enthält. - Auf Stengel-Längs- und -Querschnitten trifft man Oxalatdrusen in sehr grosser Menge an. Im Mark sind es typische, grosse Formen, in der Rinde sind Grösse und Scharfkantigkeit derselben z.T. wesentlich geringer. In der Spreite treten die Drusen der Zahl nach erheblich zurück. - Der Saft reagiert sauer und ist sehr nitratreich.

Nur recht spärlich tritt der Saft bei *Acalypha Sanderiana Hort.* aus. Der Kalkgehalt des Safts ist hier minimal. Das anatomische Bild, die Reaktion und der Nitratgehalt desselben stimmen ebenfalls mit dem für die andere Form bekommenen Resultaten überein.

Bei *Acalypha Dorotheae Hort.* ist ein Saft-Ausfluss nicht eigentlich vorhanden. Tupft man die feuchte Schnittfläche auf einen Objektträger ab, und versetzt die minimale Flüssigkeitsmenge - die man als "Saft" nicht bezeichnen kann, da bei solch geringen Mengen der hinzukommende Zellsaft mit berücksichtigt werden muss - mit einem Tropfen Schwefelsäure, so bekommt man überhaupt keine Gipsbildung, die Flüssigkeit ist also kalkfrei. Im übrigen ist zu wiederholen, was für die beiden andern Arten gesagt ist, abgesehen davon, dass bei der letzten Art der Nitratgehalt der Flüssigkeit recht gering war. - Carbonatbildung und Guttation wurden nicht festgestellt.

In der Gattung *Acalypha* ist demnach der "Milchsaft", soweit ein solcher vorhanden ist, an der Speicherung des Kalküberschusses nicht in nennenswerter Weise beteiligt, derselbe wird als Oxalat im Gewebe festgelegt. Wir haben also hier ganz ähnliche Verhältnisse wie bei *Mercurialis* und *Ricinus*.

In der Familie der

PAPAVERACEEN

fehlen echte gegliederte Milchröhren u.a. bei *Glaucium*, *Bocconia* und *Eschscholzia*. Hier treten Milchsaft-Z e l l e n an ihre Stelle,

Glaucium luteum Scop., eine mässig milchende Pflanze, enthält nur sehr geringe Kalkmengen im Saft, sodass man diesen als Kalkspeicher nicht ansprechen kann. Carbonat und Oxalat sind im Gewebe nicht vorhanden. Der Kalküberschuss wird in dem reichlich sezernierten Wasser nach aussen befördert, wie die mikro- und makrochemische Prüfung desselben es dartun. - Der schwach saure Saft enthält reichlich Nitrate.

Eschscholzia californica Lindl., eine intensiv ausscheidende Form, verhält sich im wesentlichen wie *Glaucium luteum*. Allerdings fällt die Reaktion der Guttationsflüssigkeit auf Calcium geringer aus. Im mässig ausfliessenden, schwach sauer reagierenden Saft lässt sich mikrochemisch kein Kalk nachweisen, makrochemisch bekommt man eine Spuren-Reaktion. Es kommt somit auch hier der Saft als Kalkspeicher nicht infrage. - Der Nitratgehalt des Saftes tritt hier wesentlich

zurück.

Bocconia cordata Willd. führt im Gegensatz zu den beiden andern Arten gut ausgebildete Drusen in der Lamina, im übrigen ist das Gewebe oxalatfrei. Ein weiterer Teil des Kalküberschusses wird mit dem Hydathodenwasser nach aussen befördert. Im reichlich ausfliessenden, eine Spur sauer reagierenden Milchsaft sind geringe Kalkmengen nachweisbar. - Nitrate sind nur in Spuren vorhanden. - Den minimalen, im Zellsaft gelösten Kalkverbindungen brauchen wir keine weitere Beachtung zu schenken.

Bezüglich unserer Frage gliedern sich also die mit Milchsaft-Z e l l e n ausgerüsteten Papaveraceen in zwei Gruppen:

Die erste: *Glaucium-Eschscholzia* ist in Parallele zu setzen mit den in dem II. Formenkreis behandelten Papaveraceen, hier wie dort wird der geringe Kalküberschuss durch die Guttation beseitigt.

Der zweite, duch *Bocconia* vertretene Typus hat neben der Ausscheidung noch die Oxalatbildung als weiteren Modus der Kalkreinigung ausgebildet, während der Milchsaft auch hier als Speicher nicht inbetracht kommt. - Unter den

COMPOSITEN

gibt es bekanntlich eine Reihe von Formen, die durch langgestreckte Sekretzellen ausgezeichnet sind. Es gehören dazu u.a. *Carduus, Lappa* und *Cirsium.*

Bei *Carduus* und *Lappa* war allerdings der Saftaustritt so gering, dass ich diese Pflanzen in die Untersuchung nicht einbezog.

Cirsium arvense Scop., eine mässig milchende Form, enthält in dem sauren Saft nennenswerte Kalkmengen, wie das beide Methoden dartun. Im Hydathodenwasser hingegen sind nur Spuren von Calcium nachweisbar. Oxalat und Carbonat sind in der Pflanze nicht vorhanden. Die minimalen Mengen der im Gewebe in gelöster Form vorkommenden Kalksalze sind für uns bedeutungslos. - Im Saft lassen sich geringe Mitratmengen nachweisen.

Bei *Cirsium* ist also der allerdings geringe Kalk-Überschuss im Saft gespeichert, die Guttation leistet für seine Beseitigung praktisch kaum etwas. Wir werden also diese Gattung parallel zu *Lobelia* und zu den oxalatfreien Euphorbien zu stellen haben. In jedem der drei grossen Formenkreise haben wir also je eine Gruppe, bei der - praktisch genommen wenigstens - der Milchsaft allein für die Beseitigung des überschüssigen Calciums in Frage kommt, wobei es zunächst gleichgiltig ist, ob dieser Kalküberschuss gross oder gering ist. - Wir schliessen hier die Besprechung dreier Vertreter der zu den

ANACARDIACEEN

gehörigen Gattung *Rhus* an, die mit schizogenen Harzgängen ausgestattet sind.

Stengellängsschnitte von *Rhus typhina L.* sind reich an oxalsaurem Kalk, der in Form von Drusen vornehmlich in den an das Collenchym grenzenden Rindenzellen abgelagert ist, im Siebteil sehr zurücktritt und im Mark gänzlich zu fehlen scheint. Auf Blatt-Querschnitten ist die Unterseite dicht mit Kristallen besät; ferner häufen sich in der Lamina die Drusen in der Nähe der Gefässbündel. Wird der Saft der gut milchenden Pflanze mit Schwefelsäure versetzt, so scheiden sich aus ihm nach kurzer Zeit Gipskristalle in ziemlicher Menge ab. Noch deutlicher als die mikrochemische fällt die makrochemische Reaktion aus. - Guttation und Carbonat wurden nicht beobachtet. - Der Saft gibt auf Diphenylamin-Schwefelsäure-Zusatz keine Blaufärbung. - Bezüglich der Ausbildung der Drusen sei hinzugefügt, dass dieselben vielfach ohne die charakteriestischen, scharfkantigen, spitzigen Vorsprünge vorkommen und sie, zumal man hin und wieder eine schwache radiale Streifung zu erkennen glaubt, vielleicht besser als Mischformen zwischen Drusen und Sphaeriten zu bezeichnen wären. Neben diesen drusenartigen Formen kommen bei *Rhus typhina* auch Einzelkristalle vor, sodass die Behauptung SANIO's (74), es seien lediglich jene vorhanden, nicht zutrifft.

Rhus glabra L. (var. laciniata) verhält sich in vieler Beziehung gerade so wie

Rhus typhina. Im Saft lassen sich auch hier mikro- und makrochemisch ansehnliche Kalkmenge nachweisen. Das Calciumoxalat hingegen tritt zurück; auf Stengel-Längs- und -Querschnitten trifft man es nur in den peripheren Rindenpartien, nicht aber mit Sicherheit an. Bezüglich der Kristallformeist zu wiederholen, was für *Rhus thyphina* gesagt wurde, mit dem Unterschied allerdings, dass hier die Einzelkristalle fehlen. - Carbonat, Guttation und Nitrate wurden nicht festgestellt.

Bei *Rhus toxicodendron L.* tritt oxalsaurer Kalk nur noch in der Lamina auf, wo er vornehmlich in Form von Einzelkristallen abgelagert ist. Der nitratfreie, saure Saft tritt hier im Gegensatz zu den beiden andern Arten nur recht spärlich aus, sodass eine zur makrochemischen Untersuchung erforderliche Menge nicht gewonnen wurde. Sein Kalkgehalt dürfte, nach der mikrochemischen Reaktion, hinter dem des Saftes von *Rhus typhina* und *Rh. glabra* kaum zurückstehen. - Carbonat und Guttation fehlen.

Zusammenfassend stellen wir also fest, dass bei der Gattung *Rhus* der Kalküberschuss teils im Safte gespeichert, teils als Oxalat abgelagert wird. In unserer Übersicht würden wir sie also in die Nähe unserer ersten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe zu stellen haben.

Einigermassen ähnlich verhält sich hinsichtlich unserer Frage unter den

ACERACEEN

Acer Pseudo-Platanus L. Die hier vorhandenen Sekretschläuche haben einen milchigen Inhalt, der beim Durchschneiden eines Blattstiels in mässiger Menge ausfliesst. Sowohl mittels Schwefelsäure als auch - nach vorhergegangeren Veraschung - mittels Essigsäure und Ammoniumoxalat lassen sich in ihm nennenswerte Kalkmengen nachweisen. Oxalat kommt in Blatt und Axe vor und zwar in Form von Drusen, bezüglich deren Ausbildung zu wiederholen ist, was für *Rhus typhina* gesagt wurde (75). Ganz vereinzelt habe ich auch Einzelkristalle angetroffen, sodass wir auch hier die Angabe SANIO's (76), es kämen lediglich Drusen vor, nicht bestätigen können. - Bezüglich des Calciumcarbonats sei daran erinnert, dass MOLISCH (77) solches in den Markzellen verschiedener *Acer*-Stämme gefunden hat. - Guttation wurde nicht beobachtet. - Nitrate sind in dem sauren Saft nicht vorhanden.

Sollte die Carbonatbildung für die Kalkreinigung wesentlich sein, was nach den Befunden von MOLISCH der Fall sein dürfte, dann würden wie *Acer Pseudo-Platanus* an die Cannabaceen-Gruppe angliedern, bei der bekanntlich drei Formen der Kalkbeseitigung nebeneinander wirksam sind: Speicherung im Saft, Oxalatbildung und Carbonatablagerung in den Cystolithen. - Die milchenden Exkretbehälter der

SAPOTACEEN

sind die Milchsaftzellen oder -Zellreihen, die nach den Angaben CHIMANI's (78) durch wiederholte Kommunikation zu Milchröhren werden. Auch CHARLIER (79) hält es für durchaus möglich, dass "die Zellen in den älteren Axen schliesslich zu einem gegliedertem Milchröhrensystem verschmelzen".

Untersucht wurde *Mimusops Elengi L.*, deren spärlich austretender Saft zahlreiche kleine, unregelmässige Oxalatkristalle enthält. Diese, jedenfalls für *Mimusops globosa Gärtn.* und *M. Balata Grh.* längst bekannte Tatsache (80) dürfte MOLISCH (81) der diese Pflanze selbst nicht untersuchte, übersehen haben. Ich erwähne das lediglich, weil MOLISCH ausdrücklich darauf aufmerksam macht, "dass der Kalk, soweit die Untersuchungen reichen, niemals in Kristallform in den intakten Milchröhren aufzufinden ist, sondern dass er ursprünglich stets gelöst vorkommt", - ein Umstand, der Beachtung verdiene, "weil im Schleimsaft zahlreicher Monocotylen (Amaryllidaceen, Commelynaceen etc.) gerade der Kalk in fester Form, und zwar in Gestalt der Kalkoxalat-Rhaphiden abgelagert wird", Dieser Unterschied ist also, wie unsere in Rede stehende Pflanze zeigt, nicht durchgreifend, er ist es, wie hier vorweggenommen sein umsoweniger, als im Schleimsaft mancher Liliaceen (*Allium, Crinum*) zwar keine geformten, wohl aber gelöste Kalksalze (wenn auch, wie bei *Allium* in sehr geringer Menge) vorkommen. - Versetzt man den Saft von *Mimusops Elen-*

gi mit Schwefelsäure, so bekommt man nach einiger Zeit eine äusserst intensive Gipsbildung. Ob das erforderliche Calcium alles dem ursprünglich vorhandenen Oxalat entstammt, oder ob im Saft auch noch gelöste Kalksalze vorhanden sind, muss dahingestellt bleiben. - Oxalat kommt auch in Form von Einzelkristallen in Blatt und Axe in mässiger Menge vor. - Nitrate sind im sauren Saft nicht nachgewiesen. *Mimusops Elengi* verhält sich also hinsichtlich unserer Frage etwa wie unsere erste Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe: der Kalküberschuss wird z.T. im Saft gespeichert, z.T. als Oxalat festgelegt. Ob andere Sapotaceen ein ähnliches Verhalten aufweisen, muss einstweilen dahingestellt bleiben. Es mag aber erwähnt sein, dass bei *Chrysophyllum Grisebachii Mez* (82) kohlensaurer Kalk im Gefässlumen abgeschieden ist. - An nächster Stelle besprechen wir von den

URTICACEEN

im engeren Sinne zwei Angehörige der Gattung *Urtica: U. dioica* und *U. canadensis L.* Die Behälter des "Milchsafts" sind nach GRAVIS (83) "nur ziemlich weite Bastfasern", die in der Rinde eben durch ihr oft weites Lumen unschwer zu erkennen sind.

Urtica dioica L. lässt beim Anschneiden eine mässige Saftmenge austreten, in der sich mikro- und makrochemisch Spuren von Calcium nachweisen lassen. - Auf Stengel-Querschnitten findet man das Calciumoxalat meist in Form schöner Drusen an der Aussenseite der Siebteile, da es auch in den sie trennenden parenchymatischen Brücken nicht fehlt, so bildet es in der Rinde einen geschlossenen Ring. Vereinzelt findet man es auch an der Innenseite der Holzteile sowie in den peripheren Rindenzellschichten. Die Lamina ist oxalatfrei, besitzt aber bekanntlich an der Ober- und Unterseite zahlreiche Cystolithen (84). - Der Saft reagiert sauer und zeigt eine sehr schwache Nitratreaktion. - Zur Oxalatbildung und Carbonatablagerung tritt als dritter Modus der Kalkreinigung die Guttation: im Hydathodenwasser lassen sich mässige Kalkmengen nachweisen.

Ähnlich verhält sich *Urtica canadensis L.*, allerdings tritt hier der Oxalatgehalt in der Axe zurück. Eigentliche Cystolithen kommen vornehmlich an der Ober-, Cystolithhaare sowohl auf dieser wie in ähnlicher Menge auf der Unterseite des Blattes vor. Der saure Saft fliesst hier reichlicher aus, sein Kalkgehalt ist aber nicht grösser als der von *U. dioica*. Die Ausscheidungsflüssigkeit ist auch hier kalkhaltig.

Der Gattung *Urtica* stehen also, wenn wir unsere Befunde auf die Gattung ausdehnen, Oxalatbildung, Karbonatbildung und Guttation zur Beseitigung ihres Kalküberschusses zur Verfügung. Sie wäre also in unserer Übersicht in die Nähe der Cannabaceen, denen sie ja auch systematisch sehr nahe steht, einzugliedern. Immerhin unterscheiden sich die beiden Familien bezüglich unserer Frage wesentlich dadurch, dass bei den Cannabaceen die Speicherung im Saft an die Stelle der bei *Urtica* beobachteten Guttation tritt. - Von den hier anzuschliessenden

CONVOLVULACEEN

wurden einige Formen untersucht, deren Saftbehälter Sekret-Einzelzellen oder Sekretzellen-Reihen darstellen. Aus den Gattungen *Dichondra* und *Falkia* (85) die beide bekanntlich mit echten gegliederten Milchröhren ausgerüstet sind, stand uns kein Material zur Verfügung.

Durchsneidet man den Stengel von *Convolvulus tricolor*, so tritt eine mässige Menge eines sauer reagierenden Safts aus, in dem sich mikrochemisch Spuren von Calcium, makrochemisch kein Kalk nachweisen liess. - Oxalat ist einmal als Drusen in der Axe vorhanden und kommt sodann in ebenderselben Form in den Cotyledonen und sehr jungen Blättern überhaupt vor. In älteren Spreiten findet man ausserdem noch Einzelkristalle in verschiedener Ausbildung. Charakteristisch für diese ist sodann das Vorkommen von Oxalatnädelchen im Palissadengewebe, auf das auch SOLEREDER (86) aufmerksam macht. - Die Angabe CZAPEK's (87), dass sich i m S a f t nach Kochen des Untersuchungsmaterials Calciumoxalat nachweisen lasse, habe ich trotz mehrfachen Versuchen mit dem Saft junger und älterer Pflanzen nicht bestä-

tigt gefunden. Hingegen sei auf folgende Erseinung hingewiesen: lässt man den auf einen Objektträger gebrachten Saft eintrocknen, so kann man, schon im ersten Moment nach dem Ausfliessen, das Auskristallisieren eines mir unbekannten Körpers beobachten. Es entstehen zunächst winzige, an den Enden etwas verdickte Stäbchen, die sich bald zu zweit oder dritt, vielfach unter einem annähernd rechten Winkel zusammenlegen. Sie verlieren alsbald die regelmässige Form, es bilden sich seitliche Ausstülpungen und stellenweise kommt es zu flächenartigen Bildungen, die in Alkohol löslich sind. Diese Bildungen wurden auf ihre chemische Natur nicht weiter untersucht. - Neben der Oxalatbildung hat die Guttation für die Beseitigung des Kalküberschusses einige Bedeutung.

Ganz ähnliche Ergebnisse lieferte bezüglich unserer Frage *Convolvulus arvensis L.* Eine geringe Abweichung macht sich nur insofern geltend, als hier das Oxalat zurücktritt. Der Saft spielt bei *C. arvensis* als Kalkspeicher ebenfalls keine Rolle.

Bei *Ipomoea purpurea Rth.* ist der Saftaustritt nur sehr gering, sodass ich auf seine markochemische Untersuchung verzichtete. Mikrochemisch liefert es das gleiche Resultat wie der von den beiden *Convolvulus*-Arten: Auf Schwefelsäure-Zusatz findet man nach einiger Zeit hie und da einige vereinzelte Gipsnadeln. Bezüglich des Oxalats ist hinzuzufügen, dass ich hier Einzelkristalle nicht angetroffen habe. Guttation liess sich mit Sicherheit nicht nachweisen, sodass hier die Oxalatbildung wohl die einzige Möglichkeit zur Beseitigung des überschüssigen Calciums darstellt. - Der Saft der drei Formen enthält Nitrate.

Demnach müssten wir also die für uns hier in Betracht kommenden Convolvulaceen in zwei Gruppen gliedern:

In der Gattung *Convolvulus* teilen sich Oxalatbildung und Guttation in die Aufgabe der Kalkreinigung. Sie wäre also etwa in die Gegend der Urticaceen, besser: der Gattung *Urtica* zu stellen, bei der allerdings die Carbonatbildung als dritte Form der Kalkbeseitigung hinzukommt.

Ipomoea purpurea hingegen bindet ihren ganzen Kalküberschuss, oder doch jedenfalls dessen allergrössten Teil, an Oxalsäure, könnte also mit *Mercurialis* und *Ricinus*, oder auch mit der zweiten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe vergleichen werden, vorausgesetzt, dass es nicht doch noch gelingen sollte, kalkhaltiges Ausscheidungswasser nachzuweisen. Damit wäre der zweite Typus natürlich aufgehoben.

Weiterhin sind einige

UMBELLIFEREN

untersucht worden, die bekanntlich mit schizogenen Harzgängen ausgestattet sind. Die Tatsache, dass in den Trichommembranen einer Anzahl von Umbelliferen Calciumcarbonat eingelagert ist (88) wurde im einzelnen nicht berücksichtigt. Immerhin hielten wir es für geboten, ganz allgemein darauf hinzuweisen, da diese Art der Kalkreinigung in manchen Fällen womöglich die allein ausgebildete ist. - Im einzelnen ergaben die Untersuchungen folgendes:

Eryngium campestre L. führt in der Axe und im Blatt viele Drusen, die peripheren Rindenpartien sind besonders reich daran, im Mark treten sie wesentlich zurück. Der spärlich ausfliessende, sauer reagierende Saft enthält kein Calcium, hingegen werden geringe Kalkmengen mit der Ausscheidungsflüssigkeit nach aussen befördert. - Nitrate konnte ich im Saft nicht nachweisen.

Bei *Archangelica officinalis Hoffm.* habe ich Drusen weder in der Axe noch im Blatt angetroffen. Hingegen konnte ich auf Stengel-Längsschnitten mehrfach Sphaerite beobachten, die sich aber, trotz mehrmaligen Versuchen, in 3%iger Schwefelsäure nicht lösten. Weiter habe ich der chemischen Natur dieser Kristalle nicht nachgeforscht. Somit lässt sich hier nur eine Form der Kalkbeseitigung, nämlich die Ausscheidung mit dem Guttationswasser, feststellen, denn der spärlich austretende Saft enthält, wie die mikro- und makrochemische Probe zeigen, nur Spuren von Calcium.

Auch *Laserpitium macrophyllum Borb.*, ebenfalls schwach "milchend", hat einen sehr kalkarmen Saft, die mikrochemische Reaktion fällt etwas deutlicher aus als die makrochemische. Oxalat habe ich nicht angetroffen. Der geringe Kalküberschuss

dürfte im wesentlichen durch die Guttation beseitigt werden, im sezernierten Wasser lassen sich nennenswerte Kalkmengen nachweisen. - Nitrate sind weder hier noch bei *Archangelica officinalis* vorhanden.

Wie die beiden vorhergehenden Formen. so befördert auch

Imeratoria hispanica Boiss. ihren ganzen Überschuss an Calcium mit der Ausscheidungsflüssigkeit nach aussen, denn wenn sich auch im Saft Spuren von Kalk ermitteln lassen, so kann dieser doch als Kalkspeicher nicht wohl angesprochen werden. - Oxalat ist nicht vorhanden.

Schliesslich wurden noch zwei Arten untersucht, bei denen ein nennenswerter Kalküberschuss überhaupt nicht vorhanden zu sein scheint, wenn er nicht auf die allgemein angedeutete Weise der Carbonatbildung beseitigt ist. Darauf wurden jedoch diese Pflanzen nicht untersucht.

Sium Sisarum L. enthält weder Oxalat im Gewebe noch sind im mässig austretenden Saft Kalksalze in gelöster Form vorhanden. Mit der Guttationsflüssigkeit werden nur minimale Spuren von Calcium ausgeschieden. - Im Saft sind, zum Unterschied zu dem von *Imperatoria hispanica*, der nitratfrei ist, geringe Nitratmengen nachweisbar. - Die letzte Form endlich,

Silaus tenuifolius DC. ist insofern interessant, als der spärlich ausfliessende Saft neutral reagiert. Oxalat ist nicht abgelagert, Guttation konnte nicht einwandfrei nachgewiesen werden. Im Saft sind weder Kalksalze noch Nitrate enthalten.

Zusammenfassend können wir die untersuchten Formen in drei Gruppen gliedern:

Als *Eryngium*-Typ bezeichnen wir den, bei dem sich Guttation und Oxalatbildung in die Aufgabe der Kalkreinigung teilen.

In der zweiten Gruppe wird der geringe Kalküberschuss im wesentlichen allein durch die Guttation beseitigt. Hierher zählen: *Archangelica, Laserpitium* und *Imperatoria*.

Ein dritter Typus endlich, dem *Sium* und *Silaus* zuzurechnen sind, hat, von der hier wie auch in den beiden andern Gruppen eventuell möglichen Carbonatbildung abgesehen, keinen Modus der Kalkreinigung ausgebildet. Die geringen Mengen der im Gewebe in löslicher Form vorhandenen Kalksalze kommen als solche nicht inbetracht. Von einem eigentlichen Kalküberschuss kann man also hier, wie bereits betont, nicht wohl sprechen.

In unserer Übersicht würden wir den *Eryngium*-Typ mit der ersten Convolulaccen-Gruppe in Parallele setzen; die zweite Abteilung wäre in die Nähe unserer zweiten Compositen-Gruppe zu stellen, und die dritte Umbelliferen-Gruppe würde etwa dem zweiten Compositen-Typus, natürlich des zweiten Formenkreises, entsprechen.

Von den mit weitlumigen, in Richtung der Längsaxe ziemlich gestreckten Sekretschläuchen ausgestatteten

DIPSACEEN.

sind einige Formen untersucht worden, bei denen der austretende Saft wenigstens zur mikrochemischen Prüfung reichte.

Cephalaria leucantha Schrad., eine ziemlich intensiv "milchende" Pflanze, führt im Saft geringe Kalkmengen; die mikrochemische Reaktion fällt etwas besser aus als die makrochemische. Calciumoxalat kommt als Drusen in Blatt und Axe vor. Im Stengel ist es fast ausschliesslich auf die äusserste Rindenpartie beschränkt, im Mark trifft man die Drusen nur ganz vereinzelt an. Im Mesophyll ist das Oxalat in eben derselben Form in ansehnlichen Mengen vorhanden. Im Hydathodenwasser sind geringe Kalkmengen enthalten. - Der anscheinend neutrale Saft gibt mit Diphenylamin-Schwefelsäure eine schwache Blaufärbung.

Bei *Cephalaria alpina Schrad.* tritt das Oxalat im Mesophyll etwas zurück, im übrigen gilt bezüglich seiner Form und seiner Verteilung in der Axe das gleiche, was für die vorige Art angegeben wurde. - Der Saft tritt hier nur spärlich aus, reagiert schwach sauer und enthält Spuren von Calcium. - Guttation habe ich trotz mehrfacher Beobachtung nicht feststellen können. - Im Saft sind geringe Nitratmengen nachweisbar.

Dipsacus laciniatus L. führt im Mesophyll sehr gut ausgebildete Oxalatdrusen

in grosser Zahl. Stengel-Längs- und Querschnitte sind jedoch fast oxalatfrei. FENTZKE (89) gibt für diese Form Ausscheidung an, ich kann diese Angabe nicht bestätigen. Carbonate sind nicht vorhanden. Die Pflanze lässt ziemlich viel Saft ausfliessen, es lassen sich in ihm aber keine Kalksalze nachweisen. - Mit Diphenylamin-Schwefelsäure färbt sich der schwach saure Saft gelb.

Bezüglich des Oxalatgehaltes stimmt mit *Dipsacus laciniatus*

Knautia longifolia Koch einigermassen überein, wenn auch die Menge hier gering ist. In der Axe habe ich überhaupt keine Kristalle vorgefunden. - Die spärlichen Saftmengen enthalten minimale Spuren von Calcium. - Guttation liess sich auch hier nicht einwandfrei feststellen.

Bei *Knautia magnifica Boiss. et Orph.* ist der Oxalatgehalt der Lamina zwar grösser als bei der vorhergehenden Art, bleibt aber noch hinter dem von *Dipsacus* zurück. Im übrigen wäre zu wiedrholen was für *Knautia longifolia* gesagt worden ist. Es sei allerdings hinzugefügt, dass FENTZKE (89) bei *Knautia magnifica* Wasserauscheidung beobachten konnte, was mir trotz mehrfachem Bemühen nicht gelang.- Der Saft der beiden untersuchten *Knautia*-Arten reagiert schwach sauer und enthält keine Nitrate.

Scabiosa caucasica M.B. , eine gut "milchende" Pflanze, führt in ihrem wasserklaren, auf Schwefelsäure-Zusatz sich weiss färbenden Saft Spuren von Calcium, wie es auch die Behandlung der Asche mit Essigsäure und Ammoniumoxalat bestätigt. Oxalat ist in Form von Drusen in der Axe und im Blatt abgelagert. Carbonat kommt nicht vor; Guttation habe ich nicht feststellen können. - Im sauren Saft waren Nitrate nicht vorhanden.

Bezüglich des Oxalatgehaltes unterscheidet sich

Scabiosa columbaria L. von der soeben genannten Form dadurch, dass Drusen hier nur in Blatt-Querschnitten nachweisbar waren, der Stengel hingegen sich als kristallfrei erwies. Hingegen konnte ich hier Ausscheidung beobachten und in dem sezernierten Wasser Spuren von Calcium nachweisen. Der hier mässig austretende saure Saft enthält minimale Kalkmengen. - Er ist nitratfrei, wie übrigens auch der Saft der folgenden Form. - Als letzte Art sei

Scabiosa graminifolia L. genannt, bei der ich vergeblich nach Calciumoxalat gesucht habe. Soweit ich feststellen konnte, guttiert diese Pflanze, in der Ausscheidungsflüssigkeit sind jedoch nur minimale Mengen von Calcium nachweisbar. Der Saft führt geringe Kalkmengen, wie es beiderlei Prüfungen dartun.

Aus den Einzeldaten geht hervor, dass der Kalküberschuss bei den Dipsaceen nicht übermässig gross, z.T. sogar recht gering ist. - Es sei hier nachgetragen, dass grössere Mengen von im Gewebe in löslicher Form vorhandenen Kalksalze nicht nachgewiesen werden konnten. Der Saft spielt jedenfalls niemals eine Rolle bei der Beseitigung des Kalküberschusses. Was die Guttation anbelangt, so scheint es mir nicht ausgeschlossen, dass durch speziell darauf gerichtete Untersuchungen an Pflanzen verschiedenen Alters dieser und jener zweifelhafte Fall sich noch klar stellen liesse, eine Bemerkung, die übrigens für die Guttation ganz allgemein zutreffen dürfte. Die von uns beobachteten Exemplare konnten infolge ihrer Grösse nicht immer überdeckt werden, sodass infolge dessen hier und dort ein Zweifel bestehen bleibt. Für die Kalkreinigung kommt die Ausscheidung, nach unsern Untersuchungen zu urteilen, lediglich bei *Cephalaria leucantha* in Betracht, wo sie sich mit der Oxalatbildung in diese Aufgabe teilt. Dieser relativ kalkreichsten Form würde *Scabiosa graminifolia* als die wohl kalkärmste gegenüberstehen. Bei dieser ist eine typische Art der Kalkbeseitigung überhaupt nicht ausgebildet.

Unter dem Vorbehalt also, dass weitere Untersuchungen irgenwelche Änderungen sehr wohl notwendig machen können - ein Passus übrigens, der stillschweigend jeder Zusammenfassung am Schluss einer Familie voraufgeht - können wir die "milchenden " Dipsaceen hinsichtlich der Kalkreinigung in drei Gruppen gliedern:

Der erste Typus, hier lediglich durch *Cephalaria leucantha* vertreten, benützt zur Beseitigung des Kalküberschusses die Oxalatbildung und die Guttation, wobei allerdings die diesbezügliche Leistung der Ausscheidung wohl hinter der der Oxalsäure zurückstehen dürfte. Diese Gruppe würde in die Nähe unserer ersten Convolvulaceen- oder unserer ersten Umbelliferen-Abteilung zu stellen sein.

An zweiter Stelle kämen sodann alle Formen, bei denen im wesentlichen durch die Oxalatbildung allein der Kalküberschuss beseitigt würde. Das wäre also bei den meisten der untersuchten Arten der Fall, wenn auch die Oxalat-M e n g e im einzelnen wechselt. Zu vergleichen wäre dieser Typus mit unserer zweiten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe.

In die dritte Abteilung wären sodann die Formen zu stellen, bei denen ein eigentlicher Kalküberschuss garnicht vorhanden ist, oder aber wo er jedenfalls nicht so gross ist, dass er einen besondern, typisch ausgebildeten Modus zur Beseitigung erfordert. Diese Gruppe ist bei uns vertreten durch *Scabiosa graminifolia* . Wir würden sie mit unserer zweiten Compositen- oder mit unserer dritten Umbelliferen-Gruppe in Parallele setzen können.

Als vorletzte Familie der hier zu behandelnden Dicotyledonen seien die

CACTACEEN

genannt, von denen einige *Mamillaria*-Arten untersucht wirden. In dieser Gattung kommen bekanntlich Arten, die nur Kristallzellen besitzen, neben solchen vor, die ausserdem noch mit Milchsaft führenden Gängen ausgerüstet sind (90). Es interessierte also zu erfahren, ob der Oxalagehalt der milchsaftfreien Formen wesentlich grösser ist, ob mit andern Worten bei den mit den genannten Exkretbehältern versehenen Arten der Saft einen Anteil an der Beseitigung des Kalküberschusses habe und ob dieser eventuelle Anteil gross genug sei, um den Saft daraufhin als Kalkspeicher ansprechen zu können.

Von nicht milchenden Formen wurden im einzelnen untersucht: *Mamillaria vivipara Haw.*, *M. Wildiana Otto*, *M. gracilis Pfeiff.*, *M. echinata DC.* und eine nicht näher bestimmte Spezies.

Von diesen enthalten die drei zuerst genannten Drüsen u n d Einzelkristalle; die beiden andern nur Drusen. - Ausserdem kommen bei M. *vivipara* und *M. spec.* Sphärite vor.- Soweit man aus den Präparaten sehen kann, schwankt der Oxalatgehalt schon innerhalb der milchfreien Formen nicht unerheblich, eine Tatsche, die eine eindeutige Beantwortung unserer Frage wesentlich erschwert. Immerhin konnte ich im Gewebe von *M. Bockii Foerst.*, einer mit den genannten Gängen ausgerüsteten Form, grössere Einzelkristalle nur vereinzelt feststellen, Drusen habe ich nicht gefunden. Dagegen ist viel Kristallsand in den Zellen enthalten. - Von *M. Parkinsonii Hort.* stand mir nur Mamillengewebe zur Verfügung, hier konnte ich lediglich Kristallsand nachweisen. Ob in den innern Teilen andere Kristallformen vorkommen, muss ich dahingestellt sein lassen. - Nach den anatomischen Bildern scheint also die Annahme, dass ein Teil des überschüssigen Calciums im Saft gespeichert sei, sehr wahrscheinlich. Wie nun aber die Untersuchung des in beiden Fällen mässig austretenden Saftes zeigt, sind die darin enthaltenen Kalkmengen recht gering, so dass man von einer eigentlichen Speicherung nicht wohl sprechen kann. - Es bliebe noch zu erwähnen, dass der Saft von *M. Bockii* sehr nitratreich ist, der von *M. Parkinsonii* hingegen keine Nitrate enthält, besser gesagt: dass ich in ihm keine angetroffen habe.

Wir stellen also fest, dass bei den mit Milchsaft führenden Gängen ausgestatteten Mamillarien deren Inhalt bei der Beseitigung des Kalküberschusses nicht in genügendem Masse beteiligt ist, um als Kalkspeicher angesprochen werden zu können. Der Kalküberschuss wird hier, wie bei den milchfreien Arten, in der Hauptsache als Oxalat im Gewebe abgelagert. Die in Rede stehenden Formen wären also etwa mit unserer zweiten Dipsaccen-Gruppe oder mit unserm zweiten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Typus zu vergleichen. - Schliesslich sei noch der bekannte Vertreter der

TROPAEOLACEEN

Tropaeolum majus L. genannt, der beim Anschneiden eine nennenswerte Menge eines ziemlich klaren Saftes austreten lässt. Sein Kalkgehalt ist recht gering, so dass er als Kalkspeicher nicht in Betracht kommt. Das überschüssige Calcium wird mit dem reichlich sezernierten Wasser nach aussen befördert. Oxalat und Carbonat

sind nicht vorhanden. - Mit Diphenylamin-Schwefelsäure ergab der Saft keine Blaufärbung.

Bei *Tropaeolum majus* ist also die Guttation die einzige Art der Kalreinigung; in unserer Übersicht würden wir diese Form also etwa zu unserer zweiten Ubelliferengruppe oder zu den Papaveraceen in Parallele setzen.

Von Monocotylen gehören dem dritten Formenkreis an die

MUSACEEN,

über deren Milchsaftbehälter wir bereits bei ihrer Trennung von den Aroideen gesprochen haben. Untersucht wurden ***Musa Basjoo Sieb.*** und ***M. Cavenishii Lamb***. Wie bei den Aroideen und überhaupt ganz allgemein, so interessiert uns am Saft auch hier lediglich sein eventueller Kalkgehalt. Über die anderen beachtenswerten Vorkommnisse - Blasenkerne u. dergl. lese man bei MOLISCH (91) nach.

Der Saft der ziemlich stark milchenden ***M. Basjoo*** ist sehr kalkarm. Versetzt man einen Tropfen desselben mit Schwefelsäure, so bekommt man auch nach längerer Zeit keinerlei Gipsbildung. Dass dennoch Spuren von Calcium im Saft enthalten sind, geht aus der makrochemischen Prüfung hervor. Verascht man nämlich 3 - 4 ccm desselben, löst den Rückstand in Essigsäure und behandelt mit Ammoniumoxalat, dann bekommt man eine allerdings nur leichte Trübung. - Dieser Kalkarmut des Saftes entspricht recht gut das reichliche Vorkommen von Oxalatkristallen. Im Blattstiel trifft man neben Einzelkristallen, die vorwiegend als Prismen vorhanden sind, Rhaphiden und Kristallsand. In der Spreite sind Einzelkristalle selten und bleiben auch bezüglich ihrer Grösse meist hinter denen des Petiolus zurück. Die Rhaphiden-Idioblasten ragen vielfach in die grossen Interzellularen der Lamina hinein. Der Kristallsand ist in der Spreite auch ziemlich selten. Epidermis und Palissadenzellen sind, soweit ich beobachten konnte, stets kristallfrei. Während der Oxalatgehalt des Blattstieles also sehr stark ist - es liegt fast in jeder Zelle ein Kristall - wäre der der Lamina vielleicht als mässig zu bezeichnen. - Der schwach saure Saft ist nitratfrei.

Musa Cavendishii Lamb. verhält sich in den uns interessierenden Fragen der andern Art so ähnlich, dass wir füglich auf nähere Angaben verzichten können. Lediglich die Tatsache, dass ich hier minimale Nitratmengen im Saft nachweisen konnte, mag erwähnt sein. - Carbonat und Guttation wurden nicht beobachtet.

In der Gattung ***Musa*** dürfte also der Milchsaft, zum Unterschied von den Aroideen, für die Beseitigung des Kalküberschusses keinerlei Bedeutung haben, hier leistet die Oxalatbildung ganze Arbeit. In unserer Übersicht würden wir die Gattung ***Musa*** in die Nähe der Mamillarien oder zu unserer zweiten Apocynaceen-Asclepiadaceen-Gruppe stellen.

Wenn wir uns, an den Schluss der Besprechung des dritten Formenkreises angelangt, wiederum die Frage vorlegen, ob auch der Saft der hier anatomisch z.T. recht verschiedenen Exkretbehälter als Kalkspeicher angesprochen werden kann, so wird die Antwort darauf zweifellos schwerer zu geben sein als sie es im zweiten und namentlich im ersten Falle war. Nun fehlte es ja allerdings bei den mit ungegliederten und viel weniger noch bei den mit gegliederten Milchröhren ausgestatteten Gruppen nicht an Arten, bei denen der Saft annähernd oder wohl ganz kalkfrei war oder wo er doch jedenfalls als typischer Kalkspeicher nicht inbetracht kam. Immerhin standen aber diesen Pflanzen eine grössere Reihe von Formen gegenüber, bei denen der Saft für die Kalkreinigung wesentliches leistete, wenngleich sein Kalkgehalt auch in diesen Fällen - je nach der Menge des vorhandenen Kalküberschusses - z.T. recht erheblichen Schwankungen unterworfen sein kann. Im dritten Formenkreis hingegen überwiegen u n t e r d e n b e h a n d e l t n Pflanzen diejenigen, bei denen der Saft als Kalkspeicher n i c h t angesprochen werden kann. Andererseits ist aber die Anhäufung des Calciums im Saft von *Rhus*-Arten, ferner von ***Mimusops Elengi*** - hier ganz oder teilweise als Oxalat - und einiger anderer Formen doch nicht zu übersehen. Diese Tatsache scheint uns wiederum zu bestätigen, dass die Entscheidung darüber, ob der Milchsaft - dieser Begriff in weiterem Sinne gefasst - als Kalkspeicher fungiert oder nicht, lediglich abhängt von der

Grösse des Kalküberschusses und dem jeweiligen Vorhandensein anderer, zu seiner Beseitigung geeigneter Möglichkeiten und nicht beeinflusst wird durch den anatomischen Bau seines Behälters.

Wir schliessen endlich als letzten Formenkreis

IV. DIE SCHLEIMFÜHRENDEN LILIIFLOREN

in unsere Untersuchung ein und zwar aufgrund einer anatomischen und einer physiologischen Tatsache. Es sind nämlich zum ersten diese Schleimschläuche entwickelungsgeschichtlich als Fusionen anzusprechen, sie stehen also den gegeliederten Milchröhren nahe, und zum zweiten ist ja der im vielfachen Vorkommen von Rhaphiden sich ausdrückende Kalkgehalt dieser Exkret- oder Sekretbehälter bekannt. - Wir können hier weder auf anatomische Einzelheiten dieser Organe noch auf eine Diskussion der gemutmassten physiologischen Bedeutung ihres Inhaltes eingehen und verweisen daher auf die diesbezüglichen Mitteilungen von HANSTEIN (92) und MOLISCH (93). Uns interessiert vor allem die Frage, ob im Schleim, abgesehen von den Rhaphiden, noch weiteres Calcium - in Form gelöster Salze - enthalten ist, sowie weiterhin die, ob andere, und wenn, welche weitere Modi der Kalkreinigung bei den in Rede stehenden Pflanzen noch ausgebildet sind.

Bevor wir uns den Einzeluntersuchungen zuwenden, seien ein paar die Technik betreffende Worte vorausgeschickt. In den Fällen, in denen Rhaphiden im Saft vorhanden sind, müssen diese natürlich beseitigt werden, ehe derslbe auf gelöste Kalksalze geprüft werden kann. Diese nicht eben einfache Trennung erreichte ich dadurch, dass ich zu dem gesammelten Schleim etwa die gleiche Menge destillierten Wassers gab. Der so verdünnte Schleim wurde zunächst gründlich geschüttelt und dann liess ich durch längeres Stehen die festen Teile - im wesentlichen die Rhaphiden - sich absetzen. Darauf wurde abfiltriert, das Filtrat sogleich ein zweites mal durchs Filter gegeben und dann mikroskopisch auf Rhaphiden durchmustert. Gegebenenfalls wurde noch einmal filtriert, meistens genügte aber ein zweimaliges Durchgeben, um eine praktisch Rhaphiden-freie Flüssigkeit zu erhalten. Bei der Beurteilung des Reaktionsausfalles muss natürlich die Verdünnung des Schleims berücksichtigt werden. - Von

LILIACEEN

wurden Vertreter der Gattungen *Scilla, Ornithogalum* und *Allium* untersucht. - Bei *Scilla amoena L.* trifft man im Gewebe weder Oxalat noch Carbonat an, auch Guttation habe ich nicht beobachten können. Hier dürfte also der Kalkgehalt im Saft gespeichert sein, und es fragt sich bloss, ob lediglich als Rhaphiden, oder ob ausserdem noch in Form gelöster Salze. Der Schleim musste also nach benannter Methode behandelt werden. In dem mit Schwefelsäure versetzen Filtrat bildeten sich Gipsnadeln in mässiger Zahl, die makrochemische Prüfung lieferte eine schwache Trübung. Es sind also gelöste Kalksalze - wenn auch nur in mässiger Menge - im Schleim enthalten.

Scilla nutans Sm. unterscheidet sich hinsichtlich der Kalkbeseitigung von der eben genannten Art lediglich dadurch, dass im reichlich ausfliessenden Schleim zahlreichere Rhaphidenbündel vorhanden sind. - Der saure Saft enthält in beiden Fällen schwache Nitratmengen.

Ornithogalum umbellatum L. sowohl als *Ornithogalum nutans L.* führen mehr Schleim als die beiden besprochenen *Scilla*-Arten. Dem entsprechend scheinen auch die Rhaphiden in grösserer Menge vorhanden zu sein. - Andere Formen des Oxalats, Carbonat und Guttation wurden nicht beobachtet. - Nach wiederholter Filtration lässt sich im Schleim eine ansehnliche Menge von Calcium nachweisen. Hier ist also ein nennenswerter Kalküberschuss trotz der mycotrophen Lebensweise vorhanden. - Die Nitratreaktion fällt beide male schwach positiv aus.

Ein von den vorigen Gattungen abweichendes Verhalten zeigen die untersuchten *Allium*-Arten. Zunächst sind im mässig austretenden Schleim keine Rhaphiden enthalten; andere Kristallformen fehlen ebenfalls. Ein zweiter Unterschied ist -

wenigstens für zwei der studierten Formen - dadurch gegeben, dass hier Oxalat - wenn auch in geringer Menge - im Gewebe anzutreffen ist. Im einzelnen sei folgendes mitgeteilt:

Bei *Allium Cepa L.* trifft man in den die Saftschläuche umschliessenden Parenchymzellen ganz vereinzelt Einzelkristalle von oxalsaurem Kalk. Im wässerigen, kristallfreien Saft lassen sich mikro- und makrochemisch geringe Kalkmengen nachweisen. - Carbonatablagerung und Guttation wurden nicht beobachtet.

Allium fistulosum L. unterscheidet sich von *A. Cepa* dadurch, dass hier die Oxalatkristalle noch seltener sind. Der wässerige Saft enthält auch hier nur Spuren von Calcium. - Auf Diphenylamin-Schwefelsäure-Zusatz färbt sich derselbe gelbrot, während bei *A. Cepa* eine leichte Blaufärbung eintrat. - Bezüglich des Oxalatvorkommens mag noch erwähnt sein, dass ich in verschiedenen Präparaten überhaupt keine Kristalle angetroffen habe.

Bei *Allium Schoenoprasum L.* kommt es, soweit meine Beobachtungen reichen, überhaupt nicht mehr zur Oxalatbildung. Hingegen konnte ich Guttation feststellen und im sezernierten Wasser mässige Kalkmengen nachweisen.

Allium Porrum L. scheint keinen nennenswerten Kalküberschuss zu besitzen, jedenfalls habe ich weder Kristalle noch Ausscheidung beobachten können. Der Saft enthält hier, wie bei den andern Arten, nur sehr geringe Kalkmengen, kommt also als Kalspeicher nicht infrage. - Bei den beiden letzten Arten konnte ich Spuren von Nitraten in dem stets sauren Saft nachweisen.

Aus der Untersuchung geht zweifellos soviel hervor, dass die Menge des überschüssigen Calciums auch im besten Falle bei den *Allium*-Arten recht gering ist. Vielleicht wird man, wie schon an anderer Stelle, auch hier die in dieser Gruppe ziemlich verbreitete mycotrophe Lebensweise zur Erklärung dieser Tatsache heranziehen können.

Die günstigstenfalls minimale Oxalatbildung wird man hier ebensowenig als die äusserst geringe Speicherung im Saft als typische Formen der Kalkreinigung ansprechen dürfen. Es ist eben infolge des äusserst geringen Kalküberschusses die Ausbildung auch nur e i n e s solchen Modus nicht notwendig geworden, wenn wir von dem Einzelfall absehen, in dem die Guttation möglicherweise als solcher in Betracht kommt.

Die untersuchten Liliaceen lassen sich hinsichtlich der Kalkreinigung mithin in drei Gruppen gleidern:

Der erste Typus wird vertreten von *Scilla* und *Ornithogalum*; hier übernimmt der Schleimsaft allein die Speicherung des ansehnlichen Kalküberschusses. Er bildet also ein Analogon zu den typischen, oxalatfreien Euphorbien.

An zweiter Stelle wäre als einzelne Form *Allium Schoenoprasum* zu nennen, bei der die Guttation die Beseitigung des überschüssigen Calciums im wesentlichen übernimmt. Diese Art ist also etwa in die Nähe unserer ersten Compositen-Gruppe zu stellen.

In die dritte Abteilung wären die übrigen untersuchten *Allium*-Arten einzureihen; sie verhalten sich also ganz ähnlich wie unsere zweite Compositengruppe, bei der ebenfalls eine typische Art der Kalkreinigung nicht erforderlich ist.

Aus der Familie der

AMARYLLIDACEEN

seien besprochen: *Crinum Powellii Hort.*, *Narcissus Jonquilla L.*, *N. poeticus L.*, und *Leucojum pulchellum Salisb.*

Im Blattgeweben von *Crinum Powellii* findet man typische Rhaphidenzellen, die nicht gleichmässig über die Fläche verteilt sind, sondern sich nach der Peripherie zu häufen. Interessant ist ihre Lagerung zu beiden Seiten der Queranastomosen der Gefässbündel. Schneidet man die Pflanze an, so tritt eine ziemliche Menge Schleim aus, der sauer reagiert, aber keine Rhaphiden noch andere Oxalatkristalle enthält. Mikro- und makrochemisch lassen sich in ihm mässige Mengen gelöster Kalksalze nachweisen, sodass er als Kalkspeicher wohl angesprochen werden kann. Als dritte Form der Kalkbeseitigung kommt hier dann noch die Guttation hinzu.- Carbonat-Ablagerungen sind nicht beobachtet. - Der Saft enthält ziemliche Nitrat-

mengen.

Wesentlich verschieden verhalten sich *Crinum Powellii* gegenüber die drei anderen untersuchten Formen, die, da sie unter sich hinsichtlich unserer Frage keinerlei Verschiedenheiten aufweisen, zusammen besprochen sein mögen:

Narcissus Jonquilla, N. poeticus und *Leucojum pulchellum* enthalten keinerlei Oxalatkristalle im Gewebe. Dafür ist aber der sauer reagierende, in grosser Menge austretende Schleimsaft äusserst reich an Rhaphiden. Hat man diese durch mehrmaliges Filtrieren beseitigt, und prüft dann das Filtrat auf gelöste Kalksalze, so ergeben beide Methoden ein positives Resultat. Der Saft ist also in ausgesprochener Weise als Kalkspeicher anzusehen. - Carbonat kommt m.W. nicht vor, Guttation wurde nicht beobachtet. - Im Schleimsaft der drei in Rede stehenden Pflanzen konnte ich geringe Nitratmengen nachweisen.

Zusammenfassend lassen sich also bezüglich der Kalkreinigung bei den untersuchten Amaryllidaceen zwei Typen unterscheiden:

In der ersten Abteilung, der also *Narcissus* und *Leucojum* angehören, wird der ganze, ansehnliche Kalküberschuss in Form von Rhaphiden und gelöster Salze im Schleimsaft gespeichert. Diese Gruppe wäre also mit der ersten Liliaceengruppe (*Scilla, Ornithogalum*) oder mit den für unsere Frage charakteristischen oxalatfreien *Euphorbia*-Arten in Parallele zu setzen.

Bei *Crinum Powellii*, dem einzigen Vertreter der zweiten Gruppe, teilen sich Schleimsaft, die Oxalsäure und die Guttation in die Aufgabe der Beseitigung des erheblichen Kalküberschusses. Soweit es sich beurteilen lässt, s cheinen die 3 Formen in annähernd gleichem Masse beteiligt zu sein. Ein Analogon zu dieser Gruppe ist uns bisher noch nicht begegnet. - Es bleiben endlich noch die

COMMELINACEEN,

die bekanntlich auch mit Schleimgefässen ausgestattet sind und von denen wir *Commelina coelestis Willd., Tradescantia erecta Jacq.* und *Tr. virginica L.* untersuchten.

Gemeinsam ist den drei Formen der grosse Kalkreichtum des Schleimsafts, der bei *Commelina coelestis* und *Tradescentia erecta* mässig, bei *Tr. virginica* ziemlich stark ausfliesst. Nach wiederholtem Filtrieren lässt sich in dem ursprünglich äusserst rhaphidenreichen Saft mikro- und makrochemisch eine immerhin beachtenswerte Menge von Calcium nachweisen. Im übrigen weichen die Formen allerdings voneinander ab. *Tradescantia erecta* führt viel Calciumoxalat im Gewebe, und zwar ist es als Kristallsand und in Form von Einzelkristallen abgelagert. Bei dieser Form wird schliesslich auch mit dem Guttationswasser noch ein Teil des grossen Kalküberschusses nach aussen befördert.

Tradescantia virginica unterscheidet sich von der andern Art dadurch, dass hier, soweit meine Beobachtungen reichen, weder im Stengel noch im Blatt oxalsaurer Kalk vorhanden ist.

Relativ am geringsten scheint der Kalküberschuss bei *Commelina coelestis* zu sein; denn hier scheint der Saft seine Beseitigung allein zu bewältigen ohne deswegen - soweit sich das vergleichsweise sagen lässt - kalkreicher zu sein als der der beiden Tradescantien. Ganz vereinzelt habe ich im Gewebe allerdings auch Oxalatbildung gefunden, als Form der Kalkbeseitigung kommen aber hier die Oxalatkristalle m.E. nicht infrage. - Ausscheidung habe ich beobachtet, Carbonat ist weder hier noch bei den beiden andern Vertretern vorhanden.

An dieser Stelle sei übrigens bemerkt, dass bei verschiedenen zur Prüfung geeigneten Liliifloren das Gewebe auf gelöste Kalksalze untersucht wurde: die meist recht minimalen Mengen derselben kommen für die Kalkreinigung nicht in Betracht. - Der Saft von *Tradescantia erecta* ist nitratfrei, der der beiden andern Formen enthält Spuren davon.

Wir fassen zusammen und stellen fest, dass hinsichtlich der Kalkreinigung jede der drei untersuchten Pflanzen einen besondern Typus repräsentiert.

Zum ersten wäre *Commelina coelestis* - als einziger Vertreter der Abteilung - zu nennen, bei der der gesamte Kalküberschuss im Schleimsaft gespeichert ist. Wir haben also hier ein ganz analoges Verhalten wie bei unserer ersten Amaryllii-

daceengruppe, der, wie erinnerlich, *Narcissus* und *Leucojum* zuzuzählen sind.

Der Repraesentant der zweiten Gruppe wäre *Tradescantia virginica*; hier teilen sich Schleimsaft und Guttation in die Fortschaffung des Kalküberschusses, wobei allerdings der Saft wiederum ganz erheblich viel mehr leisten dürfte als die Ausscheidung. - Wir würden diese Form also zu unserer zweiten Campanulaceen-Lobeliaceengruppe in Parallele setzen.

An dritter Stelle nennen wir *Tradescantia erecta*, bei der Saft, Oxalsäure und Guttation an der Beseitigung der grossen überschüssigen Kalkmengen beteiligt sind, unter ihnen leistet allerdings der Saft zweifellos die Hauptarbeit. - Zu vergleichen wäre dieser Fall mit unserm zweiten Amaryllidaceen-Typus, der auch nur durch eine Form, *Crinum Powellii*, vertreten ist.

Es geht aus dem Mitgeteilten zur Genüge hervor, dass der bei einer Reihe von Liliifloren vorhandene, in schlauchartigen, entwickelungsgeschichtlich den gegliederten Milchröhren nahestehenden Exkretbehältern enthaltene Schleimsaft in den meisten Fällen selbst dann noch als Kalkspeicher angesprochen werden kann, wenn er durch mehrfaches Filtrieren von den in ihm eventuell enthaltenen Rhaphiden befreit worden ist. - Wenn anderseits bei der Gattung *Allium* in ihm weder Rhaphiden vorkommen noch gelöste Kalksalze sich in ihm nachweisen lassen, so bestätigt diese Tatsache aufs beste, was wir am Schluss eines jeden der drei voraufgehenden Formenkreise betonten: dass nämlich nicht die anatomische Beschaffenheit, sondern lediglich das physiologische Bedürfnis - wenn der Ausdruck gestattet ist - darüber zu entscheiden hat, ob der Inhalt eines solchen Exkretbehälters als Kalkspeicher benützt wird oder nicht.

Wir beschliessen damit die Mitteilung unserer Untersuchungen und es bleibt uns lediglich noch übrig, einmal in eine Zusammenfassung die gewonnenen Ergebnisse als Antworten auf unsere dreifache Fragestellung kurz zu formulieren und die hinsichtlich unserer Hauptfrage aufgestellten Typen übersichtlich zu ordnen und sodann in einem A u s b l i c k die sich aus dieser Arbeit unmittelbar ergebenden weiteren Fragen zu präcisieren und die, ihre Beantwortung in Aussicht stellenden Wege wenn möglich anzudeuten. Vergegenwärtigen wir uns in einer

ZUSAMMENFASSUNG

noch einmal das wesentliche der vorliegenden Arbeit:

Von den Angaben De BARY's ausgehend, dass einmal "innere Sekretbehälter", zu denen er auch die kristallführenden Schläuche rechnet, und Milchröhren sich gegenseitig ausschliessen und dass zum zweiten "im Milchsaft wenigstens mancher Euphorbien" mehr minder grosse Mengen gelöster Kalksalze vorkommen, versuchten wir, diese beiden anatomischen bzw. chemischen Tatsachen in einen Causalzusammenhang zu bringen und physiologisch auszuwerten. Unsere Frage würde mithin lauten: Stehen Oxalatbildung und Milchsaft in irgendwelcher Beziehung zu einander?

Diese Frage haben wir, unter der Voraussetzung, dass die Oxalatbildung als eine bei vielen Pflanzen ausgebildete Möglichkeit zur Beseitigung eines ± grossen Kalküberschusses zu werten sei, exkretphysiologsich näher präzisieren können, indem wir sagten : Wird in den mit Milchröhren ausgestatteten Pflanzen der ganze oder ein ± grosser Teil des Kalküberschusses im Milchsaft gespeichert, und damit die Oxalatbildung ganz oder teilweise überflüssig?

Die so formulierte Frage wäre aber immer noch nicht eindeutig und zwar aus dem einfachen Grunde nicht, weil ja die Oxalatbildung auch durch andere Formen der Kalkreinigung, als da sind Carbonatbildung und Guttation (94) sehr wohl beeinflusst werden könnte und, wie wie nunmehr gesehen haben, tatsächlich beeinflusst wird.

Unter Berücksichtigung dieser Umstände und unter Einbeziehung der mit Milchröhren-ähnlichen Exkretbehältern und mit Schleimschläuchen ausgestatteten Formen in unsere Untersuchung kamen wir dann zu der auf Seite 283 formulierten Fragestellung.

Wir haben auf die dort genannten Fragen 138 "milchende" oder doch mit Saft-führenden Exkretbehältern ausgerüstete Pflanzen der verschiedensten Gattungen bzw. Familien untersucht und glauben daraufhin die nachfolgenden Antworten wohl als einigermassen gesichert anehen zu dürfen. Immerhin ist es nicht unmöglich, dass durch

weitere Untersuchungen kleine Änderungen der zunächst allgemein gehaltenen Antworten notwendig werden. Wir formulieren die

BEANTWORTUNG UNSERER FRAGESTELLUNG

folgendermassen:

1) In den mit Milch- oder Schleimröhren oder ähnlichen Exkretbehältern ausgestatteten Pflanzen ist das Fehlen oder Zurücktreten des Calciumoxalats eine häufige, aber keineswegs allgemein verbreitete Erscheinung.

2) Bei der Mehrzahl der in Frage stehenden Pflanzen sind andere Möglichkeiten der Kalkreinigung - Carbonatbildung oder Guttation - gegeben (von einer Ausscheidung durch die Wurzel haben wir, wie eingangs betont, in dieser Arbeit abgesehen), die entweder neben der Oxalatbildung oder ohne diese auftreten.

3a) Die Inhalte der entwickelungsgechichtlich-anatomisch z.T. verschiedenen Exkretbehälter fungieren z.T. als typische Kalkspeicher - wobei sie entweder allein die Beseitigung des gesamten Kalküberschusses übernehmen oder sich mit andern Modis der Kalkreinigung darin teilen - z.T. sind sie an der Beseitigung des überschüssigen Calciums garnicht oder doch nur in so geringem Masse beteiligt, dass man sie als Kalkspeicher nicht wohl ansprechen kann.

3b) Die Behälter sind bei ihrer anatomischen Verschiedenheit für die hier in Rede stehende Funktion ihrer Inhalte gleichwertig, oder, wie wir jetzt vielleicht besser sagen: gleichgiltig. Nicht die anatomische Beschaffenheit des Behälter, sondern lediglich die Menge des vorhandenen überschüssigen Calciums und die eventuell anderweitig gegebenen Möglichkeiten zu seiner Beseitigung entscheiden darüber, ob der Inhalt, der Saft also, als Kalkspeicher in Anspruch genommen werden soll oder nicht.

Wenn wir nunmehr den Versuch machen, in einer besonderen tabellarischen Übersicht jeder der untersuchten Pflanzen hinsichtlich der uns interessierenden Frage ihrer Kalkreinigung einen festen Platz anzuweisen, sie einem bestimmten exkretphysiologischen Typus - wie wir die gleichwertigen Gruppen unserer Übersicht einmal nennen wollen - zuzuordnen, so sind wir uns von vorn herein darüber nicht im Zweifel, dass mit dieser Anordnung noch kein exkretphysiologisches System der milchenden Gewächse gegeben ist, selbst dann nicht gegeben wäre, wenn die Frage der Kalkreinigung das A und O der Exkretphysiologie dieser Gewächse wäre, was zweifellos nicht der Fall ist. Einmal können die diesbezüglichen Untersuchungen weiterer "milchender" Pflanzen die Aufstellung neuer Typen notwendig machen, sodann aber wäre es auch möglich, wenn auch nicht eben wahrscheinlich, dass durch Nachprüfungen hier eine Zusammenfassung statthaft, dort eine Erweiterung erforderlich würde. Ich erinnere an unsere erste, durch die Gattung *Lobelia* vertretene Campanulaceen-Lobeliaceen-Gruppe, die mit der zweiten zusammenfallen würde, wenn man bei *Lobelia* einwandfrei Guttation beobachten und im sezernierten Wasser Calcium in nennenswerter Menge nachweisen würde.

Gehen wir nun von der Tatsache aus, dass bei den in Rede stehenden Pflanzen 4 Modi der Kalkreinigung prinzipiell möglich sind, nehmen wir sodann hinzu, dass bei einer Reihe unserer Gewächse der Kalküberschuss garnicht vorhanden oder doch jedenfalls so gering ist, dass eine eigentliche Beseitigung nicht erforderlich ist, so ergeben sich durch Combination 15 verschiedene Möglichkeiten der Kalkreinigung, zu denen als 16. Fall d e r treten würde, dass eine solche überhaupt nicht stattfände.

Die 4 Modi sind: Saftspeicherung, Oxalatbildung, Carbonatbildung und Guttation. Die 16 theoretisch möglichen Combinationen, die wir als exkretphysiologische Typen bezeichnen, sind:

I. <u>Der Saft fungiert als Kalkspeicher</u>. - 1. Saftspeicherung, 2. Saftspeicherung und Oxalatbildung, 3. Saftspeicherung und Carbonatbildung, 4. Saftspeicherung und Guttation, 5. Saftspeicherung und Oxalatbildung und Carbonatbildung, 6. Saftspeicherung und Oxalatbildung und Guttation, 7. Saftspeicherung und Carbonatbildung und Guttation, 8. Saftspeicherung und Oxalatbildung und Carbonatbildung und

Guttation.

II. Der Saft fungiert nicht als Kalkspeicher. - 9. Oxalatbildung, 10. Oxalatbildung und Carbonatbildung, 11. Oxalatbildung und Guttation, 12. Oxalatbildung und Carbonatbildung und Guttation, 13. Carbonatbildung, 14. Carbonatbildung und Guttation, 15. Guttation, 16. keine Kalkreinigung.

Elf dieser Typen konnten wir mit Beispielen belegen, für die übrigen (3, 7, 8, 13 und 14) haben wir keine Vertreter gefunden.

Wir lassen nunmehr, nach exkretphysiologischen Typen geordnet, die Tabellen folgen.

I. SAFTSPEICHERUNG.

Nr.	Formenkreis	Art	Exkretphsiol. Gruppe.	Bemerkungen.
1.	I.	Euphorbia Lathyris	1. Euphorbiac.-Gruppe	-
2.	"	" epithymoides	" " "	-
3.	"	" Gerardiana	" " "	-
4.	"	" Cyparissias	" " "	mycotroph
5.	"	" exigua	" " "	-
6.	"	" Myrsinites	" " "	-
7.	"	" Peplus	" " "	minimale Guttation.
8.	"	" altissima	" " "	-
9.	"	" lucida	" " "	-
10.	"	" tirucalli	" " "	-
11.	"	" Laro	" " "	-
12.	"	" Regis-Jubae	" " "	-
13.	"	" neriifolia	" " "	Gelöste Ca-Salze im
14.	"	" resinifera	" " "	- Gewebe.
15.	"	" similis	" " "	Gelöste Ca-Salze im
16.	"	" Fournierii	" " "	- Gewebe.
17.	II.	Lobelia ramosa	1. Camp.-Lobel.-Gruppe	ob Guttation?
18.	"	" cardinalis	" " " "	" "
19.	III.	Cirsium arvense	Cirsium-Gruppe	-
20.	IV.	Scilla amoena	1. Liliac.- Gruppe	-
21.	"	" nutans	" " "	-
22.	"	Ornithogalum umbellatum	" " "	mycotroph.
23.	"	" nutans	" " "	-
24.	"	Narcissus Jonquilla	1. Amaryllid.-Gruppe	-
25.	"	" poeticus	" " "	mycotroph.
26.	"	Leucojum pulchellum	" " "	-
27.	"	Commelina coelestis	1. Commelinac.-Gruppe	-

II. SAFTSPEICHERUNG UND OXALATBILDUNG.

28.	I.	Euphorbia verrucosa	2. Euphorbiac,.-Gruppe	-
29.	"	" palustris	" " "	-
30.	"	" villosa	" " "	-
31.	"	" grandidens	" " "	-
32.	"	Codiaeum spec.	" " "	-
33.	"	Allamanda Schottii	1. Apoc.-Asclep -Gruppe	-
34.	"	Stapelia reclinata	" " " "	-
35.	II.	Carica Papaya	Carica-Gruppe	-
36.	"	Alocasia odora	Aroideen-Gruppe	-
37.	"	Xanthosoma Maximiliana	" "	-
38.	"	" violacea	" "	-
39.	"	Colocasia multifida	" "	-

Nr.	Formenkreis	Art	Exkretphysiol. Gruppe	Bemerkungen
40.	III.	Rhus typhina	Rhus-Gruppe	-
41.	"	" glabra	" "	-
42.	"	" toxicodendron	" "	-
43.	"	Mimusops Elengi	Mimusops-Gruppe	wenige Oxalat-Krist.
		III. vacat. IV. SAFTSPEICHERUNG UND GUTTATION.		
44.	II.	Campanula glomerata	2. Camp.-Lob.-Gruppe	- im Saft.
45.	"	" sarmatica	" " " "	-
46.	"	" alliariifolia	" " " "	-
47.	"	" rotundifolia	" " " "	-
48.	"	" persicifolia	" " " "	-
49.	"	" carpathica	" " " "	-
50.	"	Phy teuma spicatum	" " " "	geringe Mengen Oxa-
51.	"	" canescens	" " " "	- lat.
52.	IV.	Tradescantia virginica	2. Commelinac.-Gruppe	-
		V. SAFTSPEICHERUNG UND OXALATBILDUNG UND CARBONATBILDUNG.		
53.	I.	Cannabis sativa	1. Cannab.-Morac.-Gr.	-
54.	"	Humulus Lupulus	" " " "	-
55.	III.	Acer Pseudo-Platanus	Acer-Gruppe	-
		VI. SAFTSPEICHERUNG UND OXALATBILDUNG UND GUTTATION.		
56.	IV.	Crinum Powellii	2. Amaryllidac.-Gr.	-
57.	"	Tradescantia erecta	3. Commelinac.-Gr.	-
		VII., VIII. vacat. IX. OXALATBILDUBG.		
58.	I.	Ricinus communis	3. Euphorb.-Gruppe	-
59.	"	Mercurialis annua	" " "	-
60.	"	" perennis	" " "	-
61.	"	Codiaeum interruptum	" " "	-
62.	"	" diversifolium	" " "	-
63.	"	Toxicophloea spectabilis	2. Apoc.-Ascl.-Gr.	-
64.	"	Rhazya orientalis	" " " "	
65.	"	Apocynum hypericifol.	" " " "	-
66.	"	Asclepias incarnata	" " " "	-
67.	"	" tuberosa	" " " "	-
68.	"	Vincetoxicum officin.	" " " "	-
69.	"	" luteum	" " " "	-
70.	"	Periploca graeca	" " " "	-
71.	II.	Carlina acaulis	2. Compos. - Gruppe	-
72.	III.	Ipomoea purpurea	2. Convolvulac.-Gr.	-
73.	"	Cephalaria alpina	2. Dipsaceen-Gruppe	-
74.	"	Dipsacus laciniatus	" " "	-
75.	"	Knautia longifolia	" " "	-
76.	"	" magnifica	" " "	-
77.	"	Scabiosa caucasica	" " "	-
78.	"	" columbaria	" " "	-
79.	"	Mamillaria Bockii	Mamillaria-Gruppe	-
80.	"	" Parkinsonii	" "	-

Nr.	Formenkreis.	Art.	Exkretphysiol. Gruppe.	Bemerkungen.
81.	III.	Musa Basjoo	Musa-Gruppe	-
82.	"	" Cavendishii	" "	-
		X. OXALATBILDUNG UND CARBONATBILDUNG.		
83.	I.	Morus alba	2. Cannabac.-Morac.	-
84.	"	Ficus Carica	" " "	-
85.	"	Cecropia peltata	" " "	-
		XI. OXALATBILDUNG UND GUTTATION.		
86.	III.	Bocconia cordata	Bocconia-Gruppe	-
87.	"	Convolvulus tricolor	1. Convolv.-Gruppe	-
88.	"	" arvensis	" " "	
89.	"	Eryngium campestre	1. Umbellif.-Gruppe	-
90.	"	Cephalaria leucantha	1. Dipsac.-Gruppe	-
		XII. OXALATBILDUNG UND CARBONATBILDUNG UND GUTTATION.		
91.	III.	Urtica dioica	Urtica-Gruppe	-
92.	"	" canadensis	" "	-
		XIII., XIV. vacat. XV. GUTTATION.		
93.	II.	Specularia falcata	3. Camp.-Lob.-Gr.	-
94.	"	Wahlenbergia Roylei	" " " "	-
95.	"	Papaver somniferum	Papaver-Chelid.-Gr.	-
96.	"	" orientale	" " "	-
97.	"	" bracteatum	" " "	-
98.	"	" strictum	" " "	-
99.	"	" lateritium	" " "	-
100.	"	" Argemone	" " "	-
101.	"	" Rhoeas	" " "	-
102.	"	" nudicaule	" " "	-
103.	"	Chelidonium majus	" " "	-
104.	"	" laciniatum	" " "	-
105.	"	Lactuca virosa	1. Compositen-Gr.	-
106.	"	" Scariola	" " "	
107.	"	Cichorium Intybus	" " "	-
108.	"	Tragopogon major	" " "	-
109.	"	" campestre	" " "	-
110.	"	Sonchus palustris	" " "	-
111.	"	Prenanthes purpurea	" " "	-
112.	"	Hieracium umbellatum	" " "	mycotroph.
113.	"	Chondrilla juncea	" " "	-
114.	"	Taraxacum officinale	" " "	-
115.	III.	Glaucium luteum	Glaucium-Eschsch.-Gr.	-
116.	"	Eschscholzia calif.	" " "	-
117.	"	Archangelica officin.	2. Umbellif.-Gruppe	-
118.	"	Laserpitium macroph.	" " "	-
119.	"	Imperatoria hispanica	" " "	-
120.	"	Tropaeolum majus	Tropaeolum-Gruppe	-
121.	IV.	Allium Schoenoprasum	2. Liliaceen-Gr.	-

Nr.	Formen-kreis.	Art.	Exkretphysiol. Gruppe.	Bemerkungen.
122.	I.	Vinca major	3. Apocyn.-Ascl.-Gr.	ob Guttation?
123.	"	" minor	" " " "	myctroph.
124.	"	Amsonia salicifolia	" " " "	-
125.	"	Asclepias syriaca	" " " "	-
126.	II.	Lactuca perennis	3. Compositen-Gruppe	-
127.	"	Scorzonera laciniata	" " "	-
128.	"	" purpurea	" " "	-
129.	"	Mulgedium macrophyllum	" " "	-
130.	"	Crepis sibirica	" " "	-
131.	"	Scolymus hispanicus	" " "	-
132.	"	Gazania ringens	" " "	-
133.	III.	Sium Sisarum	3. Umbelliferen-Gr.	-
134.	"	Silaus tenuifolius	" " "	
135.	"	Scabiosa graminifolia	3. Dipsaceen-Gruppe	-
136.	IV.	Allium Cepa	3. Lilaceen-Gruppe	-
137.	"	" fistulosum	" " "	-
138.	"	" Porrum	" " "	-

Wir schliessen hier an, was wir über die Reaktion und über den Nitratgehalt des Saftes ermittelten:

1. Abgesehen von den beiden *Chelidonium*-Formen, *Silaus tenuifolius* und *Cephalaria leucantha*, deren Saft neutral befunden wurde, reagierten alle Säfte mehr der minder sauer. Unsere Ergebnisse bestätigen - im allgemeinen wenigstens - und erweitern die Angaben von MOLISCH (95).

2. Nitrate haben wir in der Mehrzahl der Milch- und Schleimsäfte nicht nachweisen können. Wo sie in grösserer oder geringerer Menge vorhanden sind, tritt der Kalkgehalt des Saftes mehrfach deutlich zurück; es sei nur an die Papaveraceen erinnert. Diese Tatsache ist umso bemerkenswerter, als STAHL (96) prinzipiell ähnliches namentlich bei *Viscum* und *Dianthus Caryophyllus* feststellen konnte. Es fiel ihm auf, "dass mit der Abnahme und dem schliesslichen Verschwinden der Nitratreaktion eine in manchen Fällen sehr beträchtliche Zunahme des Calciumoxalats einhergieng". Da nun u.E. kein Grund vorliegt, den Milchröhren als lebenden Zellen die Fähigkeit der Nitrat-Assimilation abzusprechen, scheint uns durch die Frage nach dem eventuellen Causalzusammenhang zwischen Kalk- und Nitratgehalt ein Weg gewiesen, der ihre Beantwortung nicht aussichtslos erscheinen lässt. Wenn diese gemutmasste Nitratassimilation - bei der das frei werdende Calcium allerdings nicht an Oxalsäure, sondern an andere, organische Säuren, vielfach wohl an Äpfelsäure gebunden würde - wirklich stattfände, so würde das, mittelbar oder unmittelbar ein ernährungsphysiologisches Plus für den Milchsaft bedeuten: mittelbar, wenn er die gebildete N-haltige Komponente zur Regeneration oder Vermehrung seiner selbst benützen, also gewissermassen in dieser Beziehung zum Selbstversorger werden würde und dadurch, indem er auf Zufuhr dieser Stoffe nicht oder doch nur in geringerem Masse angewiesen wäre, die anderen Gewebe entlasten könnte; unmittelbar, wenn er gar noch an diese würde abgeben können. Zwischen den beiden zuletzt genannten Möglichkeiten praktisch zu unterscheiden dürfte, wenn überhaupt möglich, jedenfalls ausserordentlich schwer sein.

Mit der Erörterung dieser Fragen haben wir den Rahmen der Zusammenfassung bereits überschritten und es sei daher in einem kurzen

AUSBLICK

auf einige Probleme hingewiesen, deren Inangriffnahme durch die vorliegende Untersuchung nahe gelegt wird.

Wir haben gesehen, dass der Milchsaft in einer ganzen Reihe von Fällen als typischer Kalkspeicher fungiert und es wäre nunmehr erwünscht, dass:

erstens diese qualitativen Befunde quantitativ bestätigt und dadurch recht deutlich gemacht würden. Diese Untersuchung hat allerdings nichts Problematisches, es sind hier lediglich einige technische Schwierigkeiten zu überwinden, da im allgemeinen doch nur recht geringe Saftmengen zur Verfügung stehen. Einige quantitative Analysen sind durchgeführt, doch sehe ich von der Mitteilung der Ergebnisse an dieser Stelle ab, da Einzelwerte wenig besagen und Mittelwerte noch nicht vorliegen. Sodann ist es natürlich erforderlich, auch die vom Saft sogut wie möglich befreiten Pflanzen quantitativ auf ihren Kalkgehalt zu untersuchen, denn erst der Vergleich beider Werte miteinander gibt uns das genaue Mass für die in Rede stehende exkretphysiologische Leistung des Saftes.

Zweitens erhebt sich die Frage, ob mit der fortschreitenden Entwickelung der Pflanze auch der Kalkgehalt des Saftes stetig zunimmt, allgemeiner gesagt, ob er überhaupt nennenswerten Schwankungen unterworfen ist und wie dieselben - falls sie vorkommen - möglicherweise zu erklären sind. Selbstverständlich wird auch hier nur die quantitative Untersuchung eine befriedigende Antwort geben können. Dass dabei, wenn die Verhältnisse physiologisch richtig gewertet werden sollen, auch die in den praktisch saftfreien Pflanzen vorhandene Menge von Kalksalzen genau festzustellen ist, versteht sich von selbst.

Während diese beiden Fragen natürliche Verhältnisse betreffen, würde drittens zu untersuchen sein, ob und wie weit sich der Kalkgehalt des Milchsafts - wiederum verglichen mit dem der übrigen Gewebe - bei wechselnder Kalk-Darbietung ändert. Hier würde man natürlich nicht nur mit wechselnden Mengen ein und desselben Kalksalzes, sondern mit verschiedenen arbeiten.

Damit ist dann viertens schon die Frage aufgeworfen, ob bei fortwährender Steigerung der Kalk-Zufuhr - bis zu der eine normale Entwickelung noch ermöglichenden Höchtmenge - zu der oder den bereits vorhandenen Arten der Kalkreinigung noch eine oder mehrere neue hinzukommen, eine Frage, die gemäss den verschiedenen Möglichkeiten der Kalkbeseitigung in mehrere Teilfragen zu gliedern wäre.

Fünftens ist für infraoptimale Kalkzufuhr das entsprechende zu untersuchen, was unter Punkt 4 für supraoptimale Calciumdarbietungen angedeutet wurde.

Weiterhin wäre sechtens festzustellen, ob nicht durch die künstliche Ausschaltung eines Modus der Kalkbeseitigung die Ausbildung eines neuen veranlasst, oder doch die stärkere Inanspruchnahme eines bereits vorhandenen erzielt werden könnte. Hier werden sich allerdings technisch z.T. unüberwindliche Schwierigkeiten hindernd in den Weg stellen. Ich habe zunächst an die Ausschaltung der Saftspeicherung und eine dadurch eventuell veranlasste Oxalatbildung gedacht. Jene liesse sich m.E, dadurch erreichen, dass man mit entmilchten Blättern oder Blattstücken arbeitet, wobei allerdings die Versuchsdauer eine beschränkte sein würde. Immerhin müsste man, wenn das Ergebnis ein positives, die Oxalatbildung also erzielt sein würde, des Einwandes gewärtig sein, dass diese Verhältnisse nicht auf die intakte Pflanze übertragen werden dürften. - Ob sich durch eine längere Unterdrückung der Guttation hinsichtlich der vorliegenden Frage etwas erreichen lässt, scheint mir nach den Erfahrungen STAHL's (97) einigermassen zweifelhaft zu sein. Es ist ja allerdings nicht gesagt, dass die von ihm beobachteten Krakheitserscheinungen stets auftreten müssen, und selbst wenn sie sich einstellen, so brauchen sie, jedenfalls solange sie lokaler Art sind, der Ausbildung einer neuen Art der Kalkreinigung ja nicht hindernd im Wege zu stehen. - Wo Oxalat und Carbonat normalerweise vorhanden sind, wird man kaum etwas erreichen können, denn eine Verminderung der Kalkzufuhr ist natürlich mit unserer Frage nicht gut vereinbar.

Was schliesslich siebentens die Frage nach einer eventuellen physiologischen Bedeutung des im Saft gespeicherten Kalksalzes - möglicherweise sind es ihrer mehrere - betrifft, so liegen da lediglich zwei Ansichten von KNIEP (98) vor, die allerdings nur die eine Komponente des Salzes, nämlich die Säure, angehen. Unter

der Voraussetzung, dass das Calcium - wenigstens im Saft der Euphorbiaceen - im allgemeinen als Malat vorkommt, eine Annahme, die zunächst noch chemisch zu fundieren wäre, glaubt KNIEP den Gedanken, "dass bei den Euphorbien die Milchröhren als Reservoire dieser Äpfelsäure fungieren"...."jedenfalls nicht ganz von der Hand weisen" zu wollen. Die Äpfelsäure dürfte s.E. hier vielleicht dieselbe Rolle spielen, "wie bei den anderen Sukkulenten (Cacteen), wo sie als unvollständiges Oxydationsprodukt bei der Atmung nachts gebildet ... und tagsüber nach vorheriger Oxydation zu Kohlensäure assimiliert wird". Dieser Gedanke hat gewiss manches für sich, zu diskutieren wäre er aber wohl erst dann, wenn wenigstens für einige Fälle experimentelle Unterlagen vorlägen. Ausser der von KNIEP geforderten Bestimmung des Atmungskoeffizienten scheint uns zur richtigen Beurteilung der Verhältnisse auch eine Untersuchung der übrigen Gewebe auf Malat notwendig zu sein. Die Tatsache, dass - nach unsern Befunden wenigstens - der Saft nicht sukkulenter Formen vielfach kalkreicher ist als der der fleischigen Euphorbien, braucht nicht unbedingt gegen die gemutmasste Funktion zu sprechen. Dass es sich zutreffendenfalls nicht um eine generelle Funktion des Latex, genauer gesagt: eines seiner Bestandteile handelt, tut dem Wert derselben natürlich in keiner Weise Abbruch.

In seiner früheren Arbeit über den Milchsaft bringt KNIEP (99) das Auftreten des apfelsauren Calciums "mit der Corrosion der Milchsaftstärke in Zusammenhang" Nach seinen Beobachtungen veranlasst die Äpfelsäure ein Abschmelzen der Stärkekörner. Eine Nachprüfung und Erweiterung dieser Beobachtungen zur Entscheidung dieser Frage sind unerlässlich. Auch diese Leistung des Milchsafts würde - ihre Bestätigung vorausgesetzt - im wesentlichen nur für die Euphorbien von Bedeutung sein.

Literatur-Verweise und Anmerkungen.

(2) U.a. PFEFFER, Pflanzenphysiol. 1. ed. I (1881) p. 325 und 2. ed. I (1897) p. 593 - 594; EULER, Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie III (1909) p. 230, 233; CZAPEK, Biochemie d. Pflanze, 1. ed. II (1905) p. 698; HABERLANDT, Physiol. Pflanzenanat. 5. ed. (1918) p. 320; MOLISCH, Studien über den Milchsaft und Scheimsaft d. Pflanzen, Jena 1901, p. 79 - 80; KNIEP, Die Funktion des Milchsafts in Rubber Receuil 1914, Sep. p. 22. - (3) Vergl. dazu: ZIMMERMANN, der Manihot-Kautschuk, Jena 1913, p. 152; KNIEP, l.c. (1914) p. 18, 22; HABERLANDT, l.c. (1918) p. 320. - (4) De BARY, Vergl. Anat. (1877) p. 192. - (5) SCHULLERUS in Abh. Bot. Ver. Brandenb. XXIV (1882) p. 66. - (6) MOLISCH, l.c. (1901) p. 47. - (7) Weitere Angaben über den Kalkgehalt des Milchsafts u.a. bei KNIEP, l.c. (1914) p. 11, 22, 25; CZAPEK, l.c. 1. ed. II, p. 703; HABERLANDT, l.c. (1918) p. 315. - (8) De BARY, l.c. p. 143. - (9) MOLISCH, l.c. p. 45. - (10) vergl. dazu STAHL, Zur Physiologie und Biologie der Exkrete, in Flora n.F. XI (1919) p. 22. - (11) u.a. CZAPEK, l.c. 1. ed. II, p. 417 ff; ONKEN, über die Bedeutung des Calciums im Leben der Pflanze unter besonderer Berücksichtigung des oxalsauren Kalkes, in Prometheus XXVII (1917) p. 737 ff; STAHL, l.c. (1919) p. 6 ff. - (12) Ntürlich sind die Kalkcarbonatüberzüge vieler Waserpflanzen nicht kritiklos hierher zu rechnen. Vergl. auch STAHL, l.c. p. 18. - (13) STAHL, l.c. (1919) p. 23 ff, 57 ff. - (14) Derartige Versuche sind meines Wissens bisher nicht gemacht worden. An sie würde sich unmittelbar die Frage anschliessen, ob und inwie weit Änderungen im Calcium-Gehalt der Nährlösung solche in der Ausscheidungsflüssigkeit zur Folge haben würden. - (15) DELEANO, Etude sur le rôle et la fonction des sels minéraux dans la vie des plantes, Inst. Bot. Genève 1907, 7. ser., fasc. 9. - (16) SEVERINI, Particoluita morfologiche ed anatomiche nelle radici dell' Hedysarum coronarium, in Ann. di Bot. VII (1908), zitiert nach Bot. Centralbl. 1909, II. Abt., p. 49. - (17) MAZE, Sur l'excrétion des substances minéraux et organiques par les racines et les stomates aquifères, in Comptes rendus CLII (1911).- (18) Vegl. TUMANN, Pflanzenmikrochemie, Berlin 1913, p. 116. - (19) MOLISCH in Ber. D. bot. Gesellch. XXXIV (1916) p. 288 - 295. - (20) MOLISCH, l.c. p. 357 - 363. - (21) Auf Nitrate wurde mit Diphenylamnin-Schwefelsäure geprüft. Dieses Reagens dürfte trotz einigen Mängeln dennoch das beste sein. - (22) SOLEREDER, Syst. Anat. d, Dicotylen (1899) p. 834, 841 und Ergzbd. (1908) p. 288, 289. - (23) Carbonat und Oxalat

sind hier wie im folgenden der Kürze halber statt Calciumcarbonat und Calciumoxalat gesetzt. - (24) Es sei hier auf einen Irrtum hingewiesen, der sich bei MOLISCH (l.c. 1901) in der Tabelle auf p. 46 findet. Dort ist, wohl durch ein Versehen bei der Drucklegung, die "Kalkreaktion bei direktem Nachweis im Saft" als "sehr schwach" bezeichnet. - (25) MOLISCH, l.c. p. 47, Fig. 19. - (26) SCHULLERUS, l.c. p. 66. - (27) vergl. KNIEP, l.c. p. 22. - (28) SOLEREDER, l.c. p. 288. -(29) STAHL in Pringsh. Jahrb. XXIV (1900) p. 539 - 668. - (30) Diese Beobachtung steht mit der Angabe von MOLISCH (l.c. p. 44), dass der Saft "amphoter", besser wohl: neutral reagiere, in Widerspruch. - (31) STAHL, l.c. (1919) p. 1. - (32) Diese Ausführungen beziehen sich auf die vegetativen Teile. - (33) BERGER, Sukkulente Euphorbien (Stuttgart 1907) p. 34 - 35. - (34) MOLISCH, Über den mikrochemischen Nachweis und die Verbreitung gelöster Oxalate im Pflanzenreich in Flora n.F. XI-XII (Stahl-Festschrift) p. 60 ff. - (35) Die diesbezügliche Angabe von MOLISCH (l.c. p. 46, Tabelle) ist infolge Strichelung nicht klar, wir haben bereits darauf hingewiesen, als vom Kalkgehalt der Euphorbia Lathyris die Rede war. - (36) BAUMGÄRTEL, Die Farbstoffzellen von Ricinus communis, in Ber. D. bot. Gesellsch. XXXV (1917) p. 604. - (37) MOLISCH, l.c. (1901) p. 46, Tabelle. - (38) Nach Abschluss meiner Untersuchungen stellte mir Herr cand. rer. nat. FENTZKE seine Beobachtungen über Ausscheidung flüssigen Wassers freundlichst zur Verfügung. Dadurch wurden einige mir zweifelhaft gebliebene Fälle sicher gestellt. Wo unsere Ergebnisse voneinander abweichen, wie im obigen Fall, ist es im Text vermerkt. - (39) SPANJER, Unters. über d. Wasserapparate der Gefässpflanzen in Bot. Ztg. 1898, p. 35 ff. - (40) Das von De BARY angegebene Vikariieren zwischen Milchröhren und Kristallschläuchen trifft hier also nicht zu. - (41) SOLEREDER, l.c. (1899) p. 604. - (42) Vergl. MOLISCH, l.c. (1901) p. 51 - 52; SOLEREDER, l.c. (1899) p. 604; daselbst weitere Literatur-Angaben. - Vergl. ferner: SPANJER, l.c. (1898) p. 37 und die hier genannte Literatur. - (44) TSCHIRCH und ÖSTERLE, Anat. Atl. d. Pharmacognosie, Leipzig 1900, Abt. I, p. 56 und Tafel XV, fig. 16. - (45) Cit. nach SOLEREDER, l.c. (1899) p. 865 Anm. 2. - (46) Cit. nach SOLEREDER, l.c. (1908) p. 298. - (47) Vergl. TUMANN, l.c. (1913) p. 116. - (48) Für Hevea vergl. die Arbeit von LOCK, Rubber and rubber planting, Cambridge 1913; frisch abgezapfter Hevea-Milchsaft soll alkalisch reagieren (p. 54). - (49) Für Manihot vergl. die Monographie von ZIMMERMANN, l.c. (1913) . - (50) PAX, Euphorbiaceae-Adrianae in Engl. Pflanzenr. Heft 44, 1910. - (51) STAHL, l.c. (1900) p. 552. - Die hier genannten Pflanzen wurden von uns auf ihr Verhalten bezüglich der Kalkbeseitigung allerdings nicht untersucht. - (52) SCHMIDT, Systematisch-anatomische Untersuchungen des Blattes der Campanuloideen, Diss.Erlangen 1904, p. 23, 24, 60. - (53) SCHMIDT, l.c. p. 23 - 24 und 102 - 103. - (54) Citiert nach SOLEREDER, l.c. (1908) p. 194. - (55) NEUMANN-REICHARDT, Anat.-physiol. Unters. über Wasserspalten in Haberlandt's Beitr. zur allgem. Botanik I (1917) Heft 3. - Verf. scheint bei Lobelia syphilitica Guttation beobachtet zu haben (vergl. p. 19). - (56) SPANJER, l.c. p. 39, gibt für Lobelia syphilitica Ausscheidung an. - (57) Nach SOLEREDER, l.c. (1908) p. 347 - 348, Anm. 5. - (58) Cit. nach SOLEREDER, l.c. (1908) p. 183. - (59) Vergl. SOLEREDER. l.c. (1908) p. 354. - (60) Vergl. STAHL, l.c. (1900) p. 550. - (61) SCHMIDT. Über den Plasmakörper der gegliedrten Milchröhren, in Bot. Ztg. XL (1882) p. 435 ff; MOLISCH. l.c. (1901) p. 7. - (62) De BARY, l.c. p. 209. - (63) MOLISCH, l.c. p. 68. - (64) Das Wort "Milchröhren" wurde von mir in Anführungsstriche gesetzt, da es hier im Sinne von Milchsaft führenden Exkretbehältern ganz allgemein gebraucht ist, - (65) KNIEP, l.c. (1905) p. 179. - (66) Vergl. Engler-Prantl, Nat. Pflenzenfam. Nachtr. IV (1915) p. 28. - (67) SPANJER, l.c. (1898) p. 37. - (68) MOLISCH, Das Hervorspringen von Wassertropfen aus der Blattspitze von Colocasia nymphaeifolia, in Ber. D. bot. Gesellch. 1903, p. 381. - (69) STAHL, l.c. (1918) p. 57 - 58. - (70) UNGER, cit. nach Haberlandt, l.c. (1918) p. 465. - (71) STAHL, l.c. (1919) p. 76, hat diese Einschränkung nicht gemacht. - (72) Ich sage "zu tun scheint", da ich keine Gelegenheit mehr hatte, speziell über diesen Punkt mit meinem verehrten Lehrer zu sprechen. Für mich ist es sicher, dass STAHL es im vorliegenden Fall wirklich tat. - (73) Worte des Stahl'schen Textes (1919, p. 75), die von mir gesperrt sind. - (74) SANIO, Über die in der Rinde dicotyler Holzgewächse

vorkommenden kristallinischen Niederschläge, in Monatsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin 1857. - (75) Vergl. auch SOLEREDER, l.c. (1908) p. 106. - (76) SANIO, l.c. (1857) p. 263. - (77) MOLISCH, Über die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse, in Sitzungsber. Akad. Wien Mat.-Naturw. Abt. LXXXIV 1 (1889) p. 19, Tab. I fig. 5 und 10. -(78) CHIMANI, Unters. über Bau und Anordnung der Milchröhren, in Bot. Ztg. LXI (1895) p. 393 ff. - (79) CHARLIER, Cit. nach SOLEREDER, l.c. (1908) p. 207. - (80) Vergl. CZAPEK, l.c. (1908) p. 207. - (81) MOLISCH, l.c. (1901) p. 46. - (82) Cit. nach SOLEREDER, l.c. (1908) p. 207. - (83) Cit. nach SOLEREDER, l.c. (1899) p. 872, Anm. 1. - (84) Kalkcarbonat ist bei den Urticaceen (SOLEREDER l.c. (1908) p. 354) auch im Holz oder Mark konstatiert.- (85) Für Falkia sind die gegliederten Milchröhren nach SOLEREDER (l.c. 1908, p. 346) nur für die Blütenteile bekannt, ob sie seither bereits für die vegetativen Organe nachgewiesen sind, vermag ich nicht zu sagen. - (86) SOLEREDER, l.c. (1899) p. 638; vergl. auch Fig. 128 daselbst. - (87) CZAPEK, l.c. 1. ed. II, p. 703. - (88) Vergl. SOLEREDER, l.c. (1908) p. 354. - (89) FENTZKE, l.c. (unveröffentlicht). - (90) Ausser bei der Gattung Mamillaria kommen diese Gänge, soviel mir bekannt, nur noch bei Leuchtenbergia principis Fisch. vor (vergl. auch SOLEREDER, l.c. (1899) p. 465.)- (91) MOLISCH, l.c. (1901) p. 8 ff. - (92) HANSTEIN, Über ein System schlauchartiger Gefässe etc. in Monatsber. Preuss. Akad. Berlin 1858, p. 705 ff. - (93) MOLISCH, l.c. (1901) p. 103, 104. - (94) Wie uns unsere Untersuchungen gezeigt haben, ist die Anhäufung gelöster Kalksalze im Zellsaft nirgends so gross, als dass man von einer Speicherung reden könnte. Dieser Fall scheidet also als Form der Kalkreinigung aus, abgesehen davon, dass, wie bereits eingangs bemerkt, auch bei grösserer Anhäufung nicht eigentlich von einer Reinigung oder Beseitigung gesprochen werden könnte. - (95) MOLISCH, l.c. (1901) p. 45. - (96) STAHL, l.c. (1919) p. 3. - (97) STAHL, l.c. p. 32 ff. - Die Frage nach den chemisch-physikalischen Ursachen der Erkrankungen lässt STAHL offen (p. 40). - (98) KNIEP, l.c. (1914) p. 22. - (99) KNIEP, l.c (1905) p. 151.

Schluss des zweiten Bandes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Onken Albin

Artikel/Article: Ueber die Bedeutung des Milch- und Schleimsaftes für die Beseitigung des überschüssigen Calziums, Ein Beitrag zur Exkretphysiologie der höheren Pflanzen. 281-333