ARCHIV DER PHARMACIE.

22. Band, 15. Heft.

A. Originalmittheilungen.

Ueber Bau und Inhalt der Aloënenblätter, Stämme und Wurzeln.

Von Dr. F. Prollius.

Die Anatomie der Aloëblätter ist bereits der Gegenstand mehrfacher Untersuchungen gewesen, so dass es überflüssig scheinen könnte, dieses Thema von neuem aufzunehmen.

Dennoch sind die Ansichten über manche Punkte keineswegs geklärt, was seinen Grund darin hat, dass die Untersuchungen entweder nur diesen oder jenen Theil des Blattes gelegentlich anderer Arbeiten betrafen, oder sich auf eine oder wenige Species beschränkten.

Wenn auch von vornherein nicht anzunehmen ist, dass sich innerhalb einer so charakteristischen und unter so gleichmässigen Verhältnissen lebenden Pflanzenfamilie eine grosse Mannigfaltigkeit der anatomischen Structur zeigen würde, so ist doch erst ein umfassendes Bild möglich, wenn eine grössere Anzahl Species vergleichend untersucht sein wird.

Die meisten Angaben beziehen sich auf Aloë soccotrina, so auch die beste bildliche Darstellung eines Querschnittes von Berg.¹ Erst Trécul² hat eine grössere Zahl Arten untersucht, jedoch nur in Beziehung auf die Saftbehälter.

In vorliegender Arbeit war es daher mein Ziel, an einer möglichst grossen Anzahl noch nicht untersuchter Arten die anatomischen Verhältnisse zu vergleichen. Die hier untersuchten Species sind nach den Bestimmungen des Jenaer und Berliner botanischen Garten, welche das Material lieferten, folgende:

1) Berg und Schmidt, officinelle Gewächse.

2) Trécul, *Annales des Sciences naturelles* 1870—71. Tome XIII. p. 80—90. Du suc propre dans les feuilles des Aloës.

1. Aloë soccotrina. Lam.	24. Aloë purpurascens. Haw.
2. - mitraeformis. Miller.	25. - Commelini. Schult.
3. - Schimper. Todaro.	26. - ferox. Miller.
4. - vulgaris. Dec.	27. - plicatilis. Miller.
5. - longiaristata. Schult.	28. - africana. Miller.
6. - humilis.	29. Lomatophyllum borbonicum.
7. - nitens.	30. Gasteria parvipunctata.
8. - latifolia. Haw.	31. - dictoides.
9. - longeserrata.	32. - obliqua. Haw.
10. - verrucosa. Miller.	33. - obtusifolia. Haw.
11. - spiralis L.	34. - verrucosa.
12. - albicans. Haw.	35. - sulcata. Haw.
13. - grandidentata. Salm, Dyck.	36. - fasciata.
14. - candens.	37. Haworthia pumila. Haw.
15. - angulata. Willd.	38. - viscosa. Haw.
16. - nigricans. Haw.	39. - rugosa. Baker.
17. - attenuata. Haw.	40. - rigida. Haw.
18. - virens.	41. - margaritifera. Haw.
19. - depressa. Salm, Dyck.	42. - pentagona. Haw.
20. - tortuosa.	43. - foliosa.
21. - picta. Thumb.	44. - fasciata. Haw.
22. - arborescens. Miller.	45. Apicra (Haworthia) spirella
23. - abessynica. Dec.	Haw.

Fig. 1.

Querschn. d. Hälfte ein. Blattes, — e Epidermis, — r Rinde, g Gefässbündel, — m Mark.

Der gröbere Bau des Blattes, das heisst die Lage der Rinde zum Inneren des Blattes zeigt nicht nur bei der Gattung Aloë, sondern auch bei den übrigen Gattungen der Aloëneen Gasteria, Haworthia, Lomatophyllum und Apicra eine vollständige Uebereinstimmung.

Die stark cuticularisirte Epidermis umschliesst eine Rindenschicht, welche auf Ober- und Unterseite gleich stark entwickelt ist. Diese schliesst einen inneren Theil, das Mark der früheren Botaniker ein Fig. 1. An der Grenze des Markes und der Rinde liegen die Gefässbündel und an diesen gegen die Rinde hin gerichtet die Saftbehälter.

Berg's Abbildung von *Aloë soccotrina* kann für diese Verhältnisse als typisch gelten; in wie weit sie es nicht kann, wird sich aus der weiteren Darstellung ergeben. In der Regel übertrifft der Durchmesser des Markes den der Rinde bedeutend. Manche Gasteriaarten z. B. *Gasteria Lingua* besitzen dagegen Rinde, welche breiter als das Mark ist.

Um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, ist die folgende Darstellung unter dem Gesichtspunkt der verschiedenen Gewebecomplexe zusammengefasst und nur Abweichendes hervorgehoben.

I. Das Hautgewebe.

Die Epidermis sämtlicher (d. h. wie in allen anderen Fällen, der hier untersuchten) Arten zeigt keine wesentliche Differenzierung. Stets ist sie einschichtig.

Die einzige beobachtete Form ist die, mehr oder wenig regelmässig sechseckiger Zellen, deren Oberfläche in Folge körniger innerer Cuticularmassen mehr oder weniger granuliert erscheint.

Ober- und Unterseite zeigen keinen wesentlichen Unterschied, die hier und da etwas gestreckte Form, wie *Aloë longearistata* darstellt, ist ohne charakteristische Bedeutung. Auf dem Querschnitt sieht man in der Regel die gewöhnlichen rundlich viereckigen, oft tangential gestreckten und gegen die Oberseite stark verdickten Zellen.

Bei einigen Formen, *Aloë nigricans*, *Aloë albicans*, *Gasteria parvipunctata*, *Gasteria dictoides*, *G. obliqua*, *G. lingua*, *G. verrucosa*, *G. sulcata*, *G. fasciata*, *Haworthia pumilis* besitzen die Epidermiszellen auf dem Querschnitt eine Form, wie sie typisch *Aloë albicans* darbietet.

Die Zwischenwände sind hier auffallend breit zapfenförmig und cuticularisiert, so dass die Zellen zwischen ihnen sehr schmal erscheinen. Die Cuticularisierung ist bei den Aloëneen überhaupt stark ausgebildet. Nur in wenigen Fällen beschränkt sie sich, auch bei der vorher genannten Gruppe mit normalen Epidermiszellen, auf die oberste Region z. B. *Aloë abessynica*, *A. africana*, *A. picta*, meist dringt sie mehr oder weniger tief keilförmig zwischen die Zellen ein, so bei *Haworthia rugosa rigida* und anderen.

Die Spaltöffnungen sind bei den hier untersuchten Arten durchgehend nach dem von Schacht¹ bei *Aloë soccotrina* und *Gasteria obliqua* nachgewiesenen Typus gebaut, siehe Fig. 2.

1) Schacht, Lehrbuch. Taf. III. 24.

Fig. 2.

s Schliesszellen, — ah äussere,
— ih innere Athemhöhle, —
e Epidermiszellen, — r Rin-
denzellen.

Die Schliesszellen liegen eingesenkt und werden wie bei den Coniferen von den Epidermiszellen überwölbt. Die dadurch entstandene Höhlung Fig. 5. a. h., von Tschirsch bei den Coniferen als „äussere Athemhöhle“ bezeichnet, enthält, wie Schleiden¹ bereits bei *Aloë nigricans* nachwies, häufig Harzkügelchen.

Am reichlichsten konnte ich sie bei *Aloë albicans*, *Gasteria dictoides* und auch *A. nigricans* beobachten, wo sie auch in der Spaltöffnung selbst und in der inneren Athemhöhle liegen.

Es liegt der Gedanke nahe, nach dem Vorgang von K. Wilhelm,² welcher in der Verstopfung der äusseren Athemhöhle der Coniferen mit Wachs eine Schutzvorrichtung gegen zu starken Wasserverlust erblickt, auch hier eine solche anzunehmen. Eine solche Deutung scheint mir jedoch weder für die Aloënen noch für die Coniferen gerechtfertigt. Für erstere schon deshalb nicht, weil diese Verstopfung durchaus nicht, wie Czech³ angiebt, constant ist.

Nicht einmal die Spaltöffnungen eines Blattes verhalten sich darin gleich. Aber auch für die Coniferen, wo diese Erscheinung nach Wilhelm ganz constant bei vielen Arten vorkommen soll, scheint mir obige Deutung sehr gewagt, was im folgenden näher begründet werden soll.

Eine Schutzvorrichtung, welche wie in diesem Falle den Zweck haben sollte, die zu grosse Thätigkeit des Verdunstungsapparates zeitweise zu mildern, müsste auch die Eigenschaft haben, falls die Verdunstung durch andere Verhältnisse bedingt geringer wird, seine Function einzustellen. Man kann gegen diese Ansicht nicht geltend machen, dass Wachüberzüge auch sonst als Schutzmittel anerkannt sind.

Hier handelt es sich, wie schon erwähnt, um die zeitweise Modificirung der Thätigkeit eines Organes, und so lange nicht nach-

1) Schleiden, Grundzüge der wissenschaft. Botanik 1861. p. 200.

2) K. Wilhelm, Ueber eine Eigenthümlichkeit der Spaltöffnung der Coniferen. Bericht d. Deutsch. Bot. Gesellschaft 1883. Heft 7. p. 325 — 30.

3) Czech, Bot. Ztg. 1869. No. 40. p. 822.

gewiesen ist, dass die erwähnten Wachausscheidungen wieder verschwinden und zwar unter Umständen, welche es wahrscheinlich machen, dass eine Verminderung der Transpiration nicht mehr nothwendig sei; so lange steht die Ansicht Wilhelms auf schwachen Füßen. Ein Apparat, welcher in erwähnter Weise wirken sollte, müsste ein mit dem übrigen Gewebe im organischen Gewebezusammenhang sein) wie ihn z. B. Pfitzer¹ bei den Restionaceen nachgewiesen hat.

Auch die Einsenkung der Spaltöffnungen und Bildung einer äusseren Athemhöhle, die nach Tschirch bei Coniferen eine Schutzeinrichtung sein soll, und die sich bei Aloë, wie erwähnt, auch findet, scheint mir nicht als solche aufgefasst werden zu können, denn wie durch eine offene Höhlung, deren Durchmesser grösser als derjenige der Spaltöffnung ist, die Verdunstung der letzteren verringert werden kann, ist nicht einzusehen.

Dazu kommt, dass, wenn auch Agave, Aloë und Coniferen als Pflanzen, bei denen eine Verminderung der Transpiration wünschenswerth erscheinen könnte, diesen Bau der Spaltöffnungen haben, denselben auch viele andere besitzen, so z. B. Iris, Allium, Orchideen, Dianthus, bei denen die Nothwendigkeit einer solchen Einrichtung nicht einzusehen ist.

Das gewiss berechtigte Streben nach einer causalen Erklärungsweise scheint oft höchst gezwungene Deutungen zu erzeugen.

Der zu grossen Transpiration der Aloëblätter ist genügend durch die dicke cuticularisirte Epidermis und die geringe Zahl der Spaltöffnungen entgegengewirkt. Letztere befinden sich in der Regel auf beiden Blattflächen, auf der unteren jedoch wie gewöhnlich in grösserer Zahl. Die Anzahl der Spaltöffnungen ist äusserst gering; denn während sie nach den Zählungen von Weiss meistens ausserordentlich gross ist, so fand ich im Durchschnitt auf 2 □ mm. stets nur 1—2 Stück. Die Aloënen gehören, wie auch zu erwarten ist, zu den hiermit am schwächsten versehenen Pflanzen.

II. Die Rinde und das Gefässsystem.

Eine gemeinschaftliche Besprechung dieser beiden Gewebetheile dürfte wegen der gegenseitigen Beziehungen nach Lage und Inhalt zweckmässig sein.

1) Pfitzer, Ueber das Hautgewebe einer Restionacee. Pringsheim's Jahrbuch 1870. p. 561.

Entsprechend dem geringen äusseren Unterschiede zwischen Ober- und Unterseite des Aloëblattes zeigt auch die Rinde wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Seiten nicht, auch der Durchmesser beider ist gleich. Typisch für die untersuchten Arten ist die rundlich polyëdrische Form der Rindenzellen, welche Inter-cellularräume zwischen sich lassen.

Stets färbt sich die Rinde mit Jod blau und die dünnen Wände besitzen Tüpfel, welche meist deutlich zu einer runden Tüpfelplatte angeordnet sind.

Etwas abweichend ist die Form der Zellen bei Aloë mitraeformis, wo die Zellen bedeutend radial gestreckt sind. Auch Aloë Schimperii zeigt ähnliche Verhältnisse auf der Oberseite. Die der Epidermis zunächstliegende Zellreihe ähnelt dieser oft etwas, unterscheidet sich aber wie das übrige Rindengewebe stets durch den Besitz von Chlorophyll.

Schichten, welche man als wirkliches Pallisadenparenchym auffassen könnte, habe ich nur bei Aloë mitraeformis Schimperii und plicatilis beobachtet. Durch vorwiegend radial gestreckte Zellen zeichnen sich folgende Arten aus: A. Schimperii, verrucosa, grandidentata, condens, angulata, nigricans, attenuata, purpurascens, Commelini, Gasteria dictoides. Die Zellen letzterer sind nur auf der Oberseite radial gestreckt.

Die Ränder vieler Aloënenblätter zeichnen sich durch Härte und manche durch scharfe schmale Kanten aus. Ersteres ist am deutlichsten bei der Gattung Gasteria z. B. G. Lingua sulcata, parvipunctata, verrucosa; letzteres bei verschiedenen Aloëarten.

Beides hat seinen Grund in sclerenchymatischer Verdickung der Wände der Zellen, welche zugleich in ihren äusseren Lagen radial gestreckt werden, und ihr Chlorophyll grösstentheils verlieren. Verkorkung tritt jedoch hierbei nicht ein.

Auf demselben Vorgang, Streckung und Verdickung der Rindenzellen, beruht auch die Bildung der Warzen wie bei Aloë verrucosa, albicans und Haworthia margaritifera. Diese sind also Rindenwucherungen, während die granulirte Oberseite mancher Blätter auf Erhabenheiten der cuticularisirten Theile der Epidermis beruht.

In erstere Kategorie gehören auch die Zähne des Blattrandes und der Fläche bei Aloë arborescens, picta, ferox und anderen. Die Streckung der Rindenzellen bezieht sich hier auf eine grössere

Anzahl Schichten, gegen die Spitzen wird die Verdickung der Wände bedeutend stärker. Die Epidermiszellen behalten ihre Form und überziehen diese Emergenzen, wie die normale Rinde des Blattes. Das Auftreten von Peridermschichten als Wundkork, was für eine Species bereits bekannt ist, scheint eine ziemlich allgemeine Erscheinung zu sein.

Im vorliegenden Falle wurde dieser bei *Aloë verrucosa*, *purpurascens*, *Gasteria parvipunctata* und *obtusifolia* beobachtet.

Einschlüsse des Parenchyms.

Dieselben bestehen, abgesehen von Chlorophyll aus Harz, Wachs und Krystallen. Amylum fehlt durchgängig. Ersteres soll später besprochen werden.

Das Wachs ist in geringer Menge in den bekannten Tropfen wohl in jedem Aloëneenblatt vorhanden. Als Ausscheidung der Oberfläche konnte es nur in ganz unbedeutender Menge in einzelnen Fällen nachgewiesen werden. In Form wirklicher Klumpen fand es sich im Rindenparenchym von *Aloë longearistata*, *dictoides*, *pliocatilis* und *africana*.

Interessanter sind die Calcium-oxalatkrystalle. Von diesen sind bis jetzt drei Formen beschrieben. Erstens die allbekannten Rhabdiden, zweitens von Trécul eine Form, welche er als „cristaux plus volumineux (als die Rhabdiden) taillés en biseau aux deux extrémités et isolés dans les cellules qui les contiennent“ bezeichnet; drittens kleinere prismatische Krystalle à base carrée. Die zweite von Trécul erwähnte Form scheint mir identisch mit der in Fig. 3 halb

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

schematisch abgebildeten. Sie ist sehr häufig in einer grossen Anzahl Arten, in der Regel jedoch in Schläuchen eingeschlossen, aber auch, wie Trécul erwähnt, frei und oft mehrfach grösser als die Rhaphiden, bis 0,540 mm. lang und 0,007 mm. breit.

Unter Berücksichtigung ihres Krystallsystems, ein in die Länge gezogenes monoklines Prisma mit Orthodomen, welche Gestalt auch den eigentlichen Rhaphiden zukommt, sind diese Krystalle nichts weiteres als eine grosse Rhaphidenform. Desgleichen ist die in manchen Büchern abgebildete ähnliche Form mit nur einer Spitze, die sich auch in den Aloëblättern findet, nichts weiteres als jene Prismen, aber im durchbrochenen Zustand.

Die dritte Form Tréculs, welche er aus faulenden Blättern erhielt, habe ich nicht auffinden können. Dagegen kann ich hier fünf Formen hinzufügen, welche zwar für den oxalsauren Kalk bekannt aber in den Aloëblättern bis jetzt nicht beobachtet sind. Im Vergleich zu den obigen Vorkommnissen sind sie selten zu nennen.

Erstens: Krystalle des quadratischen Systems.

1) In Schläuchen eingeschlossene quadratische Prismen, Fig. 4, 0,081 mm. lang. Durchmesser der Basis 0,005 mm. Vielleicht sind sie identisch mit Tréculs Prismen à base carrée. Diese Krystalle liegen zu Bündeln vereint meist senkrecht zur Oberfläche in ihren Schläuchen und geben der Oberfläche derselben ein schachbrettartiges Aussehen. Besonders häufig sind sie bei Aloë africana und picta, Gasteria dictoides, Haworthia viscosa, fasciata, pentagona, spirilla und im Stamm von Aloë arborescens.

2) Eine Modification obiger Form findet sich bei Aloë ferox, plicatilis und africana. Hier sind die quadratischen Prismen bedeutend grösser 0,043 mm. im Durchmesser der Basis. Sie liegen stets, (mit Ausnahme eines Falles, wo ich 3 beisammen fand) einzeln in einem Interellularraum und eine deutliche Cellulosehaut fehlt.

Gleichfalls hierher zu rechnen sind die in Fig. 5 abgebildeten sehr grossen etwa 0,08—0,2 mm. langen, etwa 0,02 mm. breiten und meist mit zerbrochenen Kanten versehenen Krystalle. Sie liegen nie in Schläuchen, sondern im Gewebe der erwähnten Arten zerstreut. Ihr Verhalten zu Essigsäure in der sie ohne Gasentwicklung aber sehr schwer löslich sind, kennzeichnet sie gleichfalls als Calciumoxalat.

3) Bei Aloë africana und purpurascens fand sich in nur je einem Exemplar in einer Parenchymzelle die in Fig. 6 abgebildete

quadratische Form. Eine andere Lage war leider nicht zu erhalten doch lässt die durch verschiedene Einstellung erhaltene Ansicht von nach oben schrägzulaufenden dreieckigen Flächen keine andere Deutung als die einer quadratischen Säule mit aufgesetzter vierseitiger Pyramide oder die einer doppelten flachen vierseitigen Pyramide zu. Grösse des Quadratdurchmessers, 0,007 mm.

Zweitens: Krystalle des monoklinen Systems.

4) Eben so selten wie vorige Krystallform ist die eines flachen monoklinen Prismas mit Orthodomen (Fig. 7.) Es wiederholt sich hier also die Krystallform der Rhaphiden in einer viel kleineren und anders entwickelten Gestalt. Diese Krystalle, die ich nur je einmal im Rindenparenchym von Aloë plicatilis und in der Epidermis von Aloë humilis fand, sind nur 0,006 mm. lang und 0,003 mm. breit.

5) Als letzte Form des monoklinen Systems finden sich bei Aloë Commelini und dictoides die unter Fig. 8 dargestellten einseitig schräg entwickelten Prismen, wie sie auch in der Zwiebel von Scilla maritima vorkommen. Grösse ungefähr wie die der quadratischen Prismen. Die die eben erwähnten Krystallbündel enthaltenden Schläuche haben verkorkte Membranen.

Für Aloë arborescens, soccotrina und mitraeformis ist dies bereits von Zacharias¹ nachgewiesen. Auch alle hier untersuchten Schläuche verhalten sich ebenso.

Die Frage, ob die Krystalle in eigenen Zellen oder in den Interzellularräumen enthalten seien, ist in verschiedener Weise beantwortet. Berg² entscheidet sich für letzteres, während Wiegand³ dieses bestreitet.

Allerdings machen die Krystallschläuche oft den Eindruck, als erfüllten sie Lücken im Gewebe, in dem ihre Wände die Ausbuchtungen der benachbarten Zellen auskleiden, ohne wieder Interzellularräume mit diesen zu bilden, so dass die Form des Schlauchquerschnittes von dem der gewöhnlichen Zellen abweicht. Dagegen giebt es wiederum Schläuche, die den umgebenden Zellen in der Form vollständig gleichen und mit diesen auch Interzellularräume bilden.

1) Zacharias, Ueber Secretbehälter mit verkorkten Membranen. B.-Ztg, 1879. No. 40. p. 639.

2) Berg m. Schmidt, Officin. Gewächse. pag. IV. f.

3) Wiegand, Lehrbuch der Pharmacognosie 1874. p. 367.

Die Schläuche ziehen sich eben als verlängerte Zellen durch eine grössere Anzahl von Zellschichten hindurch, wobei gerade bei längeren Schläuchen die Umrisse leicht verändert werden. Kurze Schläuche zeigen die den übrigen Zellen gleichartige Gestalt, meistens sehr deutlich.

Auf dem Längsschnitt sind die Schläuche im Stamm von *Aloë arborescens* in senkrechten Reihen angeordnet, während im Blatt die Lage ziemlich unregelmässig ist.

Die Krystallbündel fanden sich in einigen Fällen in einer durchsichtigen Schleimmasse eingehüllt. Am deutlichsten konnte dieses in einem Falle bei *Haworthia pentagona* beobachtet werden, wo die Krystalle in einer gallertigen durch Druck hin und her bewegbaren Masse lagen.

Dass die Krystalle von einer klebenden Substanz umgeben sind, geht auch aus ihrem öfteren Zusammenhalten ausserhalb des Schlauches hervor. In einigen Fällen färbte sich diese Hülle mit Jod schwach gelblich. Wie es den Anschein hat, bedingt auch jene Hülle die Befestigung an dem Celluloseschlauch. Cellulosebänder, wie sie Rosanoff¹ als Verbindungsmittel der Krystalldrusen mit der Zellwand beschreibt, finden sich hier nicht.

Gefässbündel und Saftbehälter.

Die Saftbehälter und was damit im Zusammenhang steht, ist von jeher der am meisten bearbeitete und am meisten verschieden aufgefasste Punkt der Anatomie des Aloëblattes gewesen.

Dies hat theils seinen Grund in der Schwierigkeit der Beschaffung von Material zu einer entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung, theils auch darin, dass immer nur auf dieselben oder auf ähnliche Species Rücksicht genommen wurde. Erst Trécul, der eine grössere Anzahl Arten untersuchte, hat mehr Klarheit in die Sache gebracht.

Nehmen wir *Aloë soccotrina* Fig. 9 als Schema, so finden wir an der Grenze von Rinde *r* und Mark *m* eine Anzahl aus Gefäss- theil und Basttheil bestehende Bündel *g*, *x* = Holztheil, *ph* Siebtheil; nach innen daran halbkreisförmig angeordnet grosse Zellen *v* und diese umgeben von kleineren tangential gestreckten *k*. Inner-

1) Rosanoff, Bot.-Ztg. 1865. No. 44. 1867. No. 6.

Fig. 9.

halb dieses gesammten Zellcomplexes ist der die officinelle Aloë liefernde Saft zu suchen.

Die Gefäße des Bündels werden in ihrem Längsverlaufe von schmalen Zellen umgeben, welche meist mit Querwänden zusammenstossen; hie und da finden sich auch abgeschrägte Trennungswände. Die Gefäße bestehen stets aus enggewundenen Spiralen und die Anzahl derselben im Bündel beträgt etwa 3—8. Seitlich anastomosiren sie und verlaufen an der Grenze von Mark und Rinde, die randständigen Bündel verbindend. Beiläufig sei hier auf die Spiralen von *Aloë attenuata* aufmerksam gemacht, welche einen so hohen Grad von Abrollungsfähigkeit zeigen, wie er bis jetzt nicht oder selten beobachtet ist.

Bricht man nämlich das schmale Blatt derselben durch, so bleiben die Theilstücke durch, über fingerlange zahlreiche Fäden verbunden, welche die Spiralen darstellen. Bei den übrigen Arten fand ich diese Fähigkeit sehr gering. Sie beschränkte sich auf Quer- und Längsschnitten nur auf einige Spiralwindungen.

Wie erwähnt, liegt der Fibrovasalstrang an der Grenze von Mark und Rinde und tritt keilförmig in ersteres hinein, so dass also der innerste, der der Rinde abgewandte Theil, etwas in dasselbe hineinragt (Fig. 9).

Die meisten Autoren sprechen einfach von einer Reihe Gefässbündel an der Grenze von Rinde und Mark. Lüerssen¹ erwähnt besonders, dass sie nur in einer Reihe am Rande der Rinde liegen. Diese Darstellung wird durch vorliegende Untersuchung für die meisten Species allerdings bestätigt, doch machen einige z. B. Aloë albicans hierin eine Ausnahme. Hier liegen die Bündel allerdings wie angegeben, aber einzelne treten plötzlich bedeutend weiter ins Mark als die übrigen. Ja in einem Falle fand sich, das heisst auf der Markseite des Bündels, noch ein zweites noch weiter in Mark hineinragendes vor.

Es erinnert diese Thatsache an die Anordnung der Bündel im Stamm, hier ist sie nur noch nicht allgemein geworden. Aloë vulgaris besitzt sogar einzelne markständige Bündel, die mit dem Rindengewebe nicht in Verbindung, sondern allseitig vom Mark umgeben sind. Hier finden sich auch kleine Bündel im Inneren der Rinde.

Vor Besprechung der die Aloë liefernden Gewebetheile dürfte es passend sein, eine Uebersicht der bisherigen Ansichten voranzuschicken.

Murray und mit ihm Wiggers² geben einfach an, dass der Saft in den Gefässen unter der Epidermis enthalten sei. M. Schulze nimmt ein System netzartiger Kanäle an. Robiquet³ lässt ihn in den Intercellularräumen des Gefässsystems circuliren. Unger⁴ findet den Saft in prismatischen Zellen, welche die Gefässe begleiten. Nach ihm besteht dieser Inhalt aus einer Flüssigkeit mit darin enthaltenen festen Körpern. Ausserdem soll er als dunkelrothe Flüssigkeit in den benachbarten Intercellularräumen enthalten sein.

Schleiden⁵ sieht „die sehr feinen mit einem gelbbraunen Harze erfüllten Gänge“, als den Sitz des Aloësaftes an, also vermuthlich nicht die weiten Zellen v der Fig. 9.

1) Luerssen, Med. Pharm. Bot. II. Bd. p. 435.

2) Wigger's Lehrbuch der Pharmacognosie 1847.

3) Robiquet nach Trécul l. c. p. 80.

4) Unger, Anatomie n. Physiolog. 1855. p. 205.

5) Schleiden, Bot. Pharmacognos. 1857. p. 459.

Gasparini¹ hält die grossen Zellen siehe (Fig. 9 v), welche er als „cylindrische Lücken mit Zellwänden“ bezeichnet, für die Behälter der Aloë, Berg² dagegen die kleinen tangential gestreckten Zellen (Fig. 9 k), welche in einem Halbbogen die grossen weitleumigen und das Gefässbündel von der Rinde trennen. Dieselben sollen in der Folge als Grenzzellen bezeichnet werden. Jene grossen enthalten nach ihm das Chromogen eines rothen Farbstoffes. Nach Hager³ soll das Parenchym unter der Epidermis mit farblos bitterem Saft gefüllt sein.

Wigand⁴ bezeichnet die grossen Zellen innerhalb der Grenzzellen (Fig. 9 v) als den Sitz der Aloë. Der Inhalt derselben ist nach ihm theils homogen, theils in unregelmässigen Körnern und Klumpen, theils in graulichgelben rhombischen Säulen krystallisirt. Die von ihm für Aloë soccotrina gegebene Abbildung entspricht übrigens dieser sehr wenig, denn die Grenzzellen sind gar nicht gezeichnet und auch im Text nicht erwähnt. Im Gegensatz zu Berg findet er die Aloëzellen nicht peripherisch gestreckt und keine Harzkugeln enthaltend.

Untersuchen wir nun an der Hand der zu vorliegender Arbeit benutzten Arten die Richtigkeit der erwähnten Angaben, so ist zunächst die Annahme eines netzartig verzweigten Saftgefässsystems zurückzuweisen, wie auch schon von Trécul und anderen geschehen ist. In allen Fällen finde ich nur mehr oder weniger erweiterte und lange Zellen (Fig. 9 v), welche mit Querwänden aufeinandergesetzt und lückenlos mit meist verbogenen Wänden verbunden sind. Immer liegen sie auf der Aussenseite des Gefässtheiles des Bündels. Ihre typische Form ist die bei Aloë soccotrina (Fig. 9 v) abgebildete.

Die Wände derselben sind, wie zuerst von Zacharias an zwei Species nachgewiesen wurde, verkorkt. Diese Verkorkung muss ich nach meinen Untersuchungen für eine ganz regelmässige Erscheinung aller Arten halten, denn mit wenig Ausnahmen färben sich die Wände mit Chlorzinkjod gelb; oft sofort, oft erst nach längerer Einwirkung, was Zacharias Ansicht, dass die Verkorkung mit dem Alter zunimmt, bestätigt. Mit Recht muss man mit den neueren Anatomen den Sitz des Aloësaftes in diesen Zellen suchen.

1) Gasparini nach Trécul l. c.

2) Berg l. c. p. IV. f.

3) Hager Commentar zur Pharm. Germ. I. 1873. p. 209.

4) Wigand Pharmacognosie 1874. p. 367.

Die Ansicht, dass er im Parenchym der Rinde vorkomme, dürfte durch den beim Schneiden ausgetretenen Saft hervorgerufen sein. Bei Blättern mit sehr viel Saft ist auch ein diosmotisches Uebertreten in das Rindenparenchym denkbar.

Dagegen ist zu erwägen, ob nicht auch die Grenzzellen und die schmalen den Holztheil (aus Gefässen und schmalen langen Zellen mit Querwänden bestehend) umgebenden Zellen Aloësaft enthalten. Beide führen stets mehr oder weniger gewöhnlich je einen glänzenden wie ein Oeltropfen aussehenden runden Körper. In den grossen Zellen (Fig. 9 v), welche ich als Aloëzellen bezeichnen will, fand ich niemals solche Körper, entgegen einigen anderen Angaben; oft hingegen jene unregelmässigen Klumpen eingetrockneten Saftes.

Diese runden Körper sind nicht Oel, denn sie reagiren nicht auf Alkanna und Osmiumsäure. Sie lösen sich in Kalilauge und Ammoniak, sowie in Essigsäure und Alkohol, weshalb ich sie, wie bereits früher a priori von einzelnen angenommen, für Harzkugeln halten muss.

Auch die Betrachtung eines zerbrochenen Körpers bei sehr starker Immersionsvergrösserung spricht für dessen feste Natur. Das oft vacuolige Aussehen dieser Kugeln beruht, wie Trécul richtig meint, auf Erhärtung der äusseren Schichten, welche weniger erhärtete Theile einschliessen.

Sollte in dieser Hinsicht aus dem Ergebniss der vorliegenden sich auf fast 50 Species erstreckenden Untersuchung ein Schluss gezogen werden, so müsste die Gegenwart von Harzkugeln in den Aloëzellen bestritten werden, denn es fanden sich in keinem Falle Harzkugeln vor, was auch von Berg und Wigand und Anderen geschieht. Dagegen liegen gewiss unzweifelhafte Beobachtungen vor z. B. von Trécul, welche die Anwesenheit von Harz in den Saft der Aloëzellen behaupten.

Die hier entstehende Differenz lässt sich durch diejenige des Untersuchungsmaterials erklären, da Trécul, wie er angiebt, lebhaft vegetirende Pflanzen zur Verfügung standen, was man von denjenigen unserer Gewächshäuser nicht behaupten kann. Aus demselben Umstand beruht auch die Angabe von saftführenden Interzellularräumen. Sie entstehen leicht bei lebhafter Vegetation durch Resorption der Wände der Aloëzellen.

Damit erklärt sich ferner die oft, besonders von Berg angezweifelte Thatsache, dass die Aloë des Handels an einzelnen Orten

durch einfaches Ausfliessen an den abgeschnittenen Blattenden erhalten wird, was aus den an und für sich getrennten Aloëzellen unmöglich wäre und von den älteren Autoren durch die Gegenwart eines zusammenhängenden Saftgefässsystemes erklärt wurde. Stimmen wir also der Ansicht Tréculs trotz unserer entgegenstehenden Beobachtungen bei, so muss doch betont werden, dass die Grenzzellen und die den Xylemstrang begleitenden Parenchymzellen als besondere Harzzellen betrachtet werden müssen. Sie enthalten neben jenen Harzkugeln, oft auch braunen oder gelben Inhalt, der auf Aloin nicht reagirt, sich aber sonst wie Harz verhält, es ist also hier Harz allein vorhanden.

Im Anschluss hieran sei noch eine Ansicht von Baillon¹ erwähnt, der bei Aloë vulgaris in den Grenzzellen einen gelben durchsichtigen kernförmigen Körper fand, der wie ein Aleuronkorn konstituiert sein soll. Derselbe soll aus einer voluminösen kugeligen und einer kleineren, der ersteren angefügten und nie überragenden Portion das sogenannte Albin der Aleuronkörner, bestehen. Baillon schliesst mit den Worten: „Die Nachbarschaft dieser Zellen mit denjenigen, in denen man die braune bittere Substanz bemerkt, welche die fest werdende und arzneilich wirkende Aloë liefert, führt uns zu der Ansicht, dass diese Höhlungen mit ihren kernförmigen Körpern eine wesentliche Rolle bei der Bildung des bitteren Stoffes spielen.“ Was Baillon hier gesehen hat, ist mir unerfindlich, ich habe nie etwas bemerkt, was mit der beschriebenen Structur Aehnlichkeit hätte, weshalb ich seine Körper vorläufig für einfache Harzkugeln halte.

Eine auffallende Eigenschaft der Blätter mancher Aloëarten ist die Röthung verwundeter Stellen, sowie die abgeschnittener oder im Wasser oder Alkohol gelegter Theile, besonders bei Aloë soccotrina, purpurascens und anderen.

Nach Berg soll das Chromogen dieses Farbstoffes in den von uns als Aloëzellen bezeichneten Zellen enthalten sein und an der Luft roth werden. Epidermis und Parenchym enthalten das Chromogen nicht. Nach anderen ist es einfach der Aloësaft, der sich an der Luft färbt.

Das Rothwerden des Saftes, auf Querschnitten der Luft ausgesetzt, habe ich nie, selbst bei sehr leicht sich röthenden Arten,

1) Baillon Dict. encyclop. des Sciences medic. T. III. p. 360.

gefunden. Trotzdem ist dieser Vorgang ein Oxydationsprocess des Aloësaftes, und zwar speciell des Aloëns. Dieses hat die Eigenschaft sich mit oxydirenden Substanzen z. B. Salpetersäure zu röthen. Demgemäss gelang es mir durch Zufügung von Salpetersäure auf Querschnitten eine intensiv kirschrothe Färbung hervorzubringen. Was hier der Sauerstoff der Salpetersäure bewirkt, wird in den Blättern, besonders verwundeten durch den Sauerstoff der Luft hervorgebracht. Doch dürfte es dieser allein auch nicht vermögen, denn sonst müssten dünne Querschnitte ebenfalls roth werden.

Es scheint mir vielmehr wahrscheinlicher, dass die verwundeten, und besonders im abgeschnittenen Blatte entstehenden Stoffwechselproducte es vor allem sind, welche oxydirend und röthend auf das Aloë wirken. Eingetrockneten Querschnitten fehlt ausserdem für die Oxydation die nöthige Feuchtigkeit.

Damit steht im Einklang, dass gerade bei der Fäulniss der Blätter die Röthung eintritt. Die Wirkung der Salpetersäure auf den Aloësaft, welche als mikrochemisches Reagens sehr gut anwendbar ist, findet übrigens nicht immer gleich rasch und gleich intensiv statt. Die bis jetzt bekannten Aloëne der verschiedenen Aloëarten des Handels sind chemisch verschiedene Substanzen; ja sogar das aus dem Saft derselben Species gewonnene Aloë kann sich verschieden verhalten. Hieraus erklärt sich nicht nur die verschiedene Nüancirung der durch Salpetersäure erhaltenen rothen Farbe, sondern auch die mehr oder minder starke natürliche Röthung der Blätter.

Es muss hier ferner hervorgehoben werden, dass nach Schroff¹ junge Blätter kein Aloë enthalten. Der Saft ist daher farblos und giebt keine Salpetersäure-Reaction. Die jungen Blätter röthen sich beim Absterben, wie ich an Aloë arborescens beobachtete, nicht. Nach Hanstein² ist jugendlicher Milchsaft farblos. Trécul erwähnt drei Aloëarten, bei denen er farblosen Saft fand, was damit erklärt sein wird. Bei den von mir untersuchten war sogar farbloser Saft in den meisten Fällen vorhanden; wo er gefärbt war, entstammte er älteren Blättern.

Aus allen Diesem folgt, dass ein besonderes Chromogen nicht vorhanden ist, dieses ist eben das Aloë, welches neben Aloëbitter und Harz in den Blättern enthalten ist.

1) Schroff Buchner's Repert. d. Pharmacio. Bd. II. p. 49. 1853.

2) Hanstein die Milchsaftgefässe u. s. w. Berlin 1864.

Eine weitere hier in Betracht kommende, bis jetzt noch nicht erörterte Frage ist folgende: Sind die Harzkörper bei der Röthung theilhaftig, und wie entsteht die partielle Rothfärbung des Gewebes?

Bei einer grossen Anzahl von Arten erstreckt sich die Rothfärbung der abgeschnittenen Blätter auch auf andere Theile als die Aloëzellen und die die Xylemstränge umgebenden. Häufig sind es die äusseren Theile; die Schliesszellen der Spaltöffnungen, die Wände der Epidermiszellen, oft auch äussere Rindenzellen, welche roth werden. Dass es peripherische oberflächliche und meist verwundete Theile sind, erklärt sich durch den leichteren Zutritt des Sauerstoffes. Auffallender ist es, dass die rothe Farbe sich oft auf einzelne Gegenden der erwähnten Theile beschränkt, dort muss also Aloëlösung vorhanden sein. Vielleicht gelangt sie bei beginnender Fäulniss in geringer Menge aus den Aloëzellen in jene Theile, denn dass einzelne Rindenzellen dieselbe enthalten sollten, ist nicht anzunehmen.

Die Röthung des Inhaltes der Schliesszellen beruht auf der Färbung in ihnen enthaltener Harzkügelchen. Die Harzkörper, besonders die kleinen, oft nur von der Grösse der Chlorophyllkörner, welche meistens im ganzen Rindenparenchym vertheilt sind, haben überhaupt die Eigenschaft sich zu röthen. Die grösseren in den Grenzzellen und in den die Xylemstränge begleitenden Zellen habe ich nie roth gefunden, konnte sie auch mit Salpetersäure nicht röthen.

Diese Rothfärbung jener Harzkugeln kann auf zwei Möglichkeiten beruhen:

Erstens könnten dieselben etwas Aloë eingeschlossen enthalten; zweitens aber wäre es eine ihnen allein zukommende Eigenschaft. Farbenveränderungen von Harzen bei Oxydation sind eine häufige Erscheinung und die Harzkörper der Schliesszellen und auch einzelne andere gelang es mir mit Salzsäure blau zu färben, was als Zeichen obiger Fähigkeit betrachtet werden kann. Ein Urtheil in einem oder dem andern Sinne zu fällen ist jedoch noch nicht an der Zeit.

Bei der bisherigen Besprechung ist immer nur von dem typischen Bau der Aloëzellen die Rede gewesen, wie er sich in (Fig. 9) darstellt. Für eine Reihe von Arten ist dieser Bau dagegen nicht zutreffend.

Zunächst ist die Ausbildung der Grenzzellen nicht immer so deutlich wie dort.

Gleichen sie durch die fehlende Verkorkung ihrer Wände schon an und für sich den Zellen der Rinde, so wird dies bei *Aloë vulgaris*, *longearistata*, *longeserrata*, *grandidentata*, *nigricans* und *virens* noch deutlicher, denn hier verlieren sie auch mehr oder weniger ihre tangential Form und gleichen den Zellen des Rindenparenchyms auch in dieser Hinsicht, so dass bei vollkommener Ausbildung dieser Verhältnisse eine eigene Grenzzellenschicht nicht mehr besteht.

Durch Trécul ist ferner nachgewiesen, dass ausser der typischen Form der Gefässbündel mit daranliegenden grossen Aloëzellen es einige Species giebt, bei denen diese fehlen und die Aussenseite des Siebtheiles durch verdickte Bastfasern eingenommen wird. Er zählt folgende auf: *Haworthia*, *Rheinwardthii attenuata*, *fasciata*, *spiralis*, *spirella*, *pentagona*, *foliosa*. Diese Beobachtung kann ich an *H. pentagona*, *foliosa*, *fasciata* und *Apicra* (*Haworthia*) *spirella* bestätigen. Es scheint also fast, als ob nur die Gattung *Haworthia* diese Eigenthümlichkeit zeige. Damit im Einklang habe ich bei diesen auch keine Aloënlösung nachweisen können. Harzkügelchen finden sich hie und da, Bitterer Geschmack fehlt aber ganz. Die Umwandlung dieser Zellen zu sclerenchymatischen Elementen erstreckt sich, was Trécul entgangen zu sein scheint, oft auf das ganze Bündel bis auf einen kleinen Rest mit einem verkümmerten Gefässe (Fig. 10 sc). Es wechseln dann in der Regel weniger veränderte und ganz veränderte, bedeutend kleinere mit einander ab.

Fig. 10.

Die dritte Gruppe besitzt nach Trécul keine eigentlichen Aloëzellen, aber auch keine Sclerenchymzellen. Hier liegen an dem Umfang „sur face“

des kleinen Siebtheils enge Zellen, die etwas breiter als die Zellen dieser Gruppe sind und den Zellen, welche das übrige Bündel umgeben, gleichen. Er zählt folgende hierher gehörige Arten auf: *Haworthia retusa*, *altilinea*, *cymbaefolia*, *reticulata*, *atrovirens*, *arachnoidea*, *laetevirens*, *Aloë ciliaris*. Von diesen Arten stand mir keine zur Verfügung, dagegen habe ich an einer andern Reihe das Fehlen eigentlicher Aloëzellen feststellen können zugleich mit der Abwesenheit von Sclerenchymzellen. Es sind dies *Aloë attenuata*, *Gasteria obliqua*, *fasciata*, *Haworthia pumilis viscosa*, *rugosa* und *rigida*.

Interessant hierbei ist jedoch der Umstand, dass hier innerhalb ein und derselben Species eines theils, wie erwähnt, eigene erweiterte Aloëzellen fehlen, (Fig. 11 A.) andrerseits deutlich ausgebildet sind (Fig. 11 B.). Das Phloëm

Fig. 11 A.

Fig. 11 B.

der Blattbündel besteht aus einer kleinen Siebgruppe ph. und aus diese umgebenden engen axil gestreckten Zellen, die als cambiform bezeichnet werden können. An diese schliessen sich jene weiten Aloëzellen an (Fig. 11 B. v). Vergleicht man den Bau dieser engen und jener weiten Zellen, so ist abgesehen von der Grösse ein Unterschied nicht zu finden.

Bei starker Vergrösserung findet man bei den engen Cambiformzellen, dieselben für die Aloëzellen charakteristische Verbiegung der Wände. Auch die Verkorkung ist bei diesen wie jenen gemeinsam.

Berücksichtigt man ferner, dass, wie erwähnt, innerhalb einer Species, ja eines Blattes Uebergänge von solchen Fibrovasalsträngen mit Aloëzellen und ohne solche sich finden, so ist klar, dass die Aloëzellen nichts weiter sind, als erweiterte Phloënzellen.

Diese bleiben einmal eng, ein anderes Mal werden sie weit vielleicht in Folge starker Saftbildung, und das dritte Mal werden sie sclerenchymatisch theils alle, theils nur eine Schicht, ja es kommen sogar Fälle vor, wo es nur eine oder 2 Zellen sind, welche in Sclerose übergehen. Der Aloësaft hat also seinen Sitz in dem Phloëntheil der Gefässbündel.

III. Die Mittelschicht.

Die chlorophyllfreie, von dem Chlorophyllparenchym und den Gefässbündeln eingeschlossene breite Zellschicht, die Mittelschicht, das Mark älterer Autoren (Fig. 1 m, ebenso in den übrigen Figuren), besteht aus grossen polyëdrischen Zellen, welche von einem klaren Schleim erfüllt sind. Die Wände der Zellen dieses Wassergewebes oder Saftparenchyms sind sehr dünn, die Umrisse der Zellen deshalb oft stark verbogen.

Zacharias beobachtete bei Aloë arborescens und soccotrina eine theilweise Verkorkung dieser Membranen. Nach ihm besitzt das Gewebe ersterer in der Mitte und an den Berührungsstellen der vorspringenden Gefässbündel mit der Mittelschicht verkorkte, in den Buchten zwischen den Bündeln unverkorkte Wände. Bei A. soccotrina ist nur die mittlere Zone verkorkt.

Nach meinen Untersuchungen kann ich das für Aloë arborescens geschilderte Verhältniss nicht bestätigen; auch an anderen Species fanden sich ähnliche Verhältnisse nicht. Wo überhaupt verkorkte Membranen vorhanden waren, lagen sie meistens in der

Mitte. Die Zellen des Markrandes sind zwar auch in einigen Fällen verkorkt, meistens aber nicht. Die Beobachtung Zacharias' soll damit nicht als unrichtig hingestellt werden, sie beweist aber gerade die Regellosigkeit in der Vertheilung von verkorkten und unverkorkten Zellen. Von einer solchen kann nur die Rede insofern sein, als die mittlere Zone in der Regel zuerst verkorkt.

Soweit das zu Gebote stehende Material einen Schluss erlaubt, sind es die älteren Blätter, welche Verkorkungen zeigen. Stets erfolgt diese Verkorkung, wie auch Zacharias angiebt, später als diejenige der Krystallschläuche.

Die Wände dieser Schleimzellen „nicht Schleimschläuche“, wie Zacharias sagt, sind in der Regel getüpfelt, in einigen Fällen konnte eine Tüpfelung nicht nachgewiesen werden, in anderen waren es besonders die randständigen, welche Tüpfelung zeigten. Diese ist im Gegensatz zu den Rindenzellen unregelmässig und undeutlicher.

Der Inhalt dieser Zellen besteht aus einem fadenziehenden, geschmacklosen, nicht bitterlichen „wie Schleiden angiebt“ und sauer reagirenden Schleim, welcher eingetrocknet einzelne Würfel von Chlornatrium liefert. Derselbe besteht nicht aus Eiweiss, wie früher angegeben wurde; denn Eiweiss konnte ich in demselben nicht nachweisen, was mit Flückigers Angaben übereinstimmt.

Seine Eigenschaften sind folgende:

- 1) Er ist löslich in Wasser,
- 2) fällbar aus dieser Lösung mit Alkohol als gallertige Masse;
- 3) Hanstein'sches Anilingemisch färbt ihn rosaroth;
- 4) Chlorzinjod färbt nicht blau, wie Zacharias angiebt, ebenso wenig Jod und Schwefelsäure;
- 5) mit Salpetersäure erwärmt, entsteht Oxalsäure;
- 6) Corallin färbt roth, wird aber durch Alkohol entfärbt.

Nach allen diesen Reactionen kann die fragliche Substanz weder Gummi, noch Amylumschleim, noch Gummischleim sein, sondern ist Celluloseschleim.

Stamm und Wurzel von Aloë arborescens.

Die anatomischen Verhältnisse der Stämme und Wurzeln der Aloëneen sind zwar im Allgemeinen bekannt, bedürfen aber, besonders in Bezug auf die Gefässbündel, noch näherer Untersuchungen.

Fig. 12.

Der Stamm von *A. arborescens* ist wie bekanntlich aller Aloëarten nach dem Typus der baumartigen

Liliaceen gebaut.

(Fig. 12.) Rinde *r* und eine aus etwa 5 Lagen bestehende Korkschicht *p*, ebenso die Zuwachsschicht *z* zeigen keinerlei Besonderheiten. Die innerste Gewebeschicht, in welcher in unregelmässig concentrischen Reihen die Gefässbündel *g* liegen, besteht aus getüpfelten, mit Jod sich bläuenden, rundlichen, oft mehr oder wenig verkorkten Zellen. Die runden Gefässbündel sind im Gegensatz zu den Dracänen, wo sie concentrisch mit centralen Xylem und äusserem Phloëm angegeben werden, collateral gebaut (siehe Fig. 13).

Auf der Aussenseite ist das Bündel zum Theil von stark verdickten prosenchymatischen Sclerenchymfasern (Fig. 13 *sc*) umgeben, an welche aussen eine Schicht getüpfelter grosser verkorkter Parenchymzellen angelegt ist, (Fig. 13 *gtz*) die mehr oder weniger entwickelt in das gewöhnliche Parenchym (Fig. 13 *pr*) übergeht. Das Bündel ist wie erwähnt collateral. Im Inneren liegt das Phloëm (Fig. 13 *ph*), am Rande eine Reihe von Spiralgefässen (Fig. 13 *sp*)

und einige grosse getüpfelte Gefässe gt. Xylem und Phloëm sind unregelmässig angelagert, bald liegt ersteres normal der Achse zugewandt, bald ist es ihm abgewandt. Die Anzahl der Gefässe habe ich bis zu 15 Stück beobachtet.

Das Phloëm besteht aus einer meist centralen Gruppe polygonaler Zellen mit etwas verdickten, mit Jod sich bläuenden

Zellen, welche von weiteren dünnwandigeren gestreckten Parenchymzellen umgeben sind.

Die verdickten inneren Zellen bestehen aus wenigen Siebröhren mit schräg gestellter Siebplatte und abgeschrägten Enden, daneben aus einfachen Zellen in der Form von den äusseren nur durch die geringere Weite abweichend, welche als cambiform von Sachs¹ bezeichnet werden können.

Es entspricht diese Anordnung am meisten den von Sachs für manche Dicotylen, z. B. succulente Euphorbien, aufgestellten Typus.

Neben den oben geschilderten Bündeln bestehen aber noch andere, welche auf den ersten Blick als wesentlich verschieden angesehen werden könnten. Hier wird nämlich das Phloëm ganz von der Prosenchymseide eingeschlossen und Gefässe fehlen scheinbar ganz. Der Unterschied von der vorigen Form ist jedoch nur ein gradueller. Die Sclerenchymseide ist so stark entwickelt und der Gefässtheil so schwach, dass erstere die wenigen Gefässe entweder in sich einschliesst, oder sie ganz nach aussen gedrängt hat, so dass ein von Sclerenchym rings umgebener Basttheil und eine ausserhalb an einer Seite liegende Gefässgruppe vorhanden ist.

Fig. 13.

1) Sachs, Vergleichende Anatomie. p. 337.

Concentrisch ist aber ein solches Bündel nicht, denn die äussere Zellschicht gehört nicht zum Xylemtheil, sondern zum Grundgewebe oder zu einer besonderen Gewebegruppe, die als Scheide die Bündel begleitet. Lässt sich nun auch über die Natur jener Prosenchymzellen streiten, so spricht doch gegen ihre Zugehörigkeit zum Xylem, dass sie sich ursprünglich nur an einem Theilbogen des Bündels finden und die Gefässe an der gegenüberliegenden Stelle. Bildeten jene wirklich mit den Gefässen eine concentrisch angeordnete Xylemschicht, so müssten sie mit diesem abwechselnd um das Phloëm gelagert sein. Daneben finden sich auch Bündel ohne Gefässe aus Phloëm, ringsum von Sclerenchymfasern eingeschlossen.

Die Wurzel von *Aloë arborescens* zeigt den normalen Typus der Wurzeln, axiler Strang und radiale Anordnung von Xylem und Phloëm. Nach Aussen ist sie durch eine drei- bis vierfache Lage von Korkzellen geschützt, deren äusserste in oft papillenartig erhabene zahlreiche, etwa 0,27 mm. lange, einfache, verkorkte Haare ausläuft, welche die Wurzel mit einem dichten weisslichen Filz bekleiden. Die Rinde, aus rundlichen Parenchymzellen gebildet, schliesst, wie in der Regel, mit einer aus tangential gestreckten, schwach verkorkten einzelligen Endodermis (Fig. 14 end) ab. Die Zellen dieser zeigen auf dem Längsschnitt die bei Endodermiszellen häufig vorkommende Membran mit welligen Rändern. Dieser oft undeutlich entwickelte Zellstrang wird nach aussen von grossen, verkorkten, runden, gross getüpfelten Parenchymzellen verstärkt und erst dadurch deutlich hervorgehoben, von denen einzelne sich auch in der übrigen Rinde r (Fig. 14 gtz) vorfinden.

Innerhalb der Endodermis zieht sich die ziemlich breite Pericambiumschicht pc (Fig. 14) hin, gebildet aus mehr oder weniger tangential gestreckten polyëdrischen Zellen. In ihr liegen die Gefässe gf (Fig. 14) und Phloëmbündel ph radial neben einander. Die Entfernung dieser beiden von einander und die Lage der Erstlingsgefässe zur Endodermis entspricht den normalen Verhältnissen.

Charakteristisch ist die sich an die Gefässplatten nach Innen anlehrende mehr oder weniger stark ausgebildete Schicht prosenchymatischer Zellen pr (Fig. 14) mit verholzten, schwach getüpfelten Wänden, welche im parenchymatischen Grundgewebe (Fig. 14 prm) deutlich hervortritt und grosse Lücken l zwischen sich lässt. Bei weiterer Ausbildung der Wurzel treten die Gefässplatten wie in

Fig. 14.

Fig. 14 „an der rechten Seite“, mit jener Schicht durch Vermehrung ihrer grossen Treppengefässe tr (in Fig. 14) in directe Verbindung.

Die Gefässplatte besteht neben den erwähnten grossen meist 1—2 Treppen oder auch Tüpfelgefässen aus etwa 3—4 kleinen und eng gewundenen Spiralgefässen (Fig. 14 sp). Das Phloëm besteht aus polyëdrischen Zellen, die oft um eine etwas grössere centrale angeordnet sind (Fig. 14 ph).

Siebröhren konnte ich darin nicht auffinden. Die Zellen haben die Gestalt des Cambiforms. Stamm und Wurzel enthalten keinen

Aloësaft, dagegen in geringer Menge Harzkügelchen, sowie in der Rinde sehr reichlich Krystallschläuche mit Calciumoxalat.

Wieweit das über Stamm und Wurzel Angeführte auch für andere Arten Geltung hat, konnte wegen Mangels an Material hier nicht festgestellt werden, muss daher weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Zum Schluss seien kurz die gewonnenen wichtigsten Resultate des histologischen Theils der Arbeit zusammengefasst.

1) Die Epidermisbildung der Aloënen ist eine sehr gleichmässige.

2) Die Spaltöffnungen besitzen allgemein eingesenkte Schliesszellen; die theilweise Verstopfung derselben mit Harz ist ebenso wenig wie bei den Coniferen eine Anpassungserscheinung.

3) Die Anzahl der Spaltöffnungen ist sehr gering.

4) Die beiden Blattseiten zeigen keinen wesentlichen Unterschied in der Zellenform; pallisadenartig ausgebildete Schichten sind selten.

5) Korkbildung als Wundkork ist häufig.

6) Oxalsaurer Kalk findet sich regelmässig, oft sehr stark entwickelt und in 8 verschiedenen Krystallformen.

7) Die Wände der Krystallschläuche sind verkorkt. Diese liegen nicht in Interzellularräumen, sondern sind wirkliche Zellen. Einzelne Krystalle finden sich auch in den Interzellularräumen.

8) Ausser den Gefässbündeln mit normaler Lage giebt es auch mark- und rindenständige.

9) Die Aloëzellen sind im Alter stets verkorkt.

10) Die Rothfärbung der Aloëblätter beruht nicht auf der Anwesenheit eines besonderen Chromogens, sondern auf der Oxydation des Aloëins.

11) Die Aloëzellen sind erweiterte Phloënzellen des Gefässbündels.

12) Die Verkorkung der Schleimzellen der Mittelschicht erfolgt erst im Alter und von der Mitte ausgehend.

13) Der Inhalt der Zellen der Mittelschicht ist Celluloseschleim.

14) Die Gefässbündel des Stammes von *Aloë arborescens* sind collateral und unregelmässig angeordnet.