Über die Vorläuferspitzen der Monokotylen.

Von **Georg Gentner.**

Hierzu Tafel IX und 32 Textfiguren.

Bei einer grofsen Anzahl von Monokotylen und Dikotylen ist die in der Entwicklung dem Blatte voraneilende Blattspitze in besonderer Weise ausgebildet und stellt ein eigenes Organ dar, welches zuerst von Crüger[1]) und später von Raciborski[2]) und Goebel[3]) in begrenzterer und präziserer Fassung als „Vorläuferspitze" bezeichnet wurde.

Raciborski versteht unter „Vorläuferspitze" „die charakteristische Spitze des Blattes, die als besonderes Organ frühzeitig ausgebildet wird, deren Funktion in die Zeit des langsamen Blattentfaltens fällt, die nach dem Blattentfalten manchmal verschrumpft und vertrocknet und die eine bei den Lianen ungemein verbreitete morphologische Erscheinung ist." ... „Während die eigentliche Lamina erst viel später in die Breite und Länge wachsen wird, zurzeit aber noch in einem fast meristematischen Stadium verbleibt, ohne Differenzierung in verschiedene Gewebearten, ohne sekundäre und kleinere Nerven, ohne Spaltöffnungen und Intercellularräume, finden wir doch an denselben kleinen und jungen Blättern schon in unmittelbarer Nähe der Vegetationsspitze ganz ausgebildete und funktionierende Blatteile mit vollendeter Gewebedifferenzierung assimilierend, atmend und Sekrete aufsammelnd."

Einen weiteren Beitrag zu dieser Frage lieferte Goebel. Goebel wies in einer Arbeit „Über die Bedeutung der Vorläuferspitze bei einigen Monokotylen"[4]) nach, dafs für Monokotylen, welche nicht klettern und eine oft mächtig entwickelte Vorläuferspitze haben, wie z. B. Doryanthes Palmeri, es sich um Gebilde handelt, welche dem Knospenabschlufs dienen und die man als Abschlufskörper bezeichnen kann. Im allgemeinen sieht er „die Bedeutung der Vorläuferspitze in dem Schutz des Sprofsvegetationspunktes; da, wo die Vorläuferspitzen chlorophyllhaltig sind, können sie auch zunächst die

---

1) Hermann Crüger, „Westindische Fragmente: Die Vorläufer". Botan. Zeitg. XIV.

2) M. Raciborski, Über die Vorläuferspitze. Flora 1900.

3) Goebel, Organographie der Pflanzen pag. 505.

4) Flora 1901.

Vorgänge der Assimilation, ferner Atmung und Transpiration usw. in Bewegung setzen, bis die Blattfläche sie in gesteigertem Mafse übernimmt."

Der Zweck der vorliegenden Arbeit war nun auf Grund anatomischer, entwicklungsgeschichtlicher und physiologischer Untersuchungen die Vorläuferspitzen der Monokotylen und ihre Bedeutung für die Pflanze festzustellen.

Die Arbeit wurde im pflanzenphysiologischen Institut in München auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Professors Dr. Goebel ausgeführt. Ich spreche Herrn Professor Dr. Goebel, meinem hochverehrten Lehrer, für seine mir in liebenswürdigster Weise zuteil gewordene Unterstützung meinen Dank aus.

Bei der Untersuchung der Vorläuferspitzen der Monokotylen zeigte sich ein ziemlich verschiedener Bau, so dafs zur besseren Übersicht eine genaue Einhaltung der systematischen Einteilung bei der Behandlung der Formen nicht tunlich erschien. Wir gehen daher von den als Lianen ausgebildeten Monokotylen aus, im Anschlufs an die Untersuchungen von Raciborski.

Dioscoreen.

Bei allen untersuchten Arten der Gattung Dioscorea habe ich Vorläuferspitzen beobachten können. Im allgemeinen zeigte es sich, dafs diejenigen Arten, welche aus feuchten, tropischen Wäldern stammen und durch rasches Wachstum ausgezeichnet sind, kräftiger ausgebildete Vorläuferspitzen besitzen als die übrigen. Doch fehlen sie selbst bei der xerophytisch lebenden Testudinaria Elephantipes nicht vollständig. — Die entwickelten, ausgewachsenen Vorläuferspitzen stellen bei den meisten Dioscoreen 5mm bis 2 cm lange Organe dar, welche der Lamina aufgesetzt erscheinen. Oft sind sie von dieser nur wenig unterschieden, z. B. bei Dioscorea sinuata, wo sie nur die frühzeitig ausgebildete Blattspitze darstellen. Meist aber sind sie durch ihren geringeren Chlorophyllgehalt, durch ihre die Lamina mehrfach übertreffende Dicke deutlich vom übrigen Blatte abgegrenzt. Am ausgewachsenen Blatte hängen sie häufig ähnlich einer Träufelspitze zu Boden und sind dann entweder flach ausgebreitet, z. B. bei Dioscorea eburnea, oder mehr oder weniger rinnig an den Rändern emporgebogen, z. B. bei Dioscorea alata und Dioscorea trifida.

Über die Entwicklung der Vorläuferspitzen der Dioscoreen hat bereits Raciborski für Dioscorea bulbifera und Helmia triphylla

eingehende Messungen und Wägungen gemacht. Die Vorläuferspitzen gliedern sich schon bei den kleinsten den Vegetationspunkt umhüllenden Blattanlagen deutlich ab und eilen dem jungen Blatt in der Entwicklung voraus. Verfolgt man die einzelnen Stadien der Entwicklung, so zeigt sich z. B. bei Dioscorea alata, dafs die Vorläuferspitze bereits bei einer Länge von 1 mm 12—15 fertig entwickelte funktionsfähige Spaltöffnungen besitzt. Mit dem Auftreten der Spaltöffnungen werden auch Raphidenbündel von Calciumoxalat und zwar gewöhnlich in ihrer Nachbarschaft abgelagert. Schon auf der Innenseite der ersten Blattanlagen treten einzelne jener für die Dioscoreen charakteristischen und von Uline[1]) u. a. beschriebenen Drüsenhaare auf, welche dort oft bedeutend gröfser sind als das ganze zu ihnen gehörige Blatt. Sie bedecken später die ganze Vorläuferspitze, namentlich die Oberseite, sowie die noch in Teilung begriffenen Gewebe des jungen Blattes. Gewöhnlich sind sie mehrreihig einer Stielzelle aufsitzend und zeigen sehr viel Plasmainhalt. Doch kann man alle Übergänge von diesen vielreihigen Drüsenhaaren zu einreihigen finden.

Sie stellen ähnlich den von Hanstein beschriebenen Colleteren schleimabsondernde Organe dar. Der Schleim tritt durch Platzen der Cuticula ins Freie und hüllt die ganze Knospe vollständig ein.

Der anatomische Bau der Vorläuferspitzen ist bei der Mehrzahl der Dioscoreen der gleiche. Auf die wenig verdickten Epidermiszellen folgt ein gleichmäfsiges Gewebe von isodiametrischen Zellen, die ohne grofse Intercellulargänge aneinander schliefsen. In diesem Gewebe allseitig eingebettet, verlaufen die Gefäfsbündelstränge. Der Siebteil ist nur wenig entwickelt. Die Endigungen der Gefäfse sind vielfach dadurch ausgezeichnet, dafs sie Tracheiden ansetzen von ähnlicher Form, wie sie von Heinricher und Haberlandt als Speichertracheiden bezeichnet wurden. Sie sind vor allem bei Dioscorea japonica, D. sinensis, D. sinuata, D. brasiliensis, D. metallica ausgebildet, während sie bei D. alata, D. bicolor, D. sativa, D. oppositifolia, D. eburnea, D. macroura, D. Batatas, Tamus communis sehr zurücktreten oder ganz fehlen. Vergleicht man die Vorläuferspitzen dieser beiden Gruppen, so zeigt sich, dafs bei den mit kräftig ausgebildeten Speichertracheiden ausgestatteten Vorläuferspitzen die Ausbildung und Gröfse der Vorläuferspitze geringer ist als bei den anderen, so dafs Beziehungen zwischen Gröfse und Entwicklung der Vorläuferspitzen einerseits und Ausbildung der Speichertracheiden an-

---

1) Uline, Englers Jahrb. Bd. XXV.

dererseits zu bestehen scheinen. Die Endigungen der Gefäfse oder Speichertracheiden stehen mit den Spaltöffnungen durch Intercellularen deutlich in Verbindung. Die Spaltöffnungen sind schon in sehr frühem Zustande des Blattes deutlich entwickelt und sitzen an der Unterseite der Vorläuferspitze namentlich gegen die Spitze zu. Sie sind gewöhnlich etwas über die Epidermis emporgewölbt und besitzen gut funktionierende Schliefszellen. Wasserspalten konnte ich nirgends beobachten. Eine Differenzierung in Pallisaden- und Schwammparenchym, wie sie im Blatt vorhanden ist, fehlt der Vorläuferspitze. Chlorophyll und Stärke ist zwar in den Vorläuferspitzen vorhanden, doch gewöhnlich nur in geringerem Mafse. Bei Dioscorea eburnea ist der Chlorophyllgehalt so gering, dafs die Vorläuferspitzen bleichgelb erscheinen. Schleim und Raphiden von Calciumoxalat besitzen zwar die Zellen des ganzen Blattes, doch in ganz besonderem Mafse die Vorläuferspitze. Ebenso findet man in den Vorläuferspitzen verschiedener Dioscoreen schon in sehr jungen Stadien Gerbstoff abgelagert. Legt man z. B. Querschnitte von Dioscorea alata in Eisenchloridlösung, so färbt sich der Inhalt der Epidermis und der darunter liegenden, nächsten Zellreihen schwarz, während die darauffolgenden, je weiter sie nach innen liegen, eine immer schwächer werdende Reaktion zeigen. Namentlich sind auch die Zellen, welche die Atemhöhle der Spaltöffnungen umgeben, gerbstoffreich. Schliefslich wären noch die für die Dioscoreen charakterislischen „extranuptialen Nektarien“ zu erwähnen, welche von Delpino[1]) zuerst beobachtet und von Correns[2]) entwicklungsgeschichtlich studiert wurden. Sie treten am ganzen Blatt, hauptsächlich aber an der Vorläuferspitze auf. Eine sichere Deutung über ihre Bedeutung ist noch nicht gegeben. Delpino hält diese Nektarien für Anlockungsmittel für Ameisen, doch konnte weder von Correns noch von mir an ihnen eine Zuckerausscheidung beobachtet werden.

Hat das Blatt eine gewisse Gröfse erreicht, so hört die Weiterentwicklung und das Wachstum der Vorläuferspitzen gewöhnlich auf. Am ausgewachsenen Blatte sind sie mit Sekreten erfüllt, bei manchen Arten vertrocknet und teilweise abgefallen. Ihre Funktion hat aufgehört, sobald die Lamina des Blattes selbst in volle Tätigkeit ge-

---

1) Piante myrmecofile Estratto della Serie IV, Tom. VIII della Mem. d. Reale Academia delle Scienze dell'instituto di Bologna 1888.

2) Zur Anatomie u. Entwicklungsg. der extranuptial. Nektarien von Dioscorea. Sitzungsberichte der kais. Akad d. Wissensch. Wien. Mathem.-naturw. Klasse Bd. XCVII, Abt. I, 1888.

treten ist. Bei einigen Arten aber bleibt die Vorläuferspitze bis zum Absterben des ganzen Blattes erhalten. Es treten dabei noch spätere Wachstumsvorgänge ein, so bei der Vorläuferspitze von Dioscorea macroura und Dioscorea eburnea. Bei Dioscorea eburnea, wo die Vorläuferspitze beträchtlich dicker als das Blatt ist, treten später in den Zellen unterhalb der Epidermis auf der Oberseite des Blattes Teilungswände parallel zur Oberfläche auf, so dafs durch Streckung der neugebildeten Zellen ein Dickenwachstum stattfindet. (S. Taf. IX.)

Am weitesten ist die Weiterentwicklung der Vorläuferspitze bei Dioscorea macroura gediehen, über deren Bau und Funktion ich bereits früher eine vorläufige Mitteilung gemacht habe.[1]) In den ersten

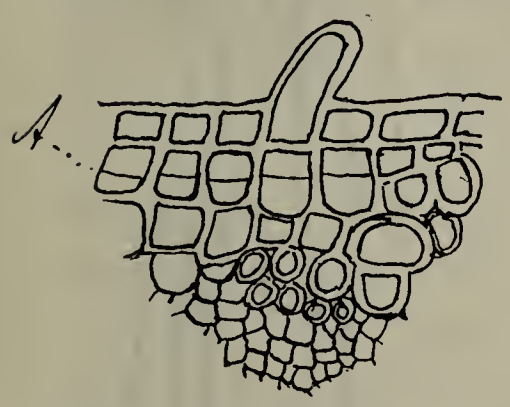


Fig. 1. Dioscorea eburnea. Querschnitt durch den oberen Teil der Vorläuferspitze. *A* später auftretende Teilungswände. Die dadurch entstandenen neuen Zellen ermöglichen ein Dickenwachstum der Vorläuferspitze. 260fach vergr.

Fig. 2. Dioscorea macroura. Querschnitt durch die Vorläuferspitze. 47fach vergr. Der schraffierte Teil stellt die durch die Einrollung der Ränder entstandenen mit schleimausscheidenden Haaren erfüllten Binnenräume dar.

Stadien ihrer Entwicklung schliefst sie sich eng an die Vorläuferspitzen der übrigen Dioscoreen an. Sie bildet sich schon in den ersten Entwicklungsstadien des Blattes am Vegetationspunkte aus und stellt ähnlich, wie wir es bei Dioscorea alata und D. trifida gesehen haben, durch Emporbiegen ihrer Ränder eine Art Rinne dar, welche mit Schleimhaaren erfüllt ist und den Vegetationspunkt umhüllt. Zugleich treten bereits bei einer Länge von ungefähr 1 mm eine Anzahl vollständig entwickelter, etwas über die Epidermis emporragender Spaltöffnungen mit geöffneter Spalte auf. Bei der Ausbildung der

1) G. Gentner, Über den Bau und die Funktionen der Vorläuferspitze von Dioscorea macroura. Berichte der Deutsch. botanischen Gesellschaft 1904, Bd. XXII, Heft 2.

Lamina wächst sie jedoch weiter und vermag an grofsen Blättern schliefslich eine Länge von 7 cm zu erreichen. Durch starkes Flächenwachstum auf der Unterseite rollen sich zugleich die beiden heraufgebogenen Ränder noch mehr nach innen. Die drei Hauptnerven des Blattes, welche in die Vorläuferspitze verlaufen, bilden zugleich auf ihrer Oberseite ein ziemlich lockeres Gewebe aus, an das sich die Ränder der Vorläuferspitze anlegen. Je nachdem sich nur der Hauptnerv oder auch die beiden Seitennerven beteiligen, entstehen so zwei oder vier Binnenräume, die nach aufsen hin ab-

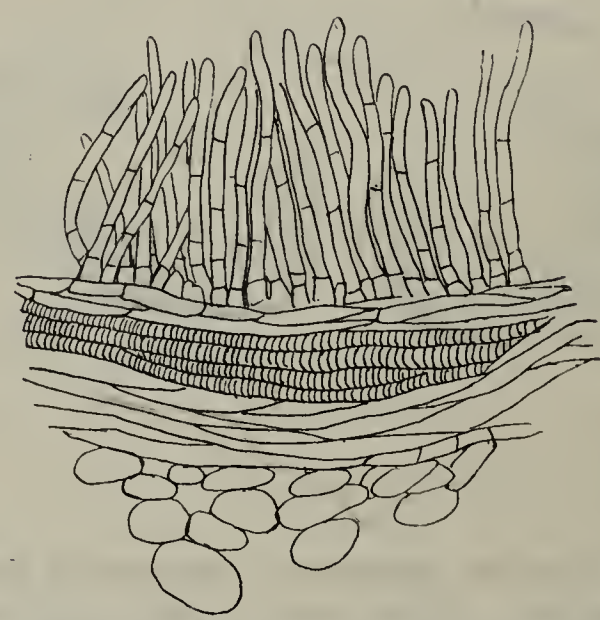


Fig. 3. Dioscorea macroura. Querschnitt durch die Vorläuferspitze. Partie der die Binnenräume der Vorläuferspitze erfüllenden Haare mit daranstofsendem Gewebe. 130fach vergr.

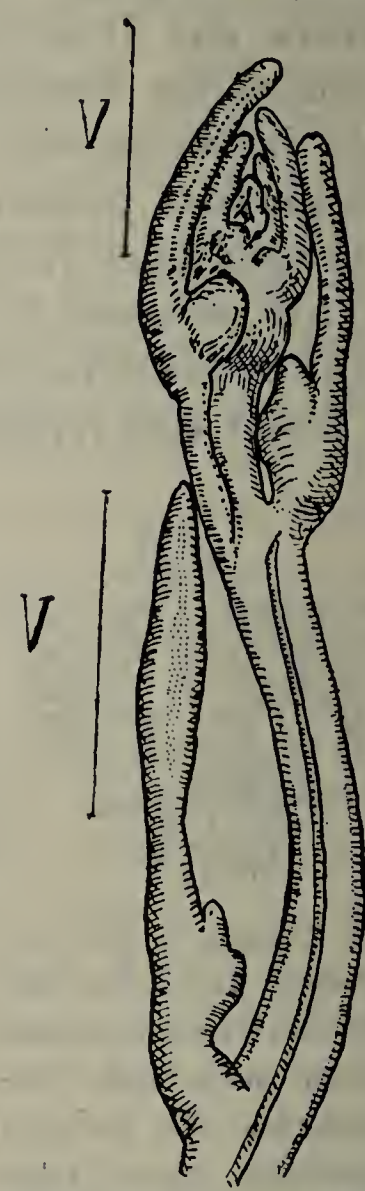


Fig. 4. Dioscorea trifida. Die Vorläuferspitzen legen sich schützend um die junge Knospe. 4fach vergr.

geschlossen sind. Zugleich tritt eine Gewebewucherung an den die Höhlen nach oben abschliefsenden Teilen ein. Dadurch erscheinen sie tief ins Innere der Vorläuferspitze eingesenkt. Nur sehr schmale, mit Schleim erfüllte Rinnen trennen die aneinander gelagerten Gewebe und führen in vielen Windungen ins Innere. Die Binnenräume sind dicht mit langen, oft ineinander geschlungenen Haaren erfüllt. Sie sind einreihig und ihre Zellen langgestreckt. Ihre Basalzelle ist stark kutinisiert. Diese Haare liegen in einer ausgeschiedenen körnigen Schleimmasse eingebettet.

Den Dioscoreen fehlen für die junge Knospe und den Vegetationspunkt eigene Schutzorgane, wie Niederblätter, Nebenblätter, Blattscheiden. Die jungen Triebe der Dioscoreen treten, wie Raci-

borski es für diese und andere Lianen schildert, als lange Schöfslinge über die besonnte Oberfläche des Blätterdaches des tropischen Urwaldes und suchen unter fortwährenden Nutationen nach einer Stütze, an welcher sie sich weiter emporwinden können. Dabei ist die Spitze des Sprosses in erster Linie der starken Besonnung und damit der Gefahr der Vertrocknung ausgesetzt. Dies zu verhüten, übernimmt die Vorläuferspitze die Funktion des Knospenschutzes. Wie aus der Abbildung (Fig. 4) zu ersehen ist, legen sich die schon fertig entwickelten Vorläuferspitzen von allen Seiten dicht um die junge Knospe. Zugleich treten an ihnen auf der gegen die Knospe gerichteten Oberseite die erwähnten Schleimdrüsen auf, welche die junge Knospe in eine Schleimhülle einbetten. Der Schleim dient als die Transpiration regulierende Substanz, indem er in der trockenen Luft mit der Zunahme der Concentration die Abgabe des Wassers verlangsamt. Schliefslich bedeckt er die junge Knospe mit einer dünnen festen Kruste, welche sowohl die stomatäre wie die cuticulare Transpiration in nicht geringem Mafse zu verzögern vermag.

Das Vorkommen von Calciumoxalat in Form von Raphiden kann mit Stahl und Uline wohl als Schutzmittel gegen Schneckenfrafs angesehen werden. Der Hauptgrund wird aber doch wohl in der Ausscheidung der für die Pflanze unbrauchbaren Oxalsäure aus dem Stoffwechsel liegen, wozu sich die früh absterbenden oder funktionslos werdenden Vorläuferspitzen am besten eignen. Darauf deutet schon hin, dafs sie erst auftreten, wenn die ersten Spaltöffnungen in Tätigkeit getreten sind, also eine lebhaftere Stoffwanderung stattgefunden hat.

Raciborski hat die Bedeutung der Vorläuferspitze der nutierenden Schöfslinge der Lianen vor allem darin gesehen, dafs die Vorläuferspitzen durch ihre Kleinheit das Gewicht beim Aufsuchen einer Stütze nur in sehr geringem Mafse erhöhen. Durch vollkommene Ausbildung der Vorläuferspitzen zur Atmung, Transpiration, Assimilation und Sekretspeicherung in einem Stadium, in welchem das übrige Blatt noch unentwickelt ist, setzen sie diese Schöfslinge instand, die ihnen für ihr rasches Wachstum so notwendigen Lebensfunktionen in vollkommen hinreichendem Mafse zu verrichten.

Während die Bedeutung der Assimilation bei dem geringen Chlorophyllgehalt der Vorläuferspitzen der Mehrzahl der Dioscoreen in den Hintergrund tritt, ist für Einleitung der Transpiration und Atmung in hinreichendem Mafse gesorgt, namentlich durch die Lage der Spaltöffnungen am oberen Ende der Vorläuferspitze, ihre Empor-

wölbung und ihre grofse Zahl. Trotzdem konnte ich an den Vorläuferspitzen Wasserausscheidung in Tropfenform im dampfgesättigten Raum niemals beobachten. Verschiedene Versuche zu verschiedenen Jahreszeiten mit Dioscorea macroura, D. eburnea, D. trifida, D. japonica, D. sativa ausgeführt, ergaben stets negatives Resultat. Andererseits gibt Uline an, dafs Volkens auf seinen afrikanischen Reisen eine Dioscorea-Art beobachtet habe „mit aufgesetzter langen Blattspitze" von deren Enden morgens Wassertropfen herabfielen. Wohl hauptsächlich auf diese Beobachtung hin hat Uline die Vorläuferspitze von Dioscorea macroura als Wasserausscheidungsapparat angesehen, indem er schreibt: „Besondere Apparate zur Wasserausscheidung sind (bei den Dioscoreen) sehr selten. Ich habe solche nur an einer afrikanischen Art Dioscorea macroura Harms mit voller Gewifsheit feststellen können." Die Angabe Volkens' beweist aber durchaus nicht, dafs tatsächlich diese herabfallenden Wassertropfen von der Vorläuferspitze ausgeschieden wurden. Wie bereits erwähnt, sind viele Vorläuferspitzen der Dioscoreen, namentlich die von Dioscorea macroura, als Träufelspitze ausgebildet, über welche etwa während der Nacht durch Tau oder Regen auf das Blatt gelangtes Regenwasser abfliefsen mufs. Schon der einfache Versuch der Bespritzung eines solchen Blattes mit Wasser zeigt dieses langsame Herabtropfen von dem unteren Ende der Vorläuferspitze ganz deutlich. Durch die Rinnenbildung auf der Oberseite bleiben die letzten Wassertropfen noch lange Zeit nach der Benetzung hängen und vermögen so den Anschein von Guttation zu erwecken.

Gewöhnlich tritt bei ausgewachsenen Blättern die Transpiration der Vorläuferspitzen sehr zurück, und bei Dioscorea eburnea fand ich, dafs die Spaltöffnungen später mit einer gerbstoffhaltigen Masse verstopft werden.

Über die Gröfse der Transpiration der Vorläuferspitzen stellte ich in der Weise Versuche an, dafs ich Blätter von Dioscoreen teils mit intakten Vorläuferspitzen, teils mit solchen, an welchen ich die Vorläuferspitzen abgeschnitten hatte, der Austrocknung überliefs und von Zeit zu Zeit den eingetretenen Gewichtsverlust bestimmte. Die Schnittflächen wurden mit Paraffin sorgfältig verschlossen und zugleich dafür gesorgt, dafs für alle Blätter möglichst gleiche Bedingungen, wie gleiche Blattgröfse, gleichmäfsig geschützter Raum gegen Wärmeschwankungen und Bestrahlung durch die Sonne geschaffen wurden. Aus einer Anzahl von Wägungen, die zwar nicht in allen Fällen mit ihren Resultaten sich deckten, möchte ich folgende anführen:

Gewicht eines Blattes mit Vorläuferspitze	Gewichtsverlust durch Transpiration in Prozenten	Gewicht eines Blattes ohne Vorläuferspitze	Gewichtsverlust durch Transpiration in Prozenten
Dioscorea eburnea, jüngere Blätter.			
17. Aug. 10 Uhr 35 Min. 1,250 g		17. Aug. 10 Uhr 45 Min. 1,077 g	
18. „ 11 „ 20 „ 0,832 „	33,4 %	18. „ 10 „ 20 „ 0,679 „	46,2 %
19. „ 11 „ 30 „ 0,770 „	38,4 %	19. „ 11 „ 30 „ 0,485 „	54,9 %
20. „ 11 „ 20 „ 0,582 „	53,4 %	20. „ 11 „ 15 „ 0,395 „	63,3 %
Dioscorea eburnea, ältere Blätter.			
17. Aug. 10 Uhr 20 Min. 1,002 g		17. Aug. 10 Uhr 25 Min. 0,802 g	
18. „ 9 „ 50 „ 0,840 „	16,1 %	18. „ 9 „ 35 „ 0,642 „	19,9 %
19. „ 11 „ 8 „ 0,759 „	24,2 %	19. „ 11 „ — „ 0,512 „	36,1 %
20. „ 11 „ 5 „ 0,702 „	29,9 %	20. „ 11 „ 10 „ 0,455 „	43,2 %
Dioscorea Batatas, jüngere Blätter.			
17. Aug. 11 Uhr 35 Min. 0,334 g		17. Aug. 11 Uhr 45 Min. 0,322 g	
18. „ 10 „ 55 „ 0,301 „	9,8 %	18. „ 10 „ — „ 0,285 „	11,4 %
19. „ 11 „ 18 „ 0,275 „	17,6 %	19. „ 11 „ 20 „ 0,255 „	20,8 %
20. „ 11 „ — „ 0,255 „	23,6 %	20. „ 11 „ 3 „ 0,241 „	25,1 %
Dioscorea Batatas, ältere Blätter.			
17. Aug. 11 Uhr 20 Min. 0,925 g		17. Aug. 11 Uhr 25 Min. 0,931 g	
18. „ 10 „ 50 „ 0,841 „	9,08 %	18. „ 9 „ 50 „ 0,848 „	8,9 %
19. „ 11 „ 10 „ 0,779 „	15,7 %	19. „ 11 „ 15 „ 0,781 „	16,1 %
20. „ 10 „ 50 „ 0,731 „	20,9 %	20. „ 10 „ 55 „ 0,727 „	21,9 %
Dioscorea macroura, jüngere Blätter.			
24. Aug. 10 Uhr 50 Min. 0,598 g		24. Aug. 10 Uhr 55 Min. 0,402 g	
25. „ 11 „ 30 „ 0,440 „	26,42 %	25. „ 11 „ 35 „ 0,315 „	21,64 %
27. „ 11 „ 55 „ 0,285 „	52,34 %	27. „ 11 „ 50 „ 0,123 „	69,40 %
29. „ 11 „ 45 „ 0,145 „	75,75 %	29. „ 11 „ 50 „ 0,058 „	85,49 %
Dioscorea macroura, ältere Blätter.			
17. Aug. 11 Uhr 50 Min. 3,625 g		17. Aug. 10 Uhr 50 Min. 2,962 g	
18. „ 10 „ 15 „ 2,715 „	25,13 %	18. „ 10 „ 5 „ 2,110 „	28,76 %
19. „ 11 „ 37 „ 2,247 „	38,01 %	19. „ 11 „ 35 „ 1,775 „	31,00 %
20. „ 11 „ 20 „ 1,893 „	47,77 %	20. „ 11 „ 25 „ 1,507 „	49,12 %

Aus diesen Wägungen geht hervor, dafs die Blätter, an welchen die Vorläuferspitze intakt gelassen wurde, prozentisch keinen gröfseren Wasserverlust durch Transpiration aufzuweisen hatten, als solche, an welchen dieselbe fehlte. Vielmehr bestätigen sie meine schon früher für Dioscorea macroura ausgesprochene Ansicht, dafs die mit kräftigeren fleischigen Vorläuferspitzen ausgestatteten Dioscoreen an ihnen Wasserspeicherungsorgane besitzen. Infolge des hohen Schleimgehaltes in ihren Zellen halten sie, ähnlich wie es Goebel bei Leber-

moosen beschreibt, Wasser energisch zurück, schützen sich gegen Vertrocknung und regulieren die Wasserabgabe der in ihnen endigenden Gefäfse. Vielleicht hängt auch das Auftreten von Speichertracheiden bei den weniger entwickelten und verdickten Vorläuferspitzen mit der Funktion der Vorläuferspitzen als Wasserspeicherungsorgane zusammen. Der von Uline ausgesprochenen Ansicht, dafs die Vorläuferspitze von Dioscorea macroura, welche dem ausgewachsenen Blatte als „Träufelspitze“ dient, auch herabrinnendes Wasser aufzunehmen vermag, schlofs auch ich mich an. Weitere Versuche bestätigen diese Annahme. Ich liefs zu diesem Zwecke die Vorläuferspitzen von Dioscorea macroura, D. eburnea, D. alata in eine Eosinlösung, sowie andere in eine Methylenblau- und Ferrocyankaliumlösung eintauchen. Schon nach kurzer Zeit konnte ich die beiden Farbstoffe, letzteren als Berlinerblau in den Gefäfsen nachweisen. Den Weg der eingetretenen Flüssigkeiten in das Innere nahm ich nicht mit voller Sicherheit wahr. Zwar färbt sich der Inhalt der keulenförmigen Schleimhaare, welche Uline als Hydathodentrichome betrachtet, deutlich, doch konnte ich ein Weiterwandern der Farbstoffe ins Innere nicht beobachten. Wahrscheinlich geschieht die Wasseraufnahme durch die Spaltöffnungen auf der Unterseite der Vorläuferspitze, da die in sie mündenden Gefäfsendigungen deutlich gefärbt erscheinen. Ob diese Wasseraufnahme von besonderer biologischer Bedeutung ist, möchte ich bei der doch immerhin geringen Wassermenge, welche hiebei in Betracht kommt, dahingestellt sein lassen.

Bei Beaumontia grandiflora schnitt Raciborski an vielen Wirteln eine Vorläuferspitze ab, während die gegenüberstehende freigelassen wurde. An den meisten, jedoch nicht an allen Exemplaren war eine Retardierung des Wachstums des Blattes mit beraubter Spitze zu bemerken. Bei Dioscorea macroura machte ich ähnliche Versuche. Ich entfernte an einem Sprofs die Vorläuferspitzen, während ein anderer gleichkräftig entwickelter unverletzt gelassen wurde. Nach einigen Wochen zeigte sich, dafs der Sprofs ohne Vorläuferspitzen bedeutend gegenüber dem andern zurückgeblieben war. Doch sind solche Versuche, wie auch Raciborski bemerkt, wegen des schädlichen Einflusses durch die Verwundung nicht einwandfrei.

Smilacoideen.

Die Vorläuferspitzen der Blätter von Smilax bona nox sind bedeutend kleiner als die der Dioscoreen, erreichen gewöhnlich eine Länge von 1—2 mm und sind besonders kräftig an den rasch in die Höhe

schiefsenden Trieben ausgebildet. Am ausgewachsenen Blatt erscheinen sie als kleine vom übrigen Blatt wenig differenzierte, oft abgestorbene Spitzchen, an jungen Blättern sind sie jedoch durch ihre lebhaft grüne Färbung deutlich zu erkennen. Die Entwicklung des Blattes geschieht in folgender Weise: An der ersten deutlich entwickelten Blattanlage läfst sich der später zur Scheide heranwachsende Blattgrund und das Oberblatt erkennen. Hierauf gliedern sich die Ranken seitlich aus dem später zur Blattscheide werdenden Teile als Höcker ab. Der obere Teil des Oberblattes wächst nun durch intercalares Wachstum als cylindrisches Organ zur Vorläuferspitze rasch heran, während an der Basis die eigentliche spätere

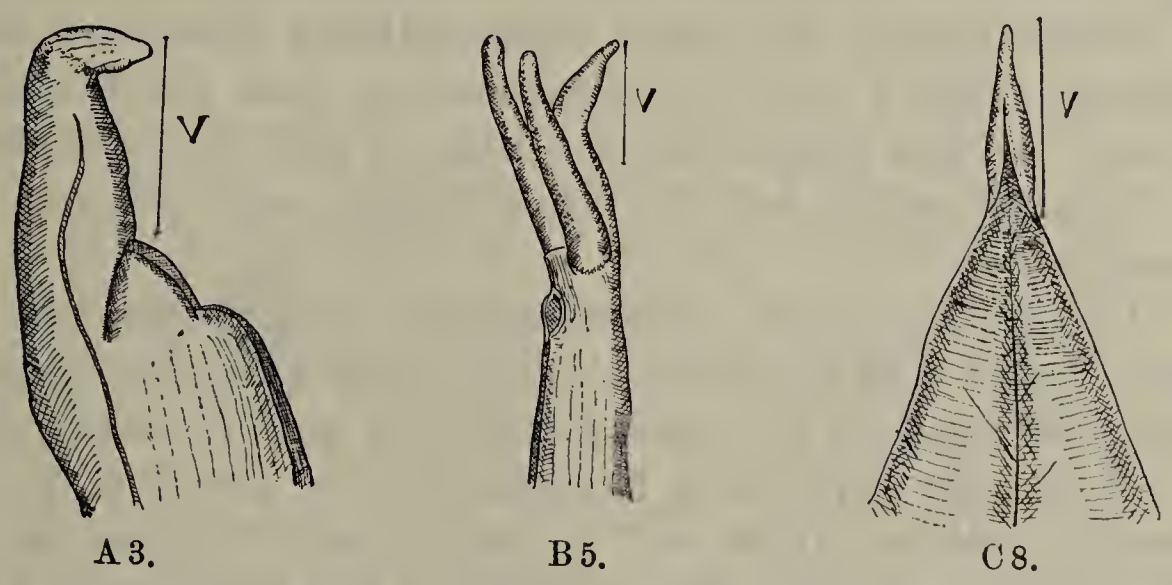


Fig. 5. Entwicklung der Vorläuferspitze von Smilax bona nox. *V* Vorläuferspitze.
A 3. Auf den Vegetationspunkt folgendes Blatt; das Ende der Vorläuferspitze ist etwas nach vorwärts gebogen. 47fach vergröfsert.
B 5. Auf den Vegetationspunkt folgendes Blatt; die Ranken beginnen heranzuwachsen. 14fach vergröfsert.
C 8. Auf den Vegetationspunkt folgendes Blatt. 5fach vergröfsert.

Lamina als flache Rinne angelegt wird. In diesem Stadium der Blattentwicklung treten bereits die ersten Spaltöffnungen an der Vorläuferspitze hervor, Calciumoxalat in Form von Raphiden tritt auf und die Gefäfsbündel werden ausgebildet. Nachdem die Vorläuferspitzen ihre volle Gröfse erreicht haben und ihr Gewebe mehr oder weniger in Dauerzustand übergegangen sind, beginnen die Ranken, die bis dahin als unentwickelte Höcker verblieben waren, heranzuwachsen, überholen sie bald und besitzen in dem Stadium, in welchem die Lamina kaum 1 mm lang ist, bereits eine Gröfse von 5—8 cm. Nun bildet sich langsam die Lamina und der Blattstiel durch intercalares Wachstum aus und übernimmt die Funktionen der Vorläuferspitze.

Das Gewebe der in Funktion getretenen Vorläuferspitze besteht in den äufseren Partien aus mehr isodiametralen Zellen mit ziemlich viel Chlorophyllgehalt. Die mehr gegen die Mitte zu um die Gefäfsbündel gelagerten sind langgestreckt und gröfser. Sklerenchymatische Elemente fehlen, der Siebteil ist gegenüber den Gefäfsen wenig entwickelt. An die Gefäfsendigungen setzen sich langgestreckte Tracheiden in grofser Anzahl, so dafs die Vorläuferspitze nach allen Seiten von ihnen durchzogen wird. Aufserdem sind nach aufsen hin eine Anzahl mit rotem Inhalt versehener Zellen vorhanden, welche später Gerbstoffschläuche darstellen, sowie Zellen mit Calciumoxalat in Raphidenform. Von den Tracheiden führen deutliche Intercellulargänge zu den in reichlicher Zahl vorhandenen Spaltöffnungen. Diese sind normal gebaut und durch unregelmäfsiges Wachstum der Vorläuferspitze ebenso wie die Epidermiszellen ohne gleichmäfsige Anordnung. An den ausgewachsenen Blättern sind die Vorläuferspitzen mit Gerbstoff erfüllt und die Spaltöffnungen mit braunen Massen verstopft.

Die Bedeutung der Vorläuferspitzen als Knospenschutz ist bei Smilax gering. Zwar wölben sie sich rings über den Vegetationspunkt, doch scheiden sie weder Schleim ab, noch vermögen sie durch ihre cylindrische Form einen besonders dichten Abschlufs der jungen Knospe zu erzielen. Dies wird jedoch von den Scheiden der älteren Blätter in hinreichendem Mafse erreicht. Die Hauptfunktion besteht hier in der Einleitung der Atmung und vor allem der Transpiration und der Ablagerung von Exkretstoffen. Doch steigert sich die Transpirationsgröfse der Vorläuferspitzen auch in wasserdampfreicher Atmosphäre nicht bis zur Guttation, was schon von vorneherein bei diesen xerophytischen Arten zu erwarten war. Die Aufgabe der Assimilation ist schon wegen der Kleinheit der assimilierenden Fläche im Vergleich zu der der chlorophyllreichen Sprofsachse und der Ranken nur von geringer Bedeutung.

Ähnlich gebaute Vorläuferspitzen wie bei Smilax bona nox fand ich bei S. hastata und S. excelsior. Einen von den meisten anderen Monokotylen abweichenden Bau besitzen die Vorläuferspitzen von Gloriosa superba. Goebel hat in der Organographie der Pflanzen (pag. 614) zuerst auf das Vorkommen von Vorläuferspitzen bei Gloriosa hingewiesen, indem er schreibt: „Bei Gloriosa und Littonia dient die verschmälerte Blattspitze der einfachen Blätter als Ranke. Sie wird schon früh angelegt, man könnte sie als eine umgebildete ‚Vorläuferspitze‘ bezeichnen, denn für die Vermutung, an die man denken

könnte, dafs die Blattspreite hier eigentlich zur Ranke umgebildet, der Blattgrund (der aber ganz allmählich in jene übergehen würde) ähnlich wie etwa bei Nepenthes spreitenartig ausgewachsen sei, lassen sich weder aus der Keimungsgeschichte noch sonst, soweit ich sehen kann, irgend triftige Gründe anführen."

Die junge Knospe von Gloriosa superba wird von der Lamina der älteren Blätter scheidenartig umhüllt. Die Blattspitze — die Vorläuferspitze — ist in jungen Knospenstadien lang, schmal, etwas in der Mitte verdickt und ragt durch die von den älteren umhüllenden Blättern gebildete Röhre nach aufsen. Dadurch steht sie bereits mit der Atmosphäre in Berührung, während die unteren Teile des Blattes noch für längere Zeit den Schutz der umhüllenden Blätter

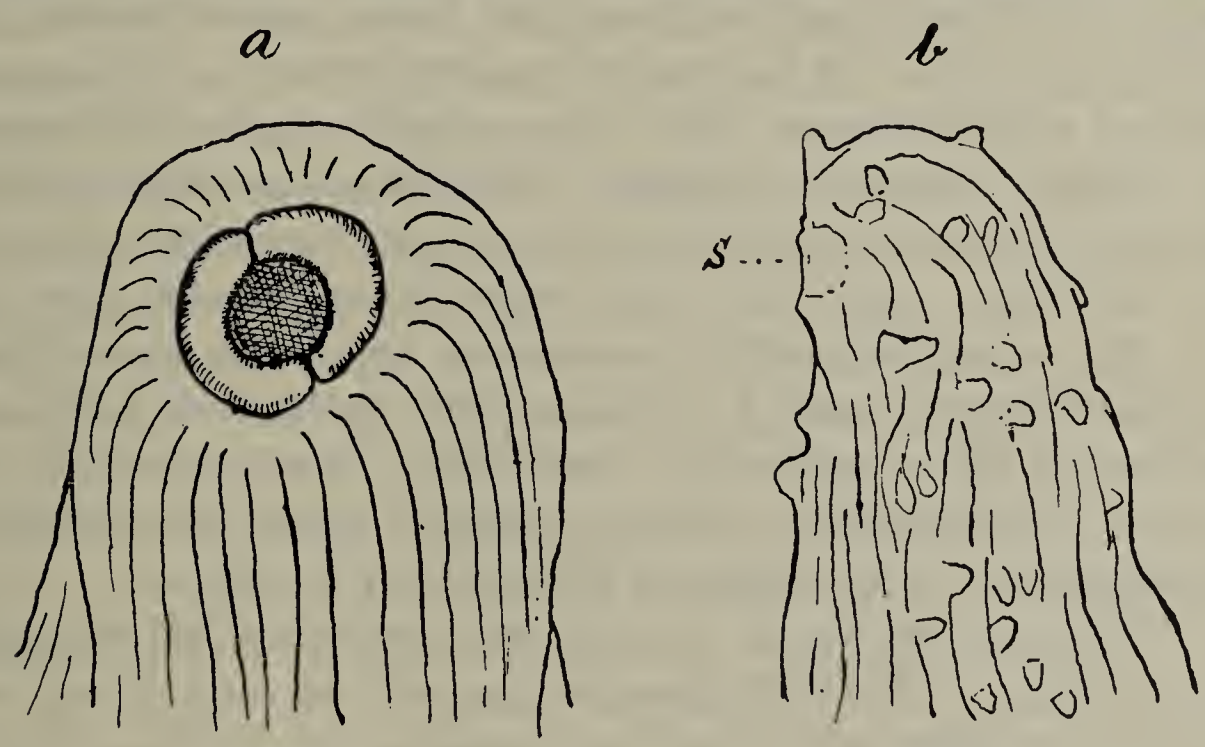


Fig. 6. Fig. 7.

Gloriosa superba.

a Die am oberen Ende der Vorläuferspitze befindliche Wasserspalte. 260fach vergr.
b Ende der Vorläuferspitze mit Schleimpapillen. *S* Wasserspalte. 47fach vergr.

besitzen. Schon am jüngsten Blatte ist sie deutlich zu erkennen und wächst rasch heran, während das Blatt selbst in meristematischem Zustande verbleibt. Einige Messungen mögen dieses Vorauseilen der Blattspitze in der Entwicklung zeigen:

1. Blatt:	Länge der Vorläuferspitze	=	1,2 mm,	der Lamina	=	0,8 mm
2.	„ „ „ „	=	1,4 „	„ „	=	1,0 „
3.	„ „ „ „	=	2,7 „	„ „	=	2,2 „
4.	„ „ „ „	=	5,3 „	„ „	=	7,0 „
5.	„ „ „ „	=	5,8 „	„ „	=	8,5 „
6.	„ „ „ „	=	14,0 „	„ „	=	27,0 „
7.	„ „ „ „	=	25,0 „	„ „	=	35,0 „

usw. Beim fünften Blatt hat sich am Ende der Vorläuferspitze eine grofse Wasserspalte entwickelt. Zugleich treten an ihr eine Anzahl von Schleimpapillen auf, welche platzen und ihren Inhalt entleeren. In diesem Stadium hat die Vorläuferspitze die umhüllende Lamina des nächst älteren Blattes durchbrochen und steht mit der Atmosphäre durch ihre grofse Wasserspalte in Verbindung. Mit ihrem unteren Teile schliefst sie nach innen hin die Knospe ab und schützt sie noch aufserdem durch Schleimausscheidung vor dem durch die Wasserspalte ausgeschiedenen Wasser. Die Gefäfsbündel sind wenig entwickelt und nur einzelne Gefäfse reichen bis in die Nähe der Wasserspalte. Auch das übrige Gewebe der Vorläuferspitze ist noch in wachstumsfähigem Zustande. Hiemit ist die Funktion der Vorläuferspitze als Knospenschutz und zur Einleitung der Transpiration beendet. Nun wächst sie aber mit der Lamina gleichmäfsig weiter in die Länge und bildet am ausgewachsenen Blatte eine spiralig eingerollte Blattranke. Eine etwaige besonders angelegte Wachstumszone zwischen der zur Blattranke werdenden Vorläuferspitze und der eigentlichen Lamina ist nicht vorhanden, was sich durch aufgetragene Tuschmarken, sowie durch den anatomischen Bau nachweisen liefs. Das obere Endchen der Vorläuferspitze samt der Wasserspalte bleibt zwar auch am angewachsenen Blatte vorhanden, doch tritt es ähnlich wie wir es bei anderen Vorläuferspitzen gesehen haben, durch Verstopfung der Wasserspalte mit einer harzigen Masse aufser Funktion.

Wir haben bei Gloria superba einen ähnlichen Fall der späteren Umwandlung der Vorläuferspitze in ein anderes Organ, wie wir es bei Dioscorea macroura beobachten konnten.

Während bei den Dioscoreen das Blatt und die junge Knospe ähnliche Ausbildung wie die Mehrzahl der Dikotylen besitzt, ist eine grofse Anzahl von Monokotylenblättern durch eine in der Knospenlage gerollte Spreite ausgezeichnet. Hiedurch ist der Vegetationspunkt und die jüngsten Blattanlagen von dem unteren Teile der älteren Blätter dicht umhüllt und geschützt und ragt mit seiner Spitze in die Scheide des nächstälteren Blattes hinein. Diese junge Blattspitze ist oft in besonderer Weise als Vorläuferspitze charakterisiert und ausgebildet. In geringerem Mafse sehen wir diesen Fall schon bei der eben beschriebenen Gloriosa superba auftreten, in besonders starker Ausbildung finden wir sie aber bei der überwiegenden Anzahl der folgenden Arten, vor allem bei Doryanthes Palmeri. Goebel[1]) hat diese Vorläufer-

1) Goebel, Über die Bedeutung der Vorläuferspitzen bei einigen Monokotylen. Flora 1901 pag. 470.

spitzen bereits eingehend beschrieben. „Die Vorläuferspitzen sind hier sehr auffällig ausgebildet. Sie erreichen bei den von mir untersuchten jungen Pflanzen eine Länge von ca. $3^1/_2$ cm, bei älteren Pflanzen wohl mehr. Von der flachen Blattfläche unterscheiden sie sich durch Gestalt, Färbung und Konsistenz. Die Vorläuferspitze ist nicht flach, sondern bedeutend dicker als die Blattspreite, ihr Querschnitt wechselt von einem annähernd rundlichen zu einem stumpf dreikantigen. Sie setzt sich nach unten hin in die Mittelrippe, nach oben in die Ränder des Blattes fort; hier an der Basis ist die Vorläuferspitze sogar etwas ausgehöhlt. Die Farbe ist heller grün als die der Blattfläche, von deren Bau der der Vorläuferspitze abweicht.“

Die Vorläuferspitze besteht aus einem ziemlich gleichmäfsig gebauten Grundgewebe. Seine Zellen sind länglichrund, in Schlauchenden ausgezogen und bilden ein sehr lockeres, durch grofse Intercellularen dem Schwammparenchym der Blätter ähnlich gebautes Gewebe. In dieses verlaufen die Gefäfsbündel aus den Blättern in dünnen, im Umkreis angeordneten, unverzweigten Strängen, welche sich weiter oben in der Vorläuferspitze vereinigen und dann rings vom Grundgewebe umgeben bis zur Spitze verlaufen. Eine Auszweigung gegen die Epidermis zu oder Ausbildung von Tracheiden findet nicht statt. Nur unter dem oberen Ende der Vorläuferspitze treten die zugespitzten Endigungen der Gefäfse strahlenförmig auseinander. Der Siebteil ist ebenso wie im Blatt in der Vorläuferspitze kräftig entwickelt. Dagegen fehlen die Sklerenchymfasern, durch welche das Blattgewebe besonders ausgezeichnet ist, ganz oder treten nur ganz vereinzelt im unteren Teile auf. Die Zellwände der Epidermis sind ebenso wie im Blatt ziemlich verdickt. Die in ihr eingesenkten Spaltöffnungen besitzen den gleichen Bau und die gleiche Gröfse wie die des Blattes. Doch sind auf gleichgrofsen Flächen auf der Vorläuferspitze nur halb soviel Spaltöffnungen vorhanden, wie auf dem Blatt. Der Inhalt der Zellen des Grundgewebes ist durch den vollständigen Mangel an Chlorophyll ausgezeichnet. Sie besitzen zum Teil Gerbstoff, namentlich die Zellen, welche die Atemhöhle der Spaltöffnungen umgeben. Schnitte, in Eisenchlorid gelegt, färben sich nach aufsen gegen die Epidermis zu schwarz, nach der Mitte zu bräunlich. Die grofse Mehrzahl der Zellen ist aber durch einen auch in den Zellen des Blattes vorkommenden Schleiminhalt charakterisiert. Dieser Schleim ist in Wasser leicht löslich und fällt in Alkohol als eigentümliche Körnchen, Fasern mit bäumchenartiger Verzweigung aus. Bei Zusatz von Corallinsoda zum alkoholischen Bade färbt er

sich (ebenso wie die Sklerenchymfasern) schön rot, schmilzt dann aber bald durch den Wassergehalt des Farbstoffes ab. Wir haben es hier mit einem Calloseschleim[1]) zu tun, der später in Wasser unlöslich und sehr gerbstoffreich wird. Zwischen den Zellen des Grundgewebes sind auch langgestreckte Zellen mit Raphiden und rundliche mit Drusen von Calciumoxalat jedoch nicht besonders häufig vorhanden. Stärke, Zucker oder Eiweifskörper konnten in nicht nennenswertem Mafse in den Vorläuferspitzen nachgewiesen werden.

Die Vorläuferspitze gliedert sich sehr bald an dem Primordialblatte aus, wächst rasch heran, während die Lamina am basalen Teile erst viel später zur Entwicklung gelangt. Das Wachstum findet regelmäfsig an dem basalen Teile des Blattes statt. Eine besondere Wachstumszone zwischen Vorläuferspitze und Blatt findet sich auch hier ebensowenig wie noch bei anderen daraufhin untersuchten Vorläuferspitzen nicht vor. Am oberen Ende der Vorläuferspitze treten zuerst einige Spaltöffnungen auf, welche die Einleitung der Atmung und Transpiration übernehmen. Diese sind etwas gröfser mit weiterer Öffnung und werden später durch gerbstoffhaltige Massen verstopft. An älteren Blättern stirbt die Vorläuferspitze von oben her durch Austrocknen allmählich ab. Wasserausscheidung in Tropfenform konnte an den Vorläuferspitzen nicht nachgewiesen werden. Ebensowenig gelang der Versuch, unter Druck Karminemulsion durch die Spaltöffnungen zu pressen oder Farbstofflösungen aufsaugen zu lassen. Bei Verletzungen gelang eine Injektion der mit Luft erfüllten Intercellularen sehr leicht und vollkommen. Dieses leichte Eindringen von Wasser in die verletzten Vorläuferspitzen mag der Grund des häufigen Faulens der jungen Spitzen sein. Zum Versuche über die Gröfse der Transpiration im Vergleich zum Blatte wurden Wägungen in ähnlicher Weise wie bei den Dioscoreen angestellt.

Gewicht eines Blattes mit Vorläuferspitze	Gewichtsverlust durch Transpiration in Prozenten	Gewicht eines Blattes ohne Vorläuferspitze	Gewichtsverlust durch Transpiration in Prozenten
a) Älteres Blatt:			
17. März 11 Uhr 5 Min. 4,520 g		17. März 11 Uhr 10 Min. 3,650 g	
18. „ 9 „ 8 „ 4,415 „	2,31 %	18. „ 9 „ — „ 3,554 „	2,63 %
20. „ 10 „ 20 „ 4,255 „	5,86 %	20. „ 10 „ 10 „ 3,411 „	6,54 %
22. „ 9 „ 30 „ 4,054 „	10,30 %	22. „ 9 „ 39 „ 3,258 „	10,73 %

1) Mangin, Bull. de la soc. bot. de France, Bd. XLI 1894.

Gewicht eines Blattes mit Vorläuferspitze	Gewichtsverlust durch Transpiration in Prozenten	Gewicht der abgeschnittenen Vorläuferspitze	Gewichtsverlust durch Transpiration in Prozenten
b) Jüngeres Blatt:			
17. März 10 Uhr 30 Min. 1,240 g		17. März 10 Uhr 35 Min. 0,199 g	
18. „ 9 „ 20 „ 1,189 „	4,11 %	18. „ 9 „ 18 „ 0,186 „	6,53 %
20. „ 11 „ 15 „ 1,119 „	9,75 %	20. „ 11 „ — „ 0,174 „	12,56 %
22. „ 9 „ 25 „ 1,054 „	15,00 %	22. „ 9 „ 20 „ 0,157 „	21,10 %

Diese Wägungen zeigen, dafs die Stärke der Transpiration der Vorläuferspitze ziemlich die gleiche ist, wie die des Blattes und bestätigen ebenso wie die übrigen Untersuchungen die Ansicht Goebels, dafs die Vorläuferspitze von Doryanthes Palmeri als Verschlufskörper dem Knospenschutz zu dienen hat. Zugleich sorgt sie infolge ihrer stark ausgebildeten Intercellularräume für das Atmungsbedürfnis für die tieferen, wenig entwickelten Blatteile, wozu die frühe Ausbildung der Spaltöffnungen am oberen Ende von besonderem Nutzen ist.

Etwas anders verhielt sich die Entwicklung bei jungen, aus einem abgeschnittenen Stumpf hervorbrechenden Knospen. Hier besafs das erste als Niederblatt ausgebildete Blatt überhaupt keine Vorläuferspitze. Bei den nachfolgenden Blättern war sie nur als kapuzenartiger, oben konisch auslaufender Ansatz vorhanden, bis endlich bei späteren Blättern wiederum die normale Vorläuferspitze ausgebildet wurde. Diese noch verhältnismäfsig wenig entwickelten Vorläuferspitzen der ersten Blätter scheiden aus den schon früh angelegten Wasserspalten, die sich nur wenig von gewöhnlichen Spaltöffnungen unterscheiden, in feuchter Atmosphäre Wasser in grofsen Tropfen aus. Dieses abweichende Verhalten erklärt sich durch die Verschiedenheit der klimatischen Verhältnisse in jener Jahreszeit, in welcher die jungen Sprosse aus der Erde treten und die eine verstärkte Transpiration bedingen.

Eine ähnliche Form wie bei Doryanthes Palmeri besitzen die Vorläuferspitzen von Ornithogalum caudatum. Während die Lamina ausgebreitet erscheint, ist die Vorläuferspitze mehr oder weniger cylindrisch und kann eine Länge von 10 cm und mehr erreichen. Bei anderen Exemplaren tritt sie überhaupt nicht auf oder wird dadurch gebildet, dafs sich die Blattränder nach aufwärts zu einer Art Rollblatt zusammenbiegen. Bei jungen Pflanzen ist das ganze Blatt cylindrisch, also im weitesten Sinne Vorläuferspitze. Es stellt daher

ähnlich, wie es Goebel von Ottonia beschreibt (Organographie pag. 494) ein Zwischenglied zwischen den cylindrischen und flachspreitenförmigen Blättern dar. Dafs wir das cylindrische Ende des Blattes als Vorläuferspitze zu betrachten haben, zeigt seine der eigentlichen Lamina voraneilende Entwicklung und das frühzeitige Absterben von der Spitze her, ganz so, wie wir es bei Doryanthes Palmeri gesehen haben. Im Gegensatz zu letzterer besitzt die Vorläuferspitze von Ornithogalum caudatum unter der Epidermis ein Assimilationsgewebe mit reichlichem Chlorophyllinhalt. Das Innere der Vorläuferspitze besteht aus ziemlich gleichgebauten sehr zartwandigen Zellen, zwischen welchen in peripherischer Anordnung rings im Kreise die verhältnismäfsig wenig entwickelten Gefäfsbündel verlaufen. Diese haben an ihrem oberen Ende längliche Tracheiden angelagert. Das Innengewebe besitzt zwar deutliche, aber im Vergleich zu Doryanthes sehr enge Intercellularräume. Die Zellen sind dicht mit Pektoseschleim erfüllt, der aus Stärke hervorzugehen scheint. Spaltöffnungen sind ungefähr auf gleichen Flächen auf der Vorläuferspitze in gleicher Zahl wie an der Laminarunterseite; sie sind sehr klein und etwas in die Epidermis eingesenkt. Raphiden von Calciumoxalat kommen in besonders starkem Mafse vor.

Die biologische Bedeutung der Vorläuferspitze von Ornithogalum besteht ebenso wie bei Doryanthes in erster Linie darin, als Abschlufskörper dem Schutz der jungen Knospe zu dienen. Ferner hat es infolge seiner früheren Entwicklung die Aufgabe, die Atmung, Transpiration und Assimilation des jungen Blattes einzuleiten. Die starke, wasserspeichernde Schleimbildung, die cylindrische Form und der ganze Bau der Vorläuferspitze deutet auf xerophytische Anpassung hin. Schneidet man ein Blatt ab und überläfst es der Austrocknung, nachdem man seine Schnittfläche eingefettet hatte, so zeigt sich, dafs die Vorläuferspitze langsam von oben her abstirbt, indem sein Wassergehalt zum grofsen Teil von der Lamina aufgenommen wird. Erst wenn diese vertrocknet ist, tritt das Welken des Blattes ein. Es vermag daher in späterem Stadium dem Blatte auch als Wasserspeicherungsorgan dienen. — Ähnliche Verhältnisse fand ich bei Sanseviera ceylanica, doch ist hier die Vorläuferspitze weniger ausgebildet und charakterisiert. Auch Dracaena Draco läfst sich hier ausschliefsen. An jungen Pflanzen ist die Vorläuferspitze 1—2 cm lang, cylindrisch, nach oben etwas spitz zulaufend, ähnlich der von Doryanthes Palmeri. Doch fehlt ihr das lockere chlorophyllose Schwammgewebe von letzterer, sie ist derb gebaut und chlorophyllhaltig. Die Gefäfsbündel

verlaufen in mehreren Strängen in der Mitte der Vorläuferspitze und endigen gegen das obere Ende zu unter Anlagerung von Speichertracheiden. Sie werden von einem aus gleichmäfsigen, etwas in die Länge gestreckten Zellen umgeben, zwischen denen ziemlich grofse Intercellularräume verlaufen. Die Spaltöffnungen der Vorläuferspitze sind in ungefähr gleicher Zahl auf den gleichen Flächen wie im Blatt vorhanden und ebenso gebaut.

Wir haben es also mit einem ganz ähnlichen Verhältnis zu tun wie bei Doryanthes. Entrollt sich ein junges Blatt, so tritt aus seinem Grunde die schon völlig entwickelte Vorläuferspitze des nächst jüngeren Blattes heraus, schützt die weiter nach unten liegenden Partien des Blattes und die jüngsten Blattanlagen, indem es sich kapuzenförmig über das nächstjüngere Blatt setzt und zugleich als Abschlufskörper nach aufsen hin fungiert. Die Intercellularen haben den Gasaustausch des noch umhüllten Blattes mit der Atmosphäre durch die Spaltöffnungen der Vorläuferspitze zu besorgen.

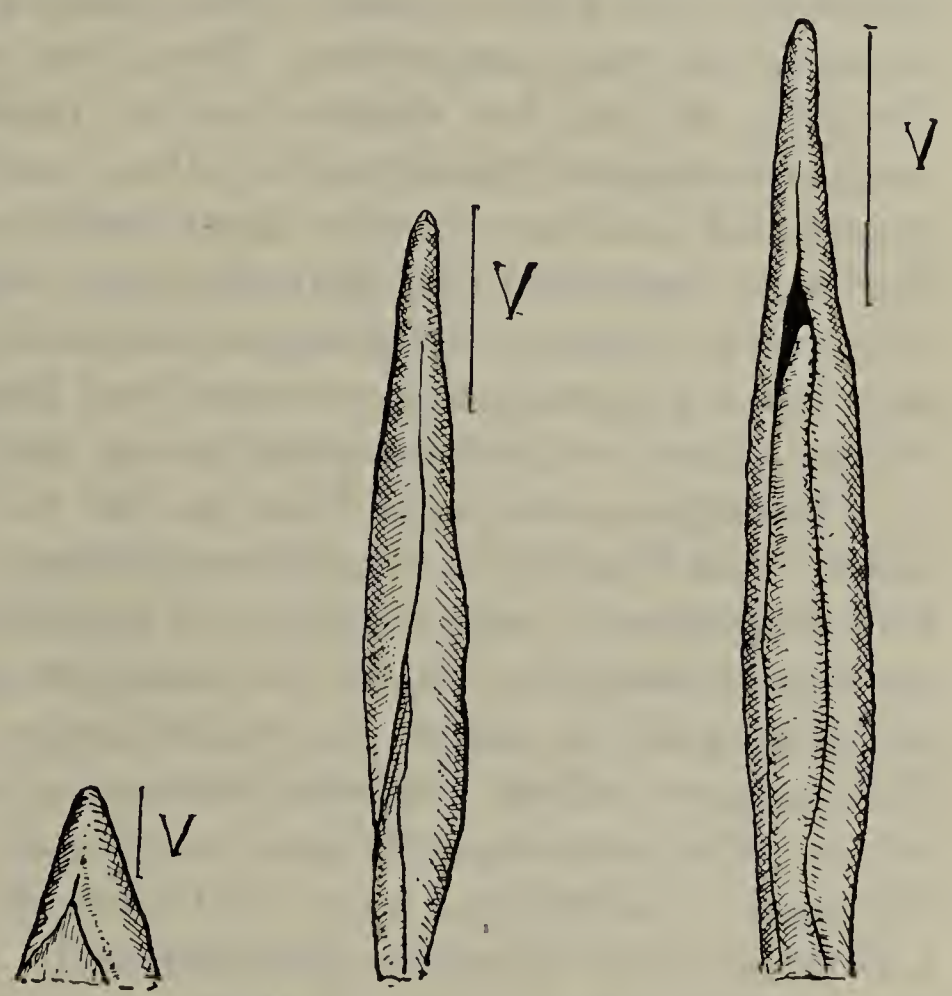


Fig. 8. Dracaena Draco. Verschiedene Stadien der Blattentwicklung. Die älteren Blätter umgeben die jüngeren mit Lamina scheidenförmig, während die Vorläuferspitze *V* als Abschlufskörper nach oben und nach aufsen die Knospe schützt. Natürliche Gröfse.

Einen etwas anderen Bau zeigt die Vorläuferspitze verschiedener in feuchteren Gegenden lebender und rascher wachsender Cordyline-Arten z. B. Cordyline terminalis. In entwickeltem Zustande stellt hier die Vorläuferspitze ein gewöhnlich 5 mm langes, zartes Endchen des Blattes dar, das am ausgewachsenen Blatte bereits dürr erscheint oder schon abgefallen ist. Es tritt schon sehr früh auf, ehe noch eine deutliche Differenzierung des übrigen Blattes erfolgt ist, entwickelt sich rasch und bildet Spaltöffnungen aus. Bei Cordyline werden die jüngeren Blattanlagen von den Scheiden

der nächstälteren Blätter röhrenartig umhüllt. Allmählich wächst das junge Blatt heran, durchbricht mit der Vorläuferspitze die schützende Scheide, um ins Freie zu treten. In diesem Stadium ist sie vollständig entwickelt und in Funktion getreten und stirbt am entfalteten Blatte allmählich ab.

Sie stellt einen aus etwas in die Länge gestreckten Zellen ziemlich gleichmäfsig gebauten, cylindrisch fadenförmigen Gewebekörper dar. Im unteren Teile vereinigen sich die sämtlichen Gefäfsbündelstränge des Blattes, so dafs der gröfste Teil des Gewebes der Vorläuferspitze aus diesen besteht. Die Siebteile sind, gegenüber den Gefäfsen, nur wenig ausgebildet. Nach oben zu nehmen die Gefäfse allmählich ab und der oberste Teil der Vorläuferspitze besteht nur aus gleichmäfsigem Grundgewebe. Dort, wo die einzelnen Gefäfse endigen und auch etwas weiter oben, sind eine Anzahl von über die Epidermis emporragender Spaltöffnungen angeordnet. Aufserdem treten an der jungen Vorläuferspitze durch teilweise Verquellung der nach aufsen gelegenen Epidermiswand und Emporheben der Cuticula Schleimpapillen auf, welche später platzen und ihren Inhalt entleeren.

Befreit man ein junges Blatt von der sie nach aufsen dicht abschliefsenden Scheide des nächstälteren Blattes, so zeigt sich, dafs die Vorläuferspitze von einer förmlichen Wasserhülle umgeben ist, obwohl ein Wassereintritt von aufsen her unmöglich ist. Diese Wasserausscheidung geschieht durch die Spaltöffnungen, welche mit den Gefäfsendigungen durch Intercellularräume in deutlicher Verbindung stehen. Man kann sie auch noch an schon ins Freie getretenen Vorläuferspitzen beobachten, wenn die Pflanze in einem feuchten Raum z. B. unter einer Glasglocke gehalten wird. Sobald aber das Blatt sich entfaltet hat und ihre Spaltöffnungen die Transpiration übernommen haben, hört bei ihnen die Wasserausscheidung und Schleimbildung auf.

Die Funktion der Vorläuferspitzen von Cordyline terminalis weicht von der der bisher beschriebenen Pflanzen ziemlich ab. Schon bei Smilax fanden wir, dafs die Gröfse und Ausbildung der Vorläuferspitzen als Schutzorgan der jungen Knospe zurücktritt, indem die Blattscheiden diese Aufgabe übernehmen. Bei Cordyline und der grofsen Mehrzahl der im folgenden zu beschreibenden Arten mit Vorläuferspitzen ist diese Bedeutung des Knospenschutzes zum Teil auf die Blattscheiden übertragen und die jungen Blattanlagen sind nach aufsen hin durch einen scheinbar luftdichten Abschlufs geschützt. Dadurch ist eine so massige Ausbildung der Vorläuferspitze wie wir

sie bei Doryanthes und Ornithogalum sahen, nicht mehr nötig. Statt dessen hat der cylindrische Fortsatz die Aufgabe, ähnlich der fest und dicht gedrehten Spitze einer Düte, das frühzeitige Aufrollen der Spreite zu verhindern. Durch die frühzeitige Entwicklung ihrer Gewebe besitzt das ganze Blatt an seinem oberen Ende einen festen mechanischen Halt. Erst wenn das zusammengerollte Blatt die Scheide verlassen hat, vermag es sich von unten her aufzurollen und auszubreiten. Schneidet man die Vorläuferspitze eines zusammengerollten Blattes unterhalb der Basis ab, so tritt eine vorzeitige Aufrollung der oberen Blattpartien ein. Die Lamina müfste sich ohne festen Verschlufs an ihrer Spitze innerhalb der Scheide spreizen und ein Herausdringen aus der Scheide erschweren oder unmöglich machen. So aber vermag sich das junge Blatt in der engen Röhre der Blattscheide langsam nach oben zu schieben. Den Druck und die mechanische Reibung, welcher dabei ausgeübt wird, erfährt jedoch nicht die noch anderen Funktionen angepafste Vorläuferspitze, sondern die unteren festgerollten Partien der Lamina. Diese bewirken auch infolge ihres starken Wachstums, dafs sich die Scheide des nächstälteren Blattes immer mehr erweitert, bis schliefslich an den oberen Partien eine schmale Öffnung entsteht, durch welche die Vorläuferspitze ins Freie zu treten vermag. An eine mechanische Beihilfe der Vorläuferspitze durch Druck beim Herausdringen aus dem Scheidenteile ist bei der Zartheit der meisten dieser Vorläuferspitzen nicht zu denken. Aufser der Bedeutung des Knospenabschlusses finden wir noch vor allem die Funktion der Transpirationseinleitung in Form von Guttation deutlich ausgebildet.

Aroideen.

Bei den Aroideen wurde zuerst die Wasserausscheidung in flüssiger Form und zwar bei Richardia aethiopica von Habenicht[1]) erkannt. An diese schlossen sich die Beobachtungen von Schmidt[2]), Duchartre[3]) und Molisch[4]) bei Colocasia antiquorum, Rosanoff[5])

---

1) Habenicht, Über die tropfbare Absonderung des Wassers aus den Blättern der Calla aethiopica. Flora 1823 Nr. 34.

2) Schmidt, Beobachtungen über Ausscheidung von Flüssigkeit aus der Spitze der Blätter des Arum Colocasia Linneae. 1831.

3) Duchartre, Recherches physiol. anatom. et organog. sur la Colocase des Anciens. Annal. des sc. nat. sér. IV T. XII.

4) Molisch, Das Hervorspringen von Wassertropfen aus der Blattspitze von Colocasia nymphaefolia. Ber. Deutsch. Bot. Gesellsch. 1903.

5) Bot. Ztg. 1869 pag. 881.

führte Remusatia vivipara, Mettenius[1]) Arum peltatum an. Volkens[2]) studierte das Phänomen der Guttation an Calla palustris in eingehender Weise. Die Stellen der Wasserausscheidung sind nun bei all diesen Pflanzen die als Vorläuferspitzen umgebildeten Blattspitzen. Goebel[3]) hat als erster auf diese morphologische Bedeutung

Fig. 9.

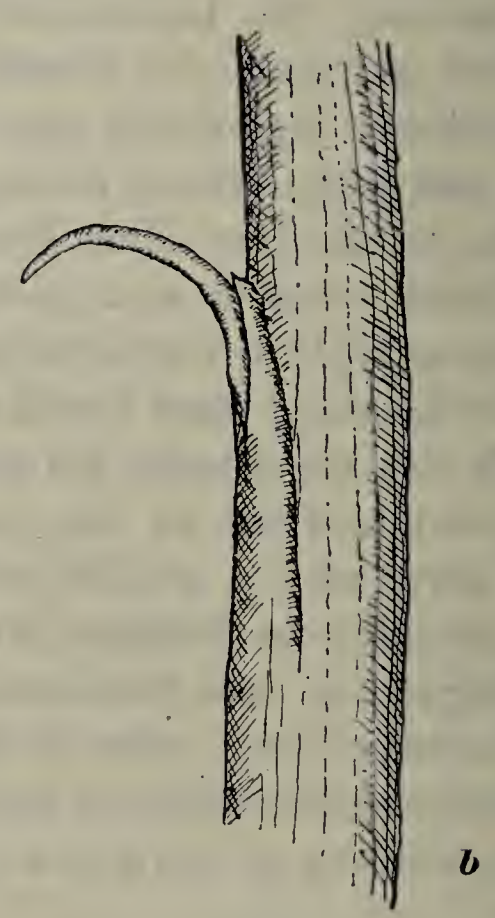


Fig. 10.

Richardia africana.

a Junges zusammengerolltes Blatt, das in der Scheide des nächst älteren eingehüllt war. *V* Vorläuferspitze, V_1 Vorläuferspitze des nächst jüngeren Blattes, das in diesem Stadium noch aus der Scheide des sie später umhüllenden Blattes herausragt. Natürliche Gröfse.

b Aus der Scheide des nächst älteren Blattes herausdringende Vorläuferspitze. Natürliche Gröfse.

der „wasserausscheidenden Organe“ hingewiesen. Doch beobachtete auch Volkens bei Calla palustris das frühzeitige Absterben der Blattspitze und erklärt sich dasselbe damit, dafs mit der Entfaltung der Blätter die transpirierenden Oberflächen bei gleichbleibendem

1) Mettenius, Filic. hort. bot. Lips.

2) Über Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern der höheren Pflanzen. Jahrb. des Kgl. bot. Gartens Berlin Bd. II pag. 166.

3) Organographie pag. 507.

Wurzeldruck vergröſsert werden, so daſs die am weitesten abgelegenen Epithemzellen der Spitze zuerst zu welken anfangen müssen.

Die Vorläuferspitze von Richardia stellt am ausgewachsenen Blatte ein 1—2 cm langes, gewöhnlich umgekehrt S-förmig nach unten hängendes, annähernd cylindrisches Organ mit wenig Chlorophyllinhalt dar.

Sie tritt schon in den allerersten Stadien der Blattentwicklung auf. Zuerst wird sie von der zusammengerollten Lamina des nächstälteren Blattes umhüllt, später wächst dieses Blatt am Basalteile stark in die Länge, bis schlieſslich das jüngere Blatt samt seiner Vorläuferspitze von den Scheiden überwachsen und eingehüllt wird. In dieser Scheide rückt nun das Blatt weiter nach oben, seine Vorläuferspitze, welche bereits eine Anzahl von Spaltöffnungen sowie vereinzelte Schleimpapillen trägt, dringt aus dem oberen Teile der zuerst dicht abschlieſsenden Scheide nach auſsen, worauf das übrige Blatt nachfolgt. Später findet noch eine weitere Streckung und Ausbildung von Wasserspalten an den mittleren und unteren Teilen der Vorläuferspitze statt. Auſserdem treten häufig Zwillingsspaltöffnungen auf, wie es v. Minden ähnlich für Campanula Trachelium beschrieben hat.[1]) Die Vorläuferspitzen sind ziemlich gleichmäſsig gebaut. Im centralen Teile verlaufen die aus dem Blatte sich vereinigenden Gefäſsbündel ohne seitliche Auszweigungen. Die einzelnen Gefäſse sind groſs, der Siebteil ist in der Entwicklung etwas zurückgeblieben. Die Gefäſse endigen in der Nähe des oberen Endes der Vorläuferspitze und sind oben etwas zugespitzt. Um den Gefäſsbündelcylinder lagert sich das übrige Gewebe. Die dem Gefäſsbündelcylinder zunächst liegenden Zellen sind etwas langgestreckt, dann folgen isodiametrische Zellen. Die Epidermis ist der des Blattes gleich gebaut. Chlorophyllführendes Pallisadenparenchym fehlt. Die namentlich an den seitlichen Rändern des Blattes ausgebildeten Luftkammern sowie das lockere Schwammparenchym sind zwar im unteren Teil der Vorläuferspitze noch vorhanden, verschwinden aber in den mittleren Partien allmählich. Die Wasserspalten liegen hauptsächlich am oberen Ende, wo die Gefäſse endigen, und zwar auf der nach unten gewendeten Seite. Groſse deutliche Intercellularen führen von den Gefäſsen zu den Wasserspalten. Calciumoxalat kommt in Form von Raphiden und als Einzelkristalle vor. Auſserdem treten auch die im Blatt vorhandenen Sekretschläuche

1) Beiträge zur anatom. und physiol. Kenntnis Wasser sezernierender Organe. Bibliotheka Botanica Heft 46 1899 pag. 35.

und Gerbstoff namentlich an den Spaltöffnungen und Wasserspalten auf. Chlorophyll und Stärke ist nur sehr wenig vorhanden.

In physiologischer Beziehung reiht sich die Vorläuferspitze von Richardia eng an die von Cordyline an, nur dafs hier die Verhältnisse noch deutlicher liegen. Sie bildet nicht nur einen Abschlufskörper des eigenen Blattes, sondern sie schliefst auch beim Heraustreten aus der Scheide diese vor dem Eindringen von Wasser, Tiere etc. nach aufsen hin ab, bis die zusammengerollte Lamina nachfolgt. Die Wasserausscheidung beginnt schon in geringem Mafse innerhalb der umhüllenden Scheide. Aber erst wenn das ganze Blatt entfaltet ist, tritt die Guttation in vollem Mafse ein. Wir haben also an der Vorläuferspitze von Richardia auch eine Art Funktionswechsel, ähnlich wie bei Dioscorea macroura und Gloriosa superba. Sie stirbt am ausgewachsenen Blatt, wie es bei anderen Pflanzen der Fall ist, nicht ab, sondern bildet sich in ein wasserausscheidendes Organ um. Es entsteht nun auch die Frage, ob und in welcher Weise neben der Transpirationseinleitung auch eine Einleitung der Atmung innerhalb der sie umschliefsenden Scheiden stattfinden kann. Verschiedene Versuche durch starkes Einblasen, Eingiefsen dünnflüssiger Farbstofflösungen bei Richardia, Musa u. a. zeigte, dafs die Blattscheiden absolut luftdicht abschliefsen, also ein Eindringen von Luft von aufsen her nicht stattfinden kann. Eine Untersuchung der Blattscheiden ergab nun, dafs sie nach innen zu wohlentwickelte Spaltöffnungen besitzen, welche zum Teil mit den Luftkammern des Blattstieles in Verbindung stehen. Es wäre nun denkbar, dafs diese Spaltöffnungen der Scheide des nächstälteren Blattes eine Atmungstätigkeit der jungen Vorläuferspitze ermöglichen, umsomehr, als die Vorläuferspitzen nicht dicht der Scheide anliegen, sondern frei wie in eine Röhre hineinragen.

Ähnliche Verhältnisse im anatomischen Aufbau und der Funktion zeigen sich bei Calla palustris. Volkens[1]) hat diese Vorläuferspitzen als wasserausscheidende Organe in eingehendster Weise untersucht, so dafs ich auf diese Arbeit verweisen kann. In der äufseren Gestalt weichen sie von den Vorläuferspitzen von Richardia africana etwas ab. Während sie bei letzteren einen langen, fast wurmartigen Fortsatz bilden, stellen sie bei Calla palustris „ein 5—7 mm langes, nach vorn sich verjüngendes, seltener ein kurz knopfartiges, nach oben verbreitertes Organ dar, das wahrscheinlich aus der Umrollung und Verwachsung der Blatträndер entstanden ist“. Ähnlich gebaut und

1) G. Volkens, Über Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern höherer Pflanzen. Jahrb. d. Kgl. bot. Gartens zu Berlin 1883, pag. 169.

ebenfalls mit Wasserspalten versehen, ist die Vorläuferspitze von Peltantra virginica.

Bei Diefenbachia picta finden wir ganz ähnliche Vorläuferspitzen wie bei Richardia africana. Die Vorläuferspitze ist 1—1,5 cm lang, gerade oder etwas gedreht, cylindrisch und an entrollten Blättern zum Teil vertrocknet und abgefallen. Die Entwicklung ist die gleiche wie bei Richardia. Die Gefäfsbündel des Blattes verlaufen im Centrum der Vorläuferspitze und endigen in ihrem oberen Teile. Aufserdem sind namentlich an der Basis Tracheiden ausgebildet. Das letzte Ende ist fast glashell, bald vertrocknend und ohne Gefäfse. An der Spitze befindet sich eine Spaltöffnung, zu welcher langgestreckte Zellen von den Gefäfsendigungen führen. In der Nähe, wo die Gefäfsendigungen liegen, befinden sich seitlich Wasserspalten, welche durch Intercellularen miteinander in Verbindung stehen. Das Gewebe, welches die Gefäfsbündel umgibt, ist reich an Calciumoxalat, Stärke und Schleim. Der Übergang der Stärke in letzteren läfst sich deutlich beobachten. Chlorophyll besitzt die Vorläuferspitze nur sehr wenig. Die Guttation beginnt bereits innerhalb der Blattscheiden des nächstälteren Blattes und ist am stärksten an noch zusammengerollten Blättern, welche bereits ins Freie getreten sind. Die Vorläuferspitze von Diefenbachia picta ist vor allem durch ihre ungewöhnlich starke Schleimausscheidung charakterisiert. Dieselbe geschieht durch Verquellung der oberen Epidermiswand, Emporhebung und Platzen der Cuticula. An jungen sich eben entrollten Blättern ist die Schleimausscheidung so stark, dafs der Schleim in einem förmlichen Klumpen an der Vorläuferspitze hängt, mit dem ausgeschiedenen Wasser ein Stück weit nach unten läuft und das junge Blatt einhüllt. Die Schleimausscheidung und Wasserausscheidung gehen parallel miteinander und stehen in enger Beziehung. Beide treten nur bei kräftigen, raschwachsenden Pflanzen in sehr feuchten Gewächshäusern gewöhnlich vor der Blütenbildung auf. Für die Bedeutung dieser starken Schleimausscheidung erscheint vielleicht auf den ersten Blick die Erklärung Hungers[1]) am richtigsten, dafs der Schleim als

Fig. 11. *V* Vorläuferspitze von Diefenbachia picta mit Schleimausscheidung *S*. Natürl. Gr.

1) Hunger, Über die Funktion der oberflächlichen Schleimbildungen im Pflanzenreiche. 1899. Dissertation.

Schmiermittel anzusehen sei, durch welches beim Heraufschieben des Blattes aus der Scheide des nächstälteren der Reibungswiderstand vermindert wird. (Hunger ist übrigens die bei den Vorläuferspitzen der Monokotylen so häufige Schleimausbildung vollständig entgangen, indem er schreibt: „Ja selbst bei den Monokotylen, bei denen wir mit Ausnahme von Tradescantia eine oberflächliche Schleimbildung niemals nachweisen konnten, ist sie bei den Wasserformen in der Regel zu finden.“) Gegen diese Bedeutung als Schmiermittel macht sich aber geltend, dafs der Schleim an den Vorläuferspitzen, so lange sie sich innerhalb der Blattscheiden befinden, nur verhältnismäfsig wenig gebildet wird. Er befindet sich dort nur an den Vorläuferspitzen und den obersten Blattpartien, welche frei in die Scheideröhre hineinragen, während die unteren Blattpartien allein die Reibung auszuhalten haben. In verstärktem Mafse tritt die Schleimbildung jedoch erst ein, wenn das junge Blatt und die Vorläuferspitze schon die schützenden Scheiden verlassen hat, also eine Reibung an anderen Pflanzenteilen ausgeschlossen ist. Wischt man die Schleimhülle an der Vorläuferspitze ab, so kann man bemerken, dafs die von den Wasserspalten ausgeschiedenen Wassertropfen über das junge, zusammengerollte Blatt fliefsen und die zarte Cuticula mit einer ständigen Wasserhülle umgeben. Wir müssen daher mit Goebel[1]) und Schilling[2]) die Bedeutung der Schleimbildung auch bei den Vorläuferspitzen der Monokotylen darin sehen, dafs der Schleim das Wasser festhält, den Hindurchtritt von Wasser erschwert und als Schutzmittel der jungen Pflanzenteile gegen unmittelbare Berührung mit Wasser dient. Ist die Wasserausscheidung geringer geworden, so legt sich der Schleim durch Austrocknung fest um die Vorläuferspitze, schliefst die Spaltöffnungen nach aufsen hin ab, verhindert eine vorzeitige eventuelle Vertrocknung der Vorläuferspitze, ohne die Funktion der Wasserspalten und Spaltöffnungen zu sistieren.[3]) Prefst man Karminemulsion unter Druck in die Wasserspalten verschiedener Vorläuferspitzen ein, so zeigt sich, dafs an den mit Schleimüberzug versehenen Vorläuferspitzen von Diefenbachia, Maranta, Cordyline etc. eine Injektion durch die Wasserspalten ins Innere nicht gelingt, während bei Richardia, Calla, denen eine Schleimhülle fehlt, eine

---

1) Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen II. Teil pag. 235, 236.

2) Schilling, Anatomisch-biologische Untersuchungen über Schleimbildung der Wasserpflanzen. Flora 1894 pag. 280.

3) Kühn, Untersuchungen über die Anatomie der Marattiaceen und anderer Gefäfskryptogamen. Flora 1889 pag. 487.

solche leicht stattfindet. Ich möchte dieses Verhalten auf die Verschlufsfähigkeit des Schleimes zurückführen. Stahl ist der Ansicht, dafs Gallertüberzüge als Schutzmittel gegen Tierfrafs zu dienen haben. Nun ist es gerade bei Diefenbachia auffällig, dafs die Vorläuferspitzen im Hauptstadium der Schleimausscheidung oft über und über mit Blattläusen bedeckt sind, während sie auf den übrigen Teilen des jungen Blattes wenig auftreten. Es scheint ihnen speziell diese Schleimausscheidung zuzusagen. Ob sie dadurch abgehalten werden, die Vorläuferspitze selbst aufzuzehren, was zwar auch hie und da vorkommt, wage ich nicht zu entscheiden. Gegen das Gefressenwerden durch Schnecken oder gröfsere Tiere sind sie durch Raphiden und scharfe, giftig wirkende Stoffe hinreichend geschützt.

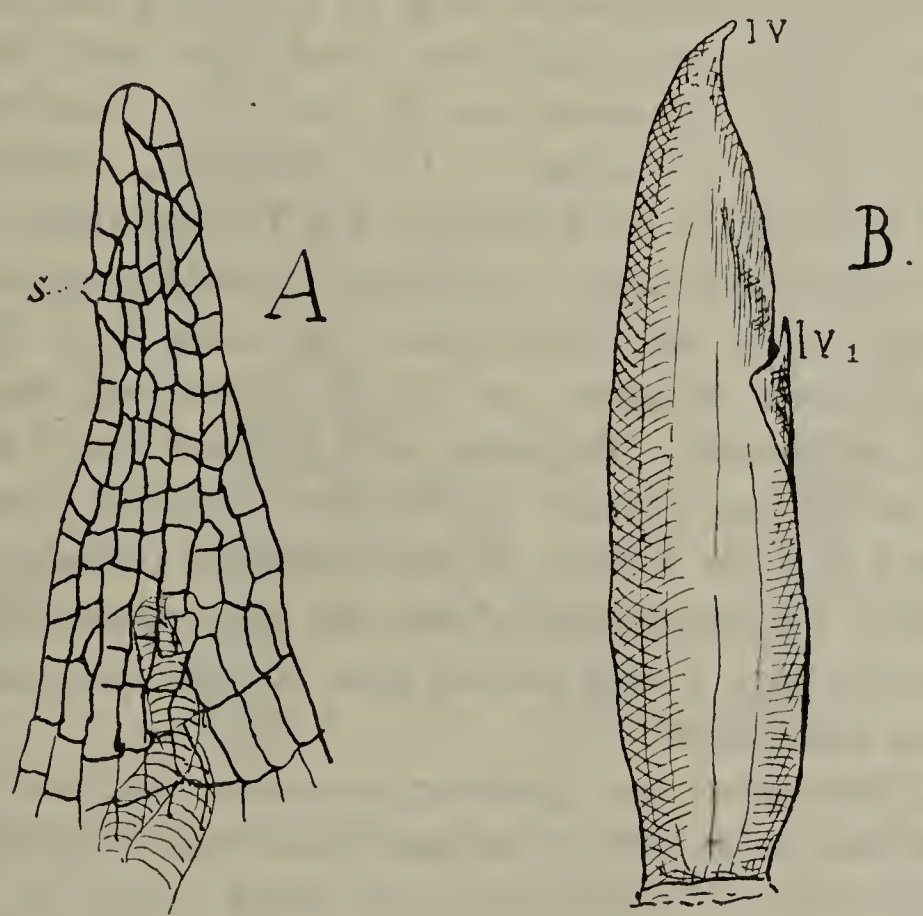


Fig. 12. Acorus Calamus.

A. Vorläuferspitze eines jungen Blattes. *S* geplatzte Schleimpapille, welche ihren Inhalt entleert hat. 260fach vergr.

B. Junge Blattknospe. *V* und V_1 Vorläuferspitzen. $1^1/_2$fach vergröfsert.

Bedeutend weniger ist die Vorläuferspitze bei Acorus Calamus ausgebildet und am ausgewachsenen Blatt kaum mehr zu erkennen. Ihre Funktion vollzieht sich vollständig in der Knospenlage, ehe das Blatt überhaupt ins Freie getreten ist. Sie ist schon am jüngsten Blatte als länglicher Fortsatz entwickelt, wächst rasch heran und hat ihre Entwicklung gewöhnlich schon abgeschlossen, wenn das Blatt eine Länge von 2 cm erreicht hat. Sie besitzt dann die Gröfse von

ungefähr 1 mm und besteht aus langgestreckten, nach aufsen etwas gewölbten, fast durchsichtigen Zellen. Gefäfsbündel fehlen ihr. Erst an der Grenze gegen das Blatt endigen die Gefäfse in die Vorläuferspitze und hier sitzen auch einige Spaltöffnungen. Die jungen Blätter sind bei Acorus Calamus in der Weise ineinander gesteckt, dafs die Spitze des Blattes, also vor allem seine Vorläuferspitze, aus dem nächstälteren Blatte herausragt und erst vom übernächsten Blatte umhüllt wird.

Befreit man ein junges Blatt vorsichtig von den sie umhüllenden älteren Blättern, so bemerkt man an der Vorläuferspitze gewöhnlich ausgeschiedene Wassertröpfchen hängen. Aufserdem wölben sich an ihr einzelne Schleimpapillen empor, welche platzen und ihren Inhalt entlassen. Diese Schleimabsonderung ist so grofs, dafs die jüngeren Blätter dicht in Schleim eingebettet erscheinen und die Vorläuferspitze mit den als Colleteren von Hanstein[1]) beschriebenen Organen verglichen werden können. Die Bedeutung dieser Vorläuferspitzen liegt einerseits in der Einleitung der Transpiration, andererseits dient sie durch Ausscheidung von Schleim dem Knospenschutze. Da sich die unteren Teile der Pflanze, also vor allem auch die Knospenteile, unter Wasser befinden, so ist ein Schutz vor Benetzung mit Wasser sehr angebracht. Zugleich wird das von der Vorläuferspitze selbst ausgeschiedene Wasser durch den Schleim gewissermassen gebunden und für die zarten meristematischen Gewebe unschädlich gemacht. Eine weitergehende, durch die verschiedene Funktion bedingte Differenzierung treffen wir bei einer Anzahl von Aroideen, z. B. bei Caladium esculentum.

Die Vorläuferspitze von Caladium esculentum stellt im entwickelten Zustand des Blattes an seinem oberen Ende einen kleinen, 3—4 mm langen, cylindrischen Fortsatz dar, der nach oben oft noch in ein zartes Spitzchen ausgezogen erscheint. Die 5—7 mm lange untere Partie verbreitert sich in die spitz zulaufende Lamina des Blattes und ist durch Emporbiegen der Seitenränder in der Mitte etwas muldenartig vertieft. An vollentwickelten ausgebreiteten Blättern stirbt sie durch Vertrocknen allmählich ab.

Entwicklungsgeschichtlich zeigt sich, dafs das obere cylindrische Ende schon sehr früh zur Ausbildung kommt, um ähnlich wie bei Cordyline und Richardia dem jungen zusammengerollten Blatte als Abschlufskörper zu dienen. Spaltöffnungen treten an ihm gewöhnlich

1) Hanstein, Über Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Ztg. 1868.

nicht auf. In seinem Innern münden die letzten Endigungen der Gefäfsbündel. Auch wird Calciumoxalat in Drusenform in seinen Zellen abgelagert. Wenn das Blatt ungefähr eine Länge von 1 cm besitzt, rollt sich, wie aus der Figur zu ersehen ist, die Lamina unterhalb des cylindrischen Endchens etwas auf, eilt in der Entwicklung dem übrigen Blatte voraus und bildet so die untere basale Partie der Vorläuferspitze. In der dadurch entstandenen Mulde treten Wasserspalten von ungewöhnlicher Gröfse auf, welche an fertigen Vorläufer-

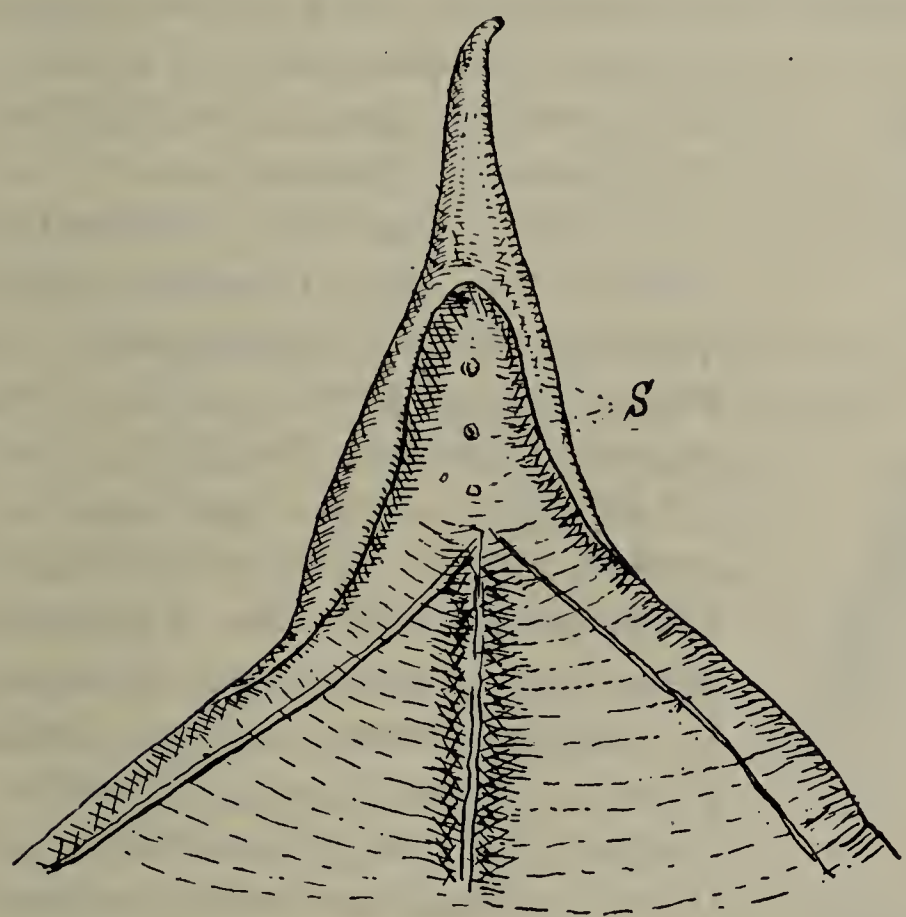


Fig. 13. Caladium esculentum. Vorläuferspitze eines ausgebreiteten Blattes. Der obere cylindrische Teil dient als Abschlufskörper, der untere muldenförmige besitzt grofse Wasserspalten (*S*). 10fach vergröfsert.

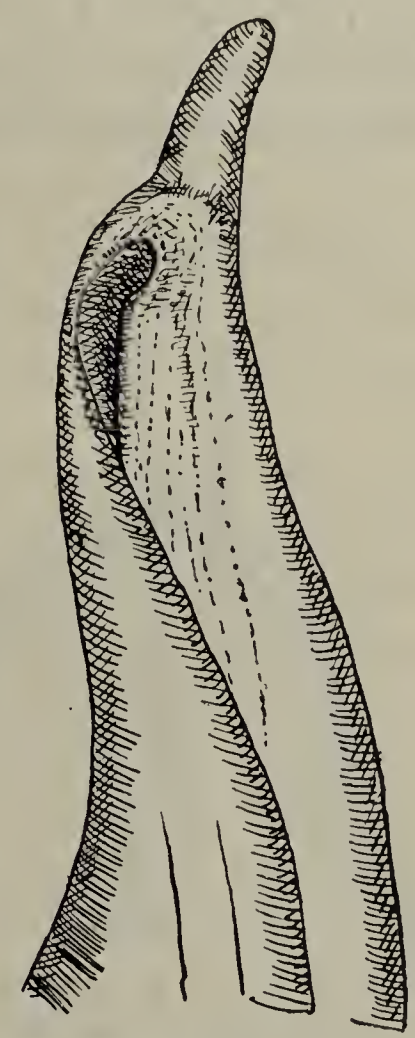


Fig. 14. Caladium esculentum. Junges in Aufrollung begriffenes Blatt mit Vorläuferspitze.

spitzen sich mit freiem Auge als nadelstichähnliche Durchbohrungen deutlich erkennen lassen. Die Wasserspalten gehen aus gewöhnlichen Spaltöffnungen hervor, erweitern aber ihre Spalten bald so sehr, dafs sie kreisrund erscheinen. Die Guttation beginnt bei ihnen erst, wenn die Vorläuferspitze die Scheiden des nächstälteren Blattes durchbrochen hat, an die Atmosphäre gelangt ist und das ganze Blatt in rasches Wachstum und Ausbildung seiner Teile getreten ist. Sobald das Blatt sich ausgebreitet hat und vollständig entwickelt ist, hört sie allmählich auf. Der basale Teil der Vorläuferspitze, an welchem die

Wasserspalten liegen, besteht aus einem sehr lockeren, einem Schwammparenchym ähnlichen Zellen, zwischen welchen grofse Intercellularen zu den Gefäfsbündeln führen, deren angelagerte Tracheiden in ihnen münden. — Die Wasserausscheidung erfolgt durch Infiltrierung der Intercellularen und Hervortreten des Wassers aus den Wasserspalten. Ein Herausschleudern, wie es für Colocasia antiquorum bekannt ist, konnte ich hier nicht bemerken.

Wir haben also bei Caladium esculentum eine deutliche Teilung der Vorläuferspitze nach ihren verschiedenen Funktionen. Die obere cylindrische Partie dient als Abschlufskörper, die untere als Wasserausscheidungsapparat, welcher die Transpiration und auch die Atmung so lange für das grofse bis über 2 m hoch werdende Blatt zu besorgen hat, bis dieses sich entfaltet hat.

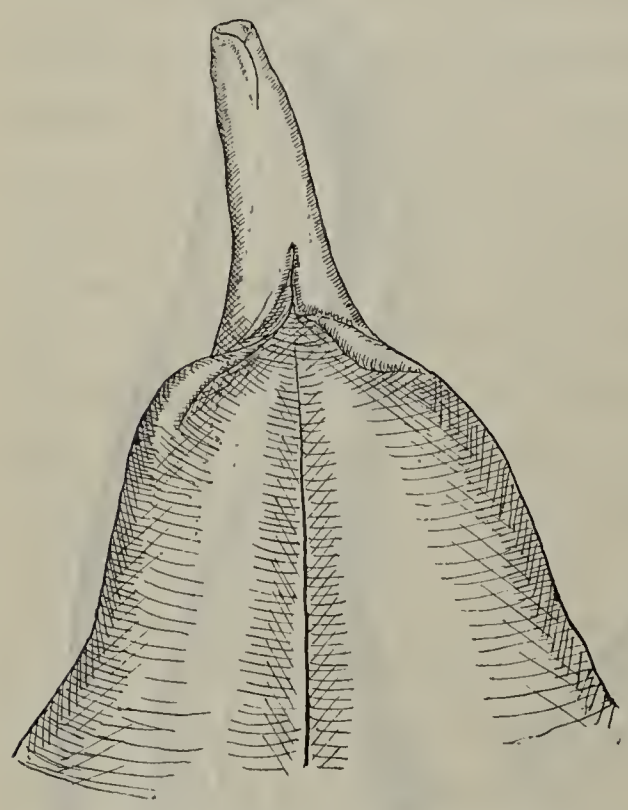


Fig. 15. Alocasia van Houttei. Die cylindrische Vorläuferspitze ist durch Zusammenrollen und Verwachsung der Ränder entstanden und bildet an ihrem oberen Ende eine sackartige Vertiefung, in welcher Wasserspalten liegen. 7 fach vergröfsert.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir bei Colocasia antiquorum, deren Vorläuferspitzen in anatomischer, physiologischer und organographischer Beziehung von Duchartre[1]) sehr eingehend behandelt wurden. Eine abweichende Entwicklung zeigt die Vorläuferspitze von Alocasia van Houttei. In ausgewachsenem Zustand stellt sie ein ca. 5 mm langes, cylindrisches Endchen dar, wie wir es ähnlich bei Colocasia antiquorum finden, das dem Blatte aufsitzt. Sie ist an ihrem oberen und unteren Ende aber nicht abgeschlossen, sondern zeigt eine Vertiefung und erweckt den Anschein als stelle sie ein Röhrchen dar. Auf einem Längsschnitt bemerkt man, dafs der Hohlraum der Röhre nicht durch die ganze Vorläuferspitze führt, sondern nur eine weit ins Gewebe herabführende sackartige Vertiefung darstellt. Entwicklungsgeschichtlich zeigt sich, dafs die Vorläuferspitze schon sehr bald angelegt wird und sich mit ihren Rändern nach oben zu einer Röhre zusammenrollt. Später ver-

1) Recherches sur la Colocase des Anciens. Annal. des scienc. nat. ser. IV Tom. XII.

wächst die untere Partie dieser Ränder zu einem gleichmäfsigen Gewebe, das auch den ganzen Innenraum erfüllt und sich später durch Zellstreckung vergröfsert. Die obere Partie dagegen legt sich ohne Verwachsung nebeneinander und stellt so die sackartige Vertiefung dar. In sie münden eine Anzahl von Wasserspalten mit fast kreisrunder Spalte, welche an jungen, in lebhaftem Wachstum befindlichen Blättern starke tropfenförmige Wasserausscheidung zeigen. Die Vorläuferspitze besteht aus sehr lockerem Gewebe mit grofsen Intercellularen, in welches die Gefäfsbündel des Blattes verlaufen. Diese vereinigen sich nicht zu einem gemeinsamen Bündel, sondern endigen rings im Kreise um die die Wasserspalten führende Röhre. In vielen Epidermiszellen findet sich Calciumoxalat in Form von Drusen abgelagert. An ausgewachsenen Blättern hängt die Vorläuferspitze nach abwärts und die Wassersekretion hört allmählich auf, sobald das Blatt sich entrollt hat und so selbst die Funktion der Transpiration zu übernehmen vermag.

Wir sehen also auch hier die Bedeutung der Vorläuferspitze in der Einleitung der Transpiration, Ablagerung von Sekreten und als Abschlufskörper. Das Blatt ist ebenso wie bei Colocasia in jungem Zustande eingerollt und von der Scheide des nächstälteren Blattes umgeben. Durch die frühe Verwachsung des basalen Teiles der Vorläuferspitze wird die Einrollung des Blattes fixiert, bis die ganze Lamina die Scheide verlassen hat, während der obere Teil solange für das gesamte Blatt die Transpiration in Form von Guttation übernimmt.

Bei Remusatia vivipara finden sich ähnliche Verhältnisse. Hier wird die Vorläuferspitze ebenfalls durch Verwachsen der heraufgebogenen Ränder der Blattspitze gebildet. Doch ist diese Verwachsung nur auf einen kleinen Teil beschränkt. Aufserdem greifen sie im oberen Teile der Vorläuferspitze nicht zu einer Röhre übereinander, sondern bilden eine nach aufsen offene Mulde. Die Guttation ist bei Remusatia eine noch bedeutendere als bei Alocasia und findet hauptsächlich an lebhaft wachsenden Blättern statt.

Noch etwas weiter geht die Differenzierung bei Anthurium. Am ausgewachsenen Blatt stellen die Vorläuferspitzen von Anthurium Andreanum eine von der Lamina nach unten herabhängende Träufelspitze von ca. 2 cm Länge dar, welchem ein 1—2 mm langes, konisches Endchen aufsitzt. Sie ist besonders an jüngeren Blättern durch ihren geringen Chlorophyllgehalt ausgezeichnet und mit einer dünnen Schleimschicht bedeckt. Dafs diese Träufelspitze als Vorläuferspitze anzusehen ist, ergibt die Entwicklungsgeschichte. Schon das erste vom Vegetations-

punkt abgegliederte und eingerollte Blatt, ähnlich wie bei Richardia u. a., besitzt eine im Verhältnis zu seiner Gröfse bedeutende Vorläuferspitze von 1—2 mm Länge. Sie stellt ein aus gleichmäfsigen länglichen Zellen gebildetes, cylindrisches Spitzchen dar, ohne Gefäfsbildung und ohne Spaltöffnung. Ihre Oberfläche ist mit emporgewölbten Schleimpapillen bedeckt, welche einen stark lichtbrechenden körnigen Inhalt enthalten. Diese Körnchen quellen, sprengen die Cuticula, treten als durch Rutheniumrot sich färbenden Pektoseschleim in Tropfenform heraus, um die ganze Knospe zu überziehen. In einigen Zellen findet Ablagerung von Calciumoxalat statt. Wir haben hier eine ähnliche Ausbildung der Vorläuferspitze wie wir sie bei Acorus Calamus gesehen haben und wie sie in gröfserer Form bei einigen später zu erwähnenden Marantaceen auftritt. Schon am zweiten oder dritten dem Vegetationspunkt folgenden Blatt vertrocknet diese Spitze und fällt später ab. An ihrer Basis entsteht jetzt durch Streckung des Gewebes eine zweite ebenfalls cylindrische, an ausgewachsenen Blättern bis 7 mm lange Vorläuferspitze, welche den eigentlichen Abschlufskörper des Blattes darstellt. In ihr endigen die Gefäfsbündel des Blattes. Ähnlich wie bei Caladium sind auch hier gewöhnlich keine Spaltöffnungen ausgebildet, das Gewebe ist ziemlich gleichartig um die Gefäfsbündel gruppiert und hat Gerbstoff und Calciumoxalat in Drusenform in seinen Zellen abgelagert. Bei Anthurium sind die jungen zusammengerollten Blätter nicht von den Scheiden der nächstälteren Blätter umgeben, sondern von je einem Niederblatt eingehüllt, welches in gleicher Weise die Ausbildung der beiden Vorläuferspitzen zeigt. Wenn das Blatt ins Freie getreten ist, verharrt es noch längere Zeit in wachstumfähigem, [eingerolltem Zustande, während sein Blattstiel eine bedeutende Streckung erfährt. Nur die Spitze des Blattes unterhalb dem konischen Vorläuferfortsatz, welche später die Träufelspitze vor-

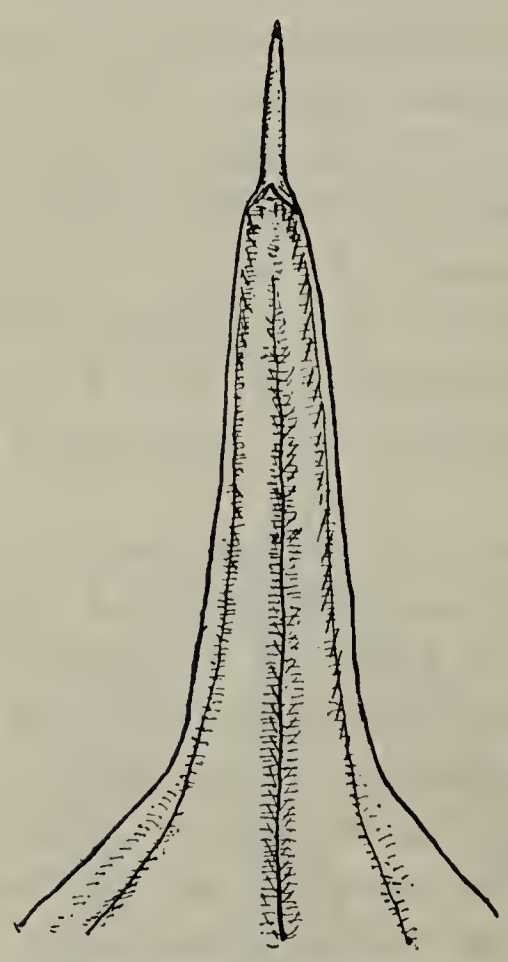
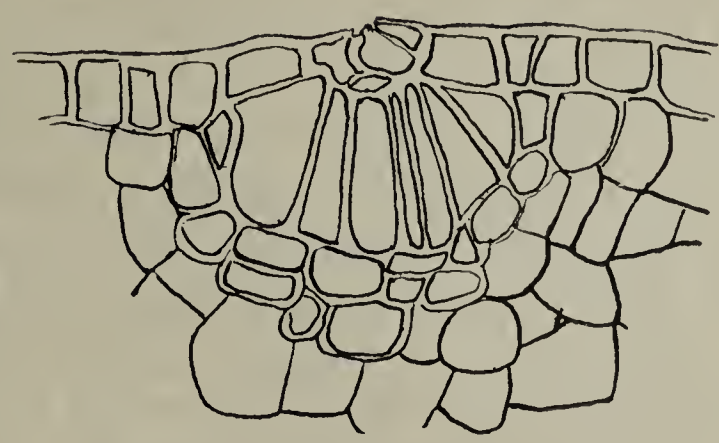
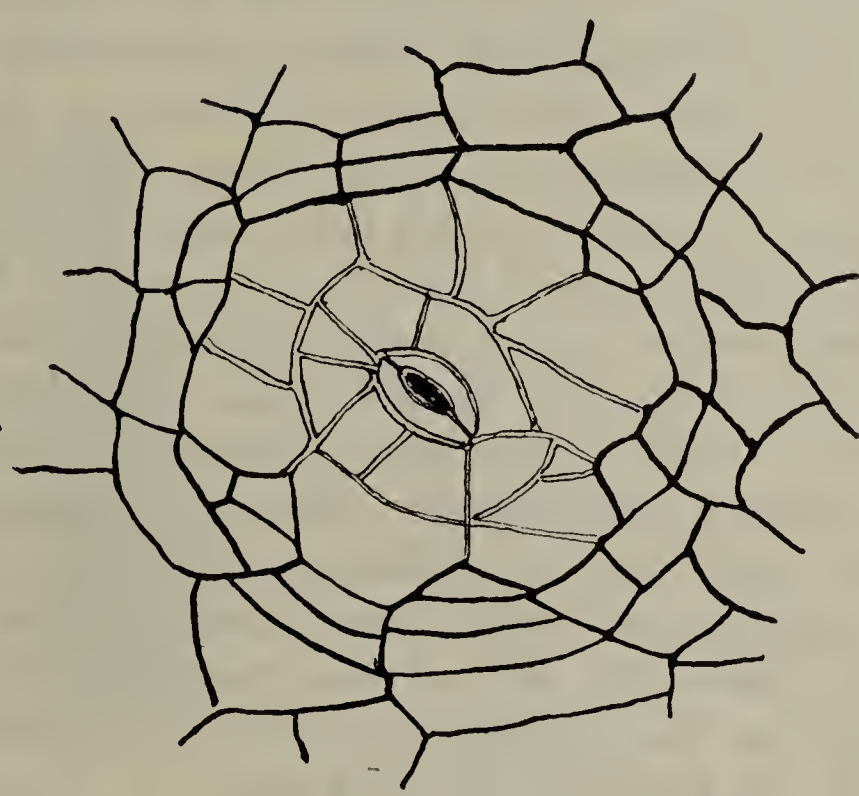


Fig. 16. Anthurium Andreanum. Vorläuferspitze. Die zuerst gebildete Partie ist bereits abgestorben und an der Spitze kaum noch zu sehen, die zweite bildet einen konischen Ansatz und dient als Abschlufskörper, die dritte ist als Träufelspitze ausgebildet und trägt auf ihrer Unterseite Wasserspalten. 2fach vergröfsert.

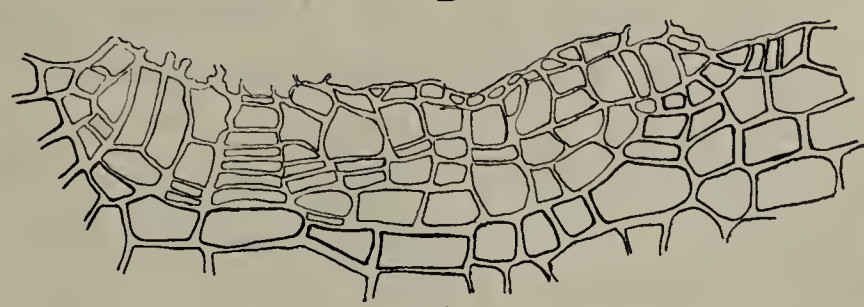
stellt, eilt jetzt in der Entwicklung dem übrigen Blatte voran, bildet auf seiner Unterseite Wasserspalten aus und beginnt sich löffelartig aufzurollen, wie wir es in kleinem Maſsstab bei Caladium gesehen haben. Auf seiner Oberseite scheidet sich durch Sprengung der Cuticula Pektoseschleim ab, welcher bald die ganze Träufelspitze und einen groſsen Teil der eingerollten Lamina überzieht. Legt man ein junges, eingerolltes Blatt in Alkohol, so ist die Träufelspitze durch frühgebildeten, herausdiffundierten Gerbstoff braun gefärbt, während die Lamina selbst farblos ist, was neben ihren früh ausgebildeten Wasserspalten und ihre frühe Aufrollung auf die Funktion der Träufelspitze hinweist. Später entrollt sich das Blatt infolge von Streckung seiner Zellen und tritt in Dauerzustand über. Aber auch die Gewebe der Träufelspitze erfahren noch weiteres Wachstum und Ausdehnung. Dadurch müſsten an den schon früh in Dauerzustand übergegangenen Wasserspalten Spannungen entstehen, da ihre Zellen dem Wachstum der übrigen nicht mehr zu folgen vermögen.



A



B



C

Fig. 17 (A), 18 (B), 19 (C). Anthurium Andreanum. Wasserspalte auf der Unterseite einer Vorläuferspitze, welche durch spätere Wachstumsvorgänge der umliegenden Gewebe desorganisiert und abgestoſsen wird. A = Querschnitt; B = von oben gesehen; C = weiter vorgeschrittenes Stadium der Abstoſsung der Wasserspalte und der ihr benachbarten Gewebe. A u. B 260fach, C 120fach vergr.

Dies zu verhindern, tritt rings um jede der Wasserspalten ein eigentümlich ausgebildetes Teilungsgewebe auf, welches nach Bedürfnis neue Zellen nach der Wasserspalte zu bildet. Es entstehen dadurch Gewebekörper, welche je nach dem Alter der Vorläuferspitze verschieden gebaut sind und besonders in jüngeren Stadien den Anschein von in das Blattgewebe eingesenkten Drüsengebilden darstellen. Zuerst strecken sich die Nachbarzellen der Atemhöhle in die Länge, die Spalte wird durch braune Massen verstopft und aufser Funktion gesetzt. Dann bilden sich etwas weiter innen im Gewebe in den die Wasserspalte umgebenden Zellen Querwände. Die dadurch neugebildeten Zellen strecken sich und schliefslich tritt eine Zerreifsung und Desorganisation der ganzen durch das Teilungsgewebe nach aufsen abgeschlossenen Gewebepartie samt der Wasserspalte ein. Die neuerstandenen Zellen bilden aufserdem in ihrem Innern braune, harzige, gerbstoffartige Massen, wodurch sie sich nach aufsen abschliefsen. Legt man Vorläuferspitzen älterer Blätter in Alkohol, so diffundieren diese harzige Stoffe heraus und können so schon mit freiem Auge als bräunliche Punkte beobachtet werden. Eine Korkbildung tritt nicht ein. Die durch das Teilungsgewebe gebildeten Zellwände lösen sich in konzentrierter Schwefelsäure. Diese eigentümliche Abstofsung der Spaltöffnungen durch ein Teilungsgewebe konnte ich aufser bei Anthurium Andreanum bei verschiedenen daraufhin untersuchten Anthurium-Arten und zwar stets nur auf der Unterseite der Träufelspitze antreffen. Auch an dem cylindrischen Teile der Vorläuferspitze tritt sie manchmal auf, besonders an der Basis.

Wir haben also bei Anthurium Andreanum drei nach ihrer Funktion in der Entwicklung aufeinanderfolgenden Partien an der Vorläuferspitze zu konstatieren. Der zuerst gebildete Teil dient als schleimausscheidendes Organ dem Knospenschutze. Der darauf gebildete zweite Teil schliefst das zusammengerollte Blatt nach oben hin ab, verhindert ein zu frühes Aufrollen der Lamina und dringt zuerst aus dem das junge Laubblatt umhüllenden Niederblatt hervor. Der zuletzt gebildete Teil der Vorläuferspitze dient einerseits der Einleitung der Transpiration, andererseits bildet er sich später zu einer Träufelspitze um und hat als solche die Ableitung des über die Lamina rinnenden Niederschlagswassers zu besorgen. Durch frühzeitige Ausscheidung von Schleim schützt sie ihr Gewebe vor dem ungünstigen Einflufs der Benetzung, bis eine erst später auftretende stärkere Cutinisierung diese Aufgabe zu übernehmen vermag.

Die eigentümliche, von der Mehrzahl der Monokotylen ab-

weichende sympodiale Blattbildung[1]) bei den Aroideen Helicodiceros, Helicophyllum, Dracunculus, Sauromatum zeigt auch in bezug auf die Bildung der Vorläuferspitzen etwas abweichende Verhältnisse. Die Vorläuferspitzen treten an allen Blattzipfeln auf, sind aber nur wenig differenziert. Schon in ganz jungem Zustand bilden sie sich durch Ausgestaltung von Wasserspalten, Übergang des Gewebes in Dauerzustand als solche aus. In ihnen münden die Gefäfsbündel der einzelnen Blattzipfel und verbreitern sich dort noch durch Anlagerung von Tracheiden. Beim Aufbrechen des das Blatt umhüllenden Niederblattes treten alle oberen als Vorläuferspitzen ausgebildeten Enden der eingefalteten Blattzipfel fast gleichzeitig an die Atmosphäre. Sie sind etwas nach unten gekrümmt und jedes der Endchen scheidet nun aus seinen Wasserspalten Wasser-

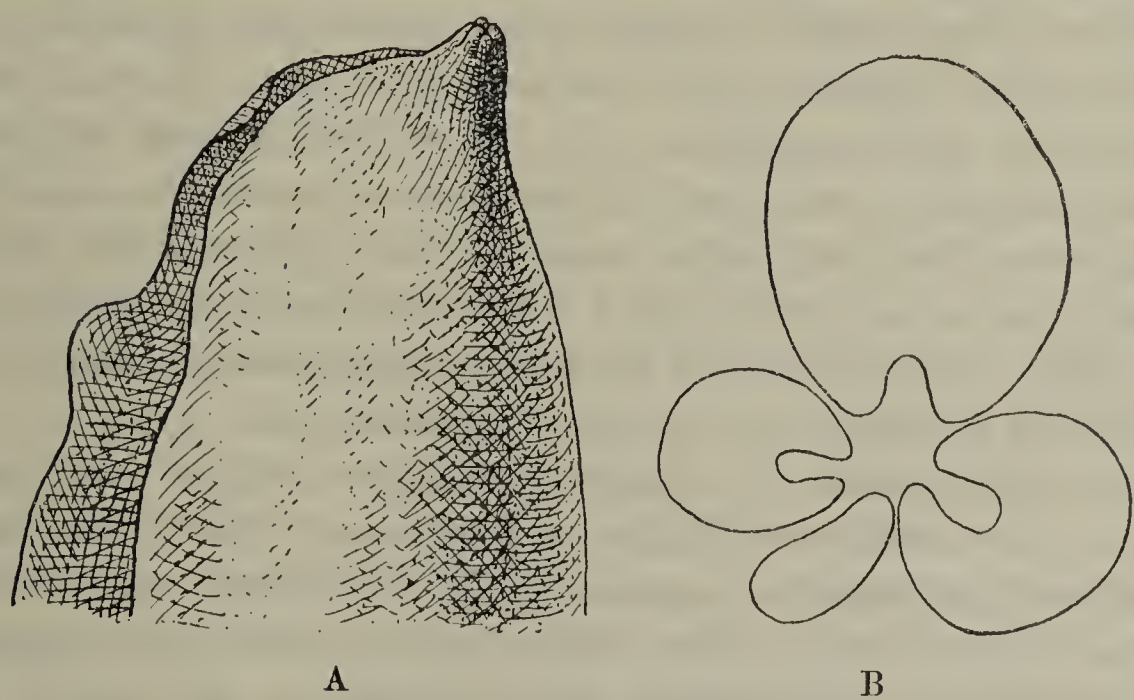


Fig. 20. Amorphophallus Rivieri. A = Spitze des Niederblattes. Die zugespitzte Partie ist von der verkümmerten Lamina gebildet. B = Querschnitt der letzteren. 2fach vergröfsert.

tröpfchen in reichlichem Mafse ab, was bereits Ramey[2]) beobachtet hatte. Sobald sich das ganze Blatt entfaltet hat, hört die Wasserausscheidung auf. Es kann also hier die Hauptfunktion in der Einleitung der Transpiration gesucht werden. Daneben vermögen die Vorläuferspitzen durch ihren kräftigen Bau ähnlich der Bohrspitzen beim Hervorbrechen der jungen Blatteile aus dem Niederblatt in mechanischer Weise mitzuwirken. Bei Sauromatum peltatum, Amorphophalus Rivieri u. a. zeigt die Vorläuferspitze ganz ähnliche Entwicklung. Untersucht man die scheidenförmigen Niederblätter, welche den jungen Blütenstand

1) Vgl. Goebel, Organographie der Pflanzen pag. 520.

2) Ramey, Sur la secretion aqueuse d'un Amorphophallus. Bull. de la Soc. Linnéenne de Paris 1874.

einschliefsen, so zeigt sich an ihrer Spitze eine Art Ringwall von knorpliger Beschaffenheit, der eine Anzahl sehr kleiner schuppenförmiger Blättchen umschliefst. Diese stellen die auf dem Stadium der Vorläuferspitze stehen gebliebenen reduzierten Blattzipfel dar und tragen an ihrem oberen Ende Spaltöffnungen, welche die Atmung und Transpiration für das rasch wachsende Niederblatt einzuleiten haben. Der Ringwall ist durch die Einrollung des Niederblattes an seinem oberen Ende entstanden und stellt eine Art Bohrspitze dar, welche beim Durchbrechen des Bodens die von ihm umschlossenen reduzierten Blattzipfel vor Verletzung schützt.

Bei Philodendron panduraeforme ist die Vorläuferspitze ein bis 5 mm langer cylindrischer Fortsatz des noch unaufgerollten Blattes, der häufig spiralgedreht, ähnlich einer Ranke und deutlich von der übrigen Lamina abgesetzt ist. Am ausgewachsenen Blatte ist sie vertrocknet und meist abgefallen. In ihrer Entwicklung eilt sie der Lamina bedeutend voraus und hat gewöhnlich bereits ihre volle Gröfse erreicht, wenn das Blatt selbst erst ca. 1 cm lang geworden ist. Ähnlich wie wir es bei ganz jungen Vorläuferspitzen von Richardia gesehen haben, ragt sie aus der Scheide des nächstälteren Blattes heraus und schliefst sie dicht nach aufsen pfropfartig ab.

Die Gefäfsbündel des Blattes vereinigen sich in der Vorläuferspitze zu einem centralen Bündel und endigen in ihrem oberen Teile. Der Gefäfsteil ist kräftiger ausgebildet als der Siebteil und besitzt eng verlaufende Spiralbänder. Das übrige Gewebe der Vorläuferspitze besteht aus ziemlich gleichmäfsig isodiametrischen oder etwas in die Länge gestreckten Zellen ohne besonders stark ausgebildete Intercellularräume. Diese Zellen besitzen viel Stärke und Schleim, jedoch kein Chlorophyll. Aufserdem treten gerbstofführende Zellen, sowie solche, in denen Calciumoxalat in Raphiden- und Drusenform abgelagert wird, schon in sehr frühem Stadium der Blattentwicklung auf. Viele der Epidermiszellen wölben sich zu Papillen auf, welche Schleim enthalten, der später zum Teil durch Platzen der Wand heraustritt, zum Teil zu braunen Massen umgewandelt wird, welche Gerbstoff enthalten. Am basalen Teile der Vorläuferspitze treten schon frühzeitig Wasserspalten auf, ehe die Spaltöffnungen des Blattes ausgebildet werden. Sie zeichnen sich durch ihre grofse Öffnungsweite und die Unbeweglichkeit ihrer Schliefszellen aus, besitzen eine ziemlich grofse Atemhöhle und sind durch Intercellularen deutlich mit den Gefäfsen in Verbindung. Dem oberen Teil der Vorläuferspitze fehlen Spaltöffnungen vollständig.

Die Bedeutung der Vorläuferspitze von Philodendron panduraeforme ist wie bei der grofsen Mehrzahl der übrigen Vorläuferspitzen der Monokotylen einerseits als Pfropfvorrichtung, andererseits als Organ für die Transpirationseinleitung, Atmung und als Ablagerungsort für Sekrete zu suchen. In ihrem Bau bildet sie eine Zwischenstufe zwischen der Vorläuferspitze von Diefenbachia und der der Musaceen.

Musaceen.

Die Vorläuferspitzen der Gattung Musa gehören durch ihre bedeutende Länge zu den auffallendsten der Monokotylen. Sie stellen z. B. bei Musa ornata einen gewöhnlich 5 cm, aber manchmal auch bis 10 cm langen, der noch zusammengerollten Blattspreite aufsitzenden, rankenartig gedrehten cylindrischen Fortsatz dar, der an seinem basalen Teile ca. 1 mm Durchmesser besitzt. Schon an der eben aus der Scheide des nächstälteren Blattes herausgetretenen Lamina ist sie braun und an der Spitze eingetrocknet und am ausgebreiteten Blatte gewöhnlich schon abgefallen. Raciborski beschreibt sie folgenderweise: „Zum Ranken (wie es H. v. Mohl angenommen hatte) sind diese Gebilde ganz unfähig; es fehlt ihnen an der Reizbarkeit und an mechanischen Elementen im Innern; ihre Funktion ist ebenso wie diejenige der ganz ähnlichen und ebenso weifsen Blattspitzen der Caesalpiniaceen mit der vollendeten Blätterentwicklung abgeschlossen, dagegen an den noch ganz jungen unentwickelten Blättern von Musa ohne offene Spaltöffnungen und Intercellularräume bis zur definitiven Gröfse entwickelt, ihre Spaltöffnungen sind offen, die Lufträume in dem Gewebe besonders grofs, die Anzahl der Sekretzellen in der Epidermis besonders stark entwickelt, in der Gestalt der grofslumigen, dünnwandigen Tracheiden, deren Wände zahlreiche, doch niedrige Spiralleisten besitzen. Dieses verholzte und doch dünnwandige Wassergewebe nimmt etwa $^1/_3$ der Querschnittsfläche der Blattspitze ein, während die Siebgruppen hier nur sehr klein sind. Ich konnte ebensowenig bei Musa wie bei Cynometra die Funktion der Blattspitzen sicher erkennen; aus dem anatomischen Bau könnte man vermuten, dafs dieselbe in dem Gasaustausch des jungen Blattes und vielleicht im Entfernen des überflüssigen Wassers besteht, was natürlich nur experimentell erforscht werden kann.“

Die Vorläuferspitze von Musa ornata ist schon an den jüngsten Blattanlagen, noch ehe Gefäfsbündel ausgegliedert sind, als zarter durchsichtiger Fortsatz zu erkennen, an dem bald Spaltöffnungen auftreten. Auf der Epidermis bilden sich Reihen von Wülsten, welche

Schleim und körnigen Inhalt enthalten und später platzen. Aufserdem wird in den Epidermiszellen an älteren Vorläuferspitzen viel Gerbstoff gebildet, so dafs sie bräunlichschwarz erscheinen. Auch der ausgeschiedene Schleim reagiert zum Teil später mit Eisenchlorid auf Braun- bis Schwarzfärbung.

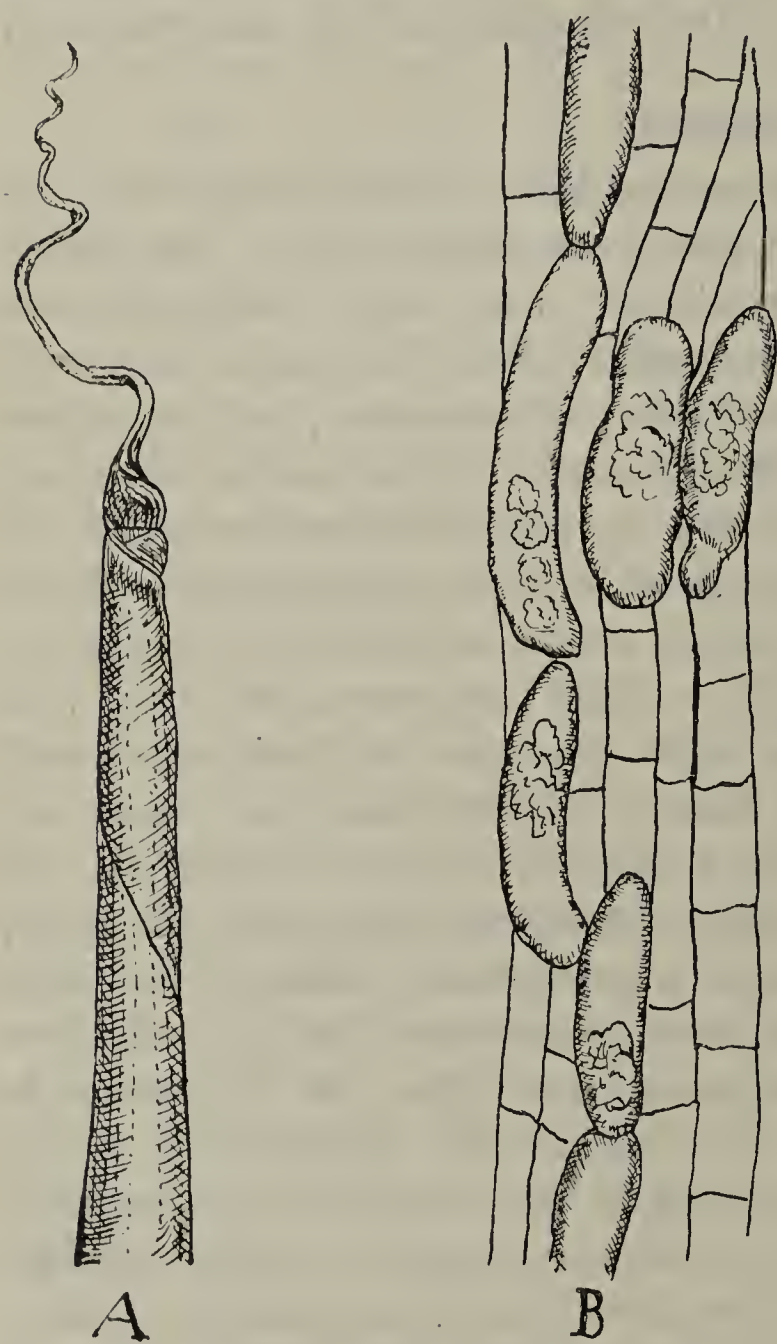


Fig. 21. Musa ornata.
A Rankenähnliche Vorläuferspitze, das zusammengerolle Blatt nach obenhin abschliefsend. Natürliche Gröfse.
B Partie aus einer jungen Vorläuferspitze mit Schleimpapillen. 260fach vergröfsert.

Die biologische Bedeutung der Vorläuferspitze von Musa schliefst sich eng an die der Mehrzahl der Vorläuferspitzen der Monokotylen. In erster Linie dient sie, wie bereits Goebel angeführt hat, als Abschlufskörper. Man kann hier deutlich sehen, wie das Blatt durch die Vorläuferspitze in der Einrollung solange fixiert wird, bis diese abstirbt, also das Blatt in das Stadium der Entfaltung getreten ist. Ihre Epidermiszellen verlaufen nicht in Längsreihen sondern in Spiralen, so dafs sie eigentlich die lang ausgezogene, zusammengedrehte Blattspitze darzustellen scheint. Doch wird sie in Wirklichkeit gleich von Anfang an cylindrisch angelegt und folgt durch ungleiches Wachstum ihrer Seiten dem Wachstum der zusammengerollten Lamina. Dadurch wird auch die eigentümliche spiralige Drehung der Vorläuferspitze erreicht, welche v. Mohl irrtümlich als Rankenbildung erklärt hatte. Beim Weiterwachsen ragt sie frei in die von der Scheide des nächstälteren Blattes gebildeten Röhre hinein und schiebt sich wie ein Bohrer nach oben. Zugleich schliefst sie beim Heraustreten aus der umhüllenden Scheide die nach innen liegenden jüngeren Blatt-

teile gleich einem lockeren Pfropf ab und verhindert das Eindringen von Regenwasser, Staub, Insekten etc. Man kann öfters bemerken, wie sie von Wassertropfen und Staubteilen umgeben ist, während die noch von der Scheide umhüllten Teile trocken und vollständig staubfrei erscheinen. Die zweite Funktion der Vorläuferspitze beruht, wie schon Raciborski aus dem anatomischen Bau schlofs, in der Einleitung der Transpiration und wohl auch der Atmung für das junge, noch spaltöffnungslose Blatt. Zieht man ein junges Blatt von unten her vorsichtig aus der Scheide des älteren, so bemerkt man, dafs die Vorläuferspitze ringsum feucht ist, während das Blatt selbst trocken erscheint. Eine junge Pflanze, welche von den umhüllenden Blattscheiden befreit war, schied in feuchter Atmosphäre deutlich Wasser in Tropfenform durch die Spaltöffnungen der Vorläuferspitze aus. Der ausgeschiedene Schleim verhindert durch Aufnahme des Wassers eine Benetzung der zarten meristematischen Blattteile. Ob und wie weit innerhalb der luftdicht nach aufsen abschliefsenden Scheiden Atmung stattfindet, konnte nicht experimentell nachgewiesen werden. Doch liegen auch hier wie bei Richardia nach innen zu Spaltöffnungen in der umhüllenden Scheide.

Bei Strelitzia Nikolai ist die Vorläuferspitze an dem ins Freie getretenen Blatte bereits vollständig eingetrocknet und abgefallen. An sehr jungen eingerollten Blättern stellt sie einen zarten fadenförmigen Fortsatz dar, der mehrere Centimeter lang zu werden vermag. Er besteht aus gleichmäfsig langgestreckten Zellen und zeigt wenig Gliederung. Seine Oberfläche ist mit Schleimpapillen bedeckt, Spaltöffnungen treten nur am basalen Teile auf. Die Gefäfse münden aus dem Blatt in die Vorläuferspitze. Doch hören hier bald ihre spiralen Verdickungen auf, so dafs sie am oberen Teile nur zarte Röhren darstellen, welche mit lichtbrechenden zu Schleim zerfliefsenden Körnchen erfüllt sind. Die Funktion dieser Vorläuferspitze ist ebenfalls in ihrer Bedeutung als Abschlufskörper und als wasser- und schleimausscheidendes Organ zu sehen.

Cannaceen.

Die Vorläuferspitze der Cannaceen ist ähnlich gebaut wie die der Musaceen. Bei Canna indica stellt sie einen bis 1 cm langen fadenartigen Fortsatz der zusammengerollten Lamina dar. Sie ist etwas gedreht und zum Unterschied der meisten anderen Vorläuferspitzen am oberen Ende etwas keulenförmig verbreitert. Schon am jüngsten Blatte ist sie deutlich abgegliedert und eilt dem Blatte in

der Entwicklung und im Wachstum bedeutend voraus. Es treten Gefäfsbündel auf, welche sich aus der Lamina in der Vorläuferspitze vereinigen und an ihren oberen Endigungen in dem keulenförmig verbreiterten Teile der Vorläuferspitze zahlreiche Tracheiden angelagert haben. Die Spaltöffnungen sind ziemlich klein und wenig an Zahl. Durch Verquellung der äufseren Epidermiswand und Sprengen der Cuticula wird Schleim ausgeschieden, der die Vorläuferspitze überzieht. Später bildet sich an den älteren Vorläuferspitzen in reichem Mafse Gerbstoff aus.

Schon so lange die Vorläuferspitze sich noch innerhalb der umhüllenden Scheiden befindet, wird durch die Spaltöffnungen tropfenförmiges Wasser in ziemlicher Menge ausgeschieden. Bereits Gärtner[1]) beobachtete diese Guttation bei Canna indica, Canna latifolia, Canna angustifolia und bemerkte, dafs sie am stärksten während des Wachstums der Blätter stattfinde. Sobald das Blatt sich zu entrollen beginnt, stirbt die Vorläuferspitze ab. Bezüglich ihrer Funktion schliefst sie sich so eng an die der Musaceen an, dafs ich nicht weiter darauf einzugehen brauche.

Fig. 22. Vorläuferspitze von Canna indica. 47fach vergröfsert.

Marantaceen.

Bei Maranta arundinacea stellt die Vorläuferspitze gewöhnlich einen bis 1 cm langen dünnen, cylindrischen Fortsatz des zusammengerollten Blattes dar, welcher dem entwickelten Blatte als braune vertrocknete Spitze anhängt. Schon am jüngsten Blatte ist sie mit Schleimpapillen bedeckt und ragt ähnlich, wie wir es bei Richardia gesehen haben, über die später sie umhüllenden Scheiden des nächstälteren Blattes in die Scheide des übernächsten Blattes hinein. Wenn das ganze Blatt ca. 1 cm lang geworden ist, beginnt sich die Vorläuferspitze etwas zu bräunen, die Schleimpapillen entleeren durch Platzen der Cuticula ihren Inhalt und zwar von oben nach unten fortschreitend und fallen zusammen. An einem ungefähr $^1/_2$ m langen Blatte besitzt nur noch das untere Drittel der Vorläuferspitze ungeplatzte Schleimpapillen. Legt man eine solche Vorläuferspitze in Eisenchlorid, so zeigt sich, dafs der obere Teil, welcher seinen Schleim bereits entleert hat, vollkommen schwarz wird, während die unteren Partien eine schwach bläuliche Färbung annehmen.

---

1) Flora XXV.

Es scheinen bestimmte Beziehungen zwischen der Schleimbildung und Gerbstoffausscheidung zu bestehen. Der Schleim legt sich dicht um die Vorläuferspitze und ist teilweise in Wasser nur wenig quellbar. Die Gefäfsbündel des Blattes vereinigen sich in der Vorläuferspitze und bilden an ihren Endigungen Tracheiden aus. Später treten am basalen Teile der Vorläuferspitze einige Spaltöffnungen auf, welche Wasser ausscheiden. Doch erst wenn die Vorläuferspitze ins Freie getreten ist und das Blatt sich zu entrollen beginnt, erreicht die Guttation ihren Höhepunkt. Die Aufrollung des Blattes beginnt am oberen Ende ähnlich wie wir es bei Anthurium gesehen haben. Neben der hier geringen Bedeutung als Abschlufskörper haben wir die Einleitung der Transpiration als Hauptfunktion der Vorläuferspitze zu betrachten.

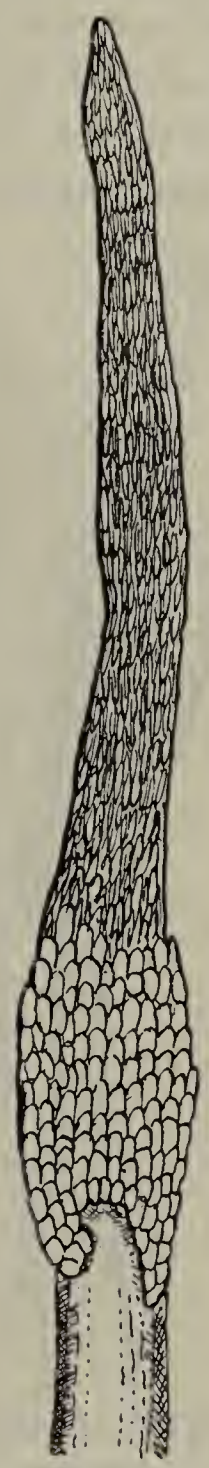


Fig. 23. Maranta arundinacea. Vorläuferspitze eines jungen Blattes mit Schleimpapillen. Am oberen Teil sind die Schleimpapillen geplatzt, am basalen besitzen sie noch Inhalt. 47f. vergr.

Bei Oenanthe setosa finden wir bezüglich des Baues und der Funktion die gleichen Verhältnisse wie bei Maranta. Nur ist hier die Wasserausscheidung innerhalb der umhüllenden Scheide eine viel stärkere, so dafs oftmals das ganze junge Blatt in einer Wasserhülle steckt, bevor es an die Atmosphäre getreten ist.

Zingiberaceen.

Die Vorläuferspitzen der Zingiberaceen sind durch die Ausbildung von Haaren charakterisiert, stehen aber sonst denen der Musaceen und Aroideen in ihrem Bau ziemlich nahe. Auch sie stellen die Verlängerung des zusammengerollten Blattes dar und haben die gleichen Aufgaben bei der Entwicklung des Blattes zu vollführen.

Bei Hedychium coronarium ist die Vorläuferspitze am ausgewachsenen Blatt ca. 3—4 cm lang, etwas gedreht und stark behaart. Sie ist als solche durch ihr frühes Auftreten am jüngsten Blatte charakterisiert, wächst rasch heran und bildet aus ihren Epidermiszellen eine grofse Anzahl von Haaren und Spaltöffnungen. Die jüngeren Blätter werden von

den Scheiden der nächstälteren umhüllt. Der Scheidenabschlufs wird durch eine zusammengedrehte Ligula gebildet, welche die junge Blattknospe nach aufsen hin sehr wirksam zu schützen vermag. Beim Heraustreten des jüngeren Blattes aus dem älteren rollt sich die Ligula etwas auf und bildet eine offene Röhre, durch welche sich die Vorläuferspitze ins Freie schiebt. Ihre Haare spreitzen dabei nach oben etwas auseinander und schliefsen die Scheidenröhre vor Eindringen von Wasser etc. nach aufsen hin ab. Zugleich treten die Spaltöffnungen in Tätigkeit und scheiden, solange das Hauptwachstum des Blattes stattfindet, Wasser in Tropfenform ab.

Fig. 24. Hedychium coronarium. Herausdringen der Vorläuferspitze aus der Ligula des nächstälteren Blattes. 2f. vergr.

Die Gefäfsbündel des Blattes vereinigen sich in der Vorläuferspitze und führen dort bis zur Spitze. Der Gefäfsteil ist kräftig entwickelt, der Siebteil jedoch nur wenig. Aufserdem lagern sich Tracheiden an die Gefäfsendigungen an. Sie werden von einem nur wenigreihigen Gewebe umgeben, das durch grofse Intercellularen ausgezeichnet ist. Die Spaltöffnungen sind zahlreich etwas über die Epidermis emporgehoben und besitzen wohlfunktionierende Schliefszellen. Ihre grofse Atemhöhle steht deutlich mit den Gefäfsen und Tracheiden in Verbindung. Die Haare sind einzellig und besetzen die ziemlich dicke Wandung. Irgend eine Sekretion konnte an ihnen nicht beobachtet werden.

Wir finden also auch hier die gleichen Funktionen von der Vorläuferspitze ausgeführt, wie wir sie bei der grofsen Mehrzahl der Monokotylen vorgefunden haben. Nur tritt hier an Stelle des Schleims die Haarbildung auf, welche in ganz ähnlicher Weise das Eindringen von Wasser, Tierchen etc. ins Innere der Blattscheiden zu verhindern vermag.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich bei Hedychium carneum und Curucuma longa. Auch bei diesen Pflanzen liefs sich Guttation in feuchter Atmosphäre deutlich beobachten. Bei Costus spectuosus ist die Vorläuferspitze weniger entwickelt. Hier rollt sich das Blatt, sobald es die umhüllenden Scheiden verlassen hat, ähnlich wie bei Anthurium und Maranta zuerst an der Spitze löffelförmig auf.

Die Vorläuferspitze besteht nur in einem wenige Millimeter langem, dichtbehaarten Spitzchen, das durch seine frühzeitige Entwicklung als solche charakterisiert ist. Ähnlich dem Blatte besitzt es unter der Epidermis ein Hypoderm, das aber weniger stark entwickelt ist, darunter ein Assimilationsgewebe. Die Gefäfsbündel reichen fast bis zum oberen Ende der Vorläuferspitze, wo eine oder einige Wasserspalten mit grofser Spalte liegen. Der Knospenschutz wird hier hauptsächlich von dem dichten Haarfilz der Vorläuferspitze und

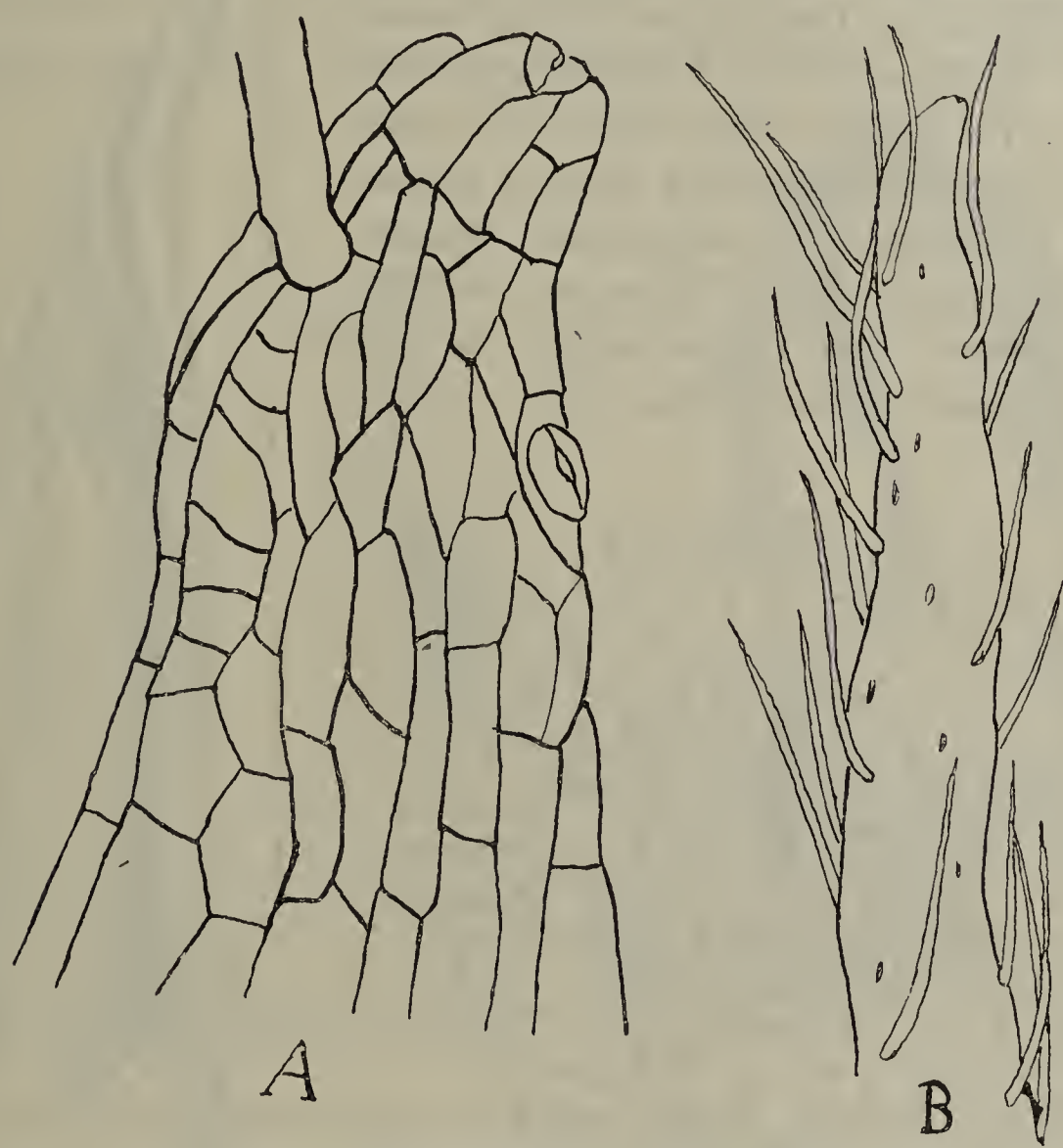


Fig. 25. Hedychium coronarium.
A Ende der Vorläuferspitze. 260fach vergröfsert.
B Ganze Vorläuferspitze. 47fach vergröfsert.

der daran anschliefsenden Blattpartien gebildet, die frühzeitig entwickelten Wasserspalten dienen der Einleitung der Transpiration.

Bei Thalia dealbata stellt die Vorläuferspitze das 2—5 mm lange nur wenig gegen das übrige Blatt zu abgesetzte Ende der zusammengerollten Lamina dar. Es ist nicht cylindrisch sondern etwas verbreitert, durch Heraufbiegen der Ränder rinnenförmig gestaltet. Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Vorläuferspitzen der Zingiberaceen fehlen ihr wie auch dem Blatte die Haare. Die Gefäfsbündel verlaufen aus

dem Blatte in die Vorläuferspitze und verbreitern sich dort durch Anlagerung von Tracheiden. Ehe am übrigen Blatt Spaltöffnungen entwickelt werden, treten an ihr eine grofse Anzahl von Wasserspalten mit oft kreisförmiger Spalte in allen Übergängen zu gewöhnlichen Spaltöffnungen auf. Die Wasserausscheidung beginnt schon innerhalb der Scheiden des nächstälteren Blattes und steigert sich nach dem Heraustreten an die Atmosphäre. Nach dem Aufrollen der Lamina hört sie gewöhnlich auf. Später stirbt die Vorläuferspitze ab. Durch das Verwachsen ihrer Ränder und eine fast korkzieherartige Drehung dient sie aufserdem zur Fixierung des eingerollten Blattes, wenn auch in geringerem Mafse wie bei der Musa, während ihre Hauptfunktion in der Wasserausscheidung zu suchen ist.

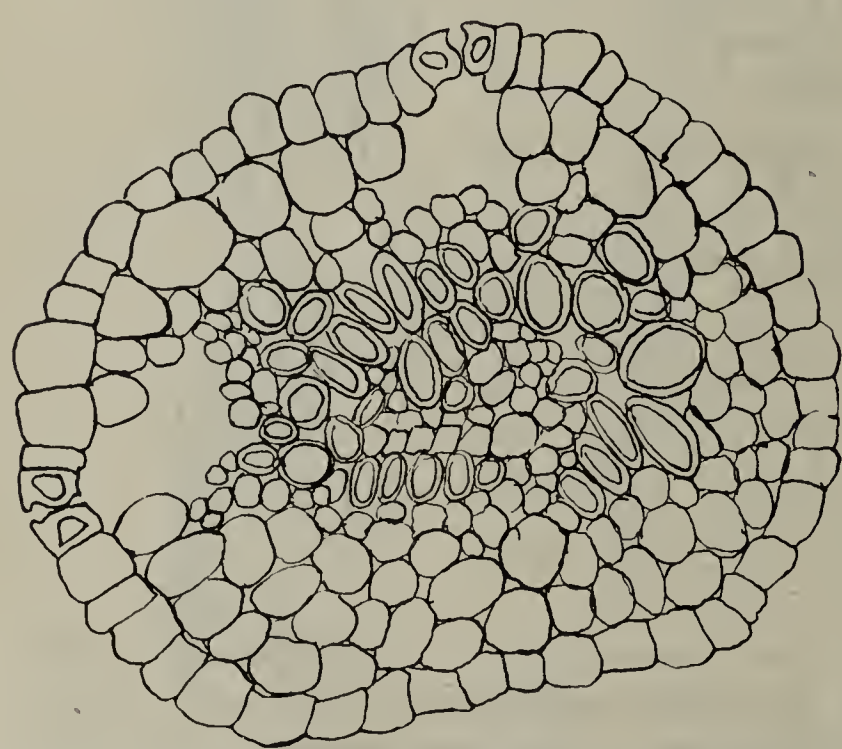


Fig. 26. Hedychium coronarium. Querschnitt durch eine Vorläuferspitze. Die Atemhöhle der Wasserspalten führt bis zu den Gefäfsen.

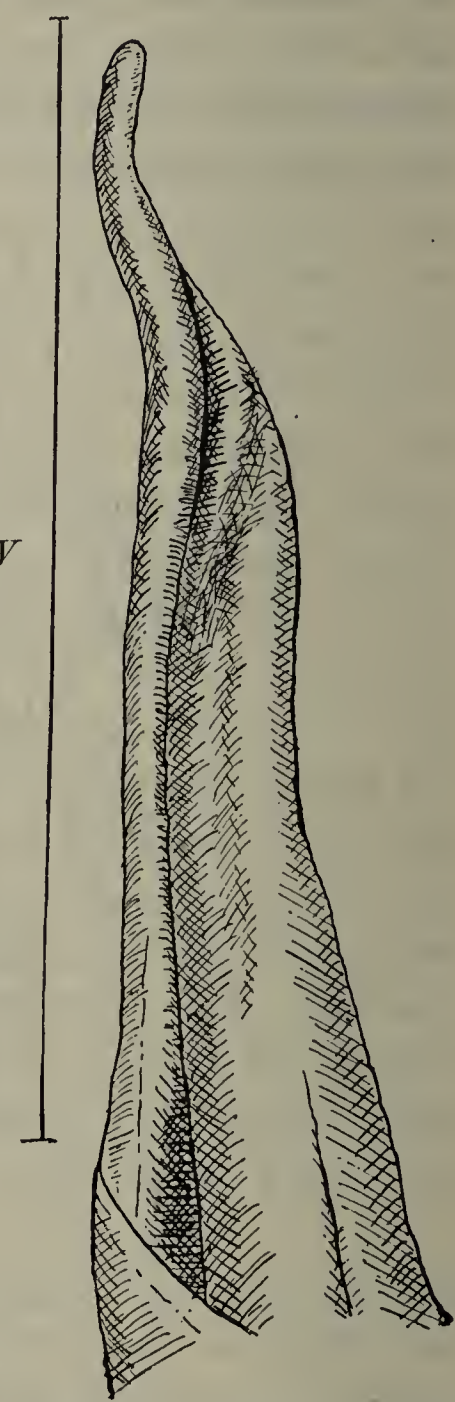


Fig. 27. Thalia dealbata. *V* Die Vorläuferspitze ist rinnenförmig und etwas gedreht. 47fach vergröfsert.

Orchidaceen.

Bei den Orchidaceen kommen Vorläuferspitzen nur selten vor. Deutlich ausgeprägt konnte ich sie bei dem mir zu Gebote stehenden Material nur bei der rasch wachsenden und ziemliche Höhe erreichenden Thunia Marshalliana und unter unseren einheimischen Pflanzen bei Listera ovata auffinden. Bei Thunia Marshalliana stellt sie ein wenige

Millimeter langes, farbloses Spitzchen dar, welches durch Verwachsung der Ränder der Blattspitze entstanden ist. Es endigen in ihr die Gefäfsbündel des Blattes unter Anlagerung von Tracheiden. Oberhalb der Gefäfsendigungen liegen Wasserspalten, welche etwas über die Epidermis emporgewölbt sind und mit den Gefäfsen durch grofse Intercellularen in Verbindung stehen. Die Sekretion beginnt schon ziemlich früh, wenn das Blatt noch keine funktionsfähigen Spaltöffnungen besitzt. Eine mechanische Bedeutung als Abschlufskörper konnte ich an ihr nicht wahrnehmen, so dafs sie hauptsächlich als wasserausscheidendes Organ zu betrachten wäre. Bei Listera ovata

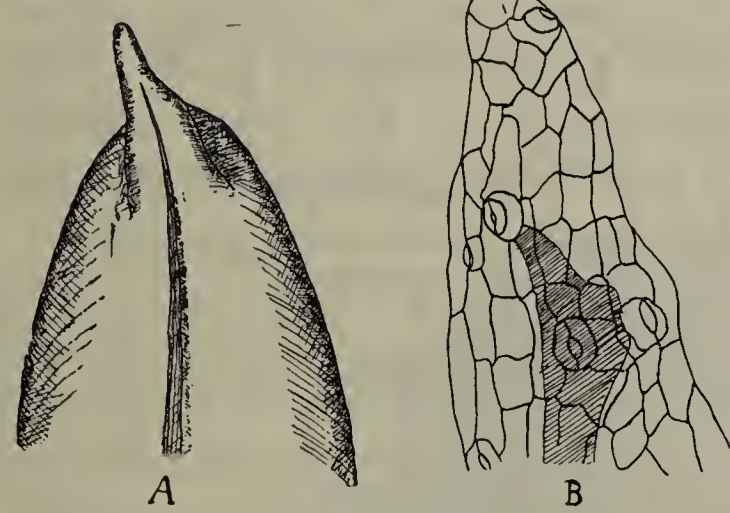


Fig. 28. Thunia Marshalliana.
A Vorläuferspitze der Rückenseite des Blattes aufsitzend. 47fach vergröfsert.
B Das Ende derselben mit Wasserspalten, zu welchen die Gefäfsendungen führen. 260fach vergröfsert.

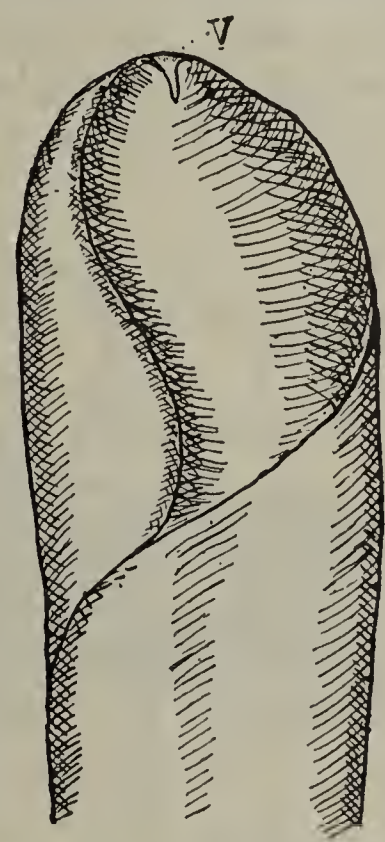


Fig. 29. Listera ovata. Sich entrollendes Blatt mit der nach einwärts gebogenen Vorläuferspitze. 5fach vergröfsert.

ist die Vorläuferspitze ein ca. 1 mm langes, dem eiförmigen Blatte aufgesetztes Spitzchen mit wenig oder gar keinem Chlorophyllgehalt. An jungen halbzusammengerollten Blättern ist sie rechtwinklig zur Lamina nach innen gebogen, an älteren Blättern ist sie meist braun, vertrocknet oder bereits abgefallen. In ihrem Innern vereinigen sich die Gefäfsbündel des Blattes zu einem gemeinsamen Strang und endigen im oberen Teile. Sie sind ringsum von einer grofsen Anzahl von Tracheiden begleitet, welche durch engliegende Spiralbänder ausgezeichnet sind. Einzelne von ihnen führen bis dicht unter die Epidermiszellen des oberen Endes, ähnlich wie es v. Minden[1]) bei der Blatt-

1) M. v. Minden, Beiträge zur anatom. u. physiol. Kenntnis Wasser perennierender Organe. Bibliotheca Botanica Heft 46, 1899.

spitze von Aponogeton distachys vor der Bildung der Apicalöffnung beschrieben und abgebildet hat. Doch kommt es bei Listera meistens nicht zur Entstehung einer solchen, sondern das Ende bleibt bis zum Absterben der Vorläuferspitze intakt. In einigen Fällen konnte ich jedoch auch ein Zerreifsen der Epidermiszellen beobachten, wodurch die Tracheidenendigungen direkt an die Oberfläche traten. Die seitlichen Tracheiden münden in der Nähe von Spaltöffnungen, welche zum Teil durch die grofse Öffnungsweite, durch geringe Beweglichkeit und Verschlufsfähigkeit als Wasserspalten dokumentiert werden. Auf dem Querschnitt zeigt sich, dafs sie eine grofse Atemhöhle besitzen, in welche direkt die Tracheiden endigen. Unterhalb der ziemlich dickwandigen Epidermis lagert gewöhnlich nur eine Zellreihe, worauf die Gefäfsbündel und ihre Tracheiden folgen.

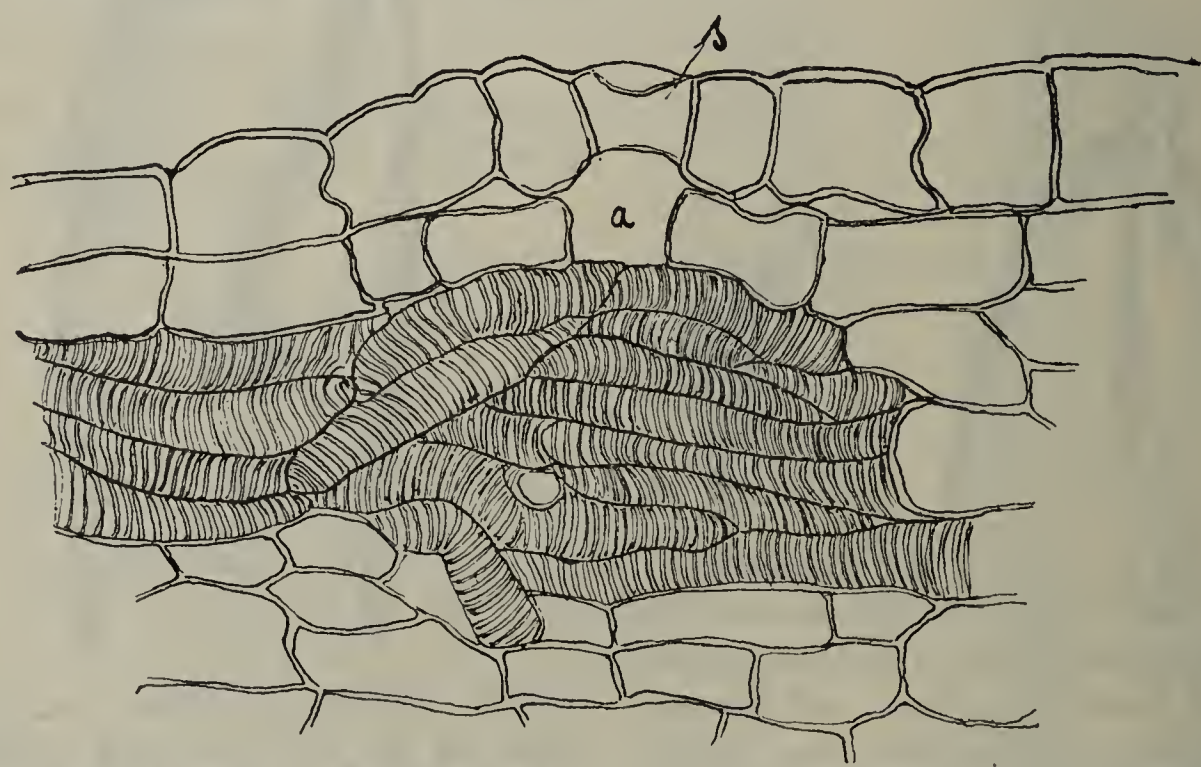


Fig. 30. Listera ovata. Längsschnitt durch die Vorläuferspitze. *s* Wasserspalte längsgetroffen; *a* Atemhöhle, welche sich direkt an die Gefäfse anlegt. 260fach vergr.

An ganz jungen Vorläuferspitzen treten mehrzellige einreihige Haare auf, gleich denen, die später auf der Lamina ausgebildet werden, die jedoch sehr bald absterben. Die Wasserspalten werden an älteren Blättern durch Einlagerung von braunen, harzigen Massen verstopft und aufser Tätigkeit gesetzt.

Die Funktion der Vorläuferspitzen von Listera ovata ist also auch in der Einleitung der Transpiration und Atmung sowie in der frühzeitigen Ablagerung von Sekretstoffen wie bei Thunia zu suchen. Guttation beobachtete ich weder an älteren noch auch jüngeren Vorläuferspitzen. Sie tritt wahrscheinlich ein, so lange die zusammengerollten Blätter noch von den Scheidenblättern umhüllt sind und unter der Erde sich befinden, so dafs sie sich der Beobachtung entzieht.

Bei den Bromeliaceen konnte ich nirgends eine charakteristische Vorläuferspitze auffinden. Doch findet eine frühzeitige Ausbildung der Blattspitze statt, indem sich dort Spaltöffnungen sowie die wasseraufnehmenden Haare entwickeln, während das übrige Blatt noch längere Zeit wachstumsfähig und ohne Spaltöffnungen verbleibt. Bei der rascher wachsenden Pitcairnia corallina tritt auch ein späteres Vertrocknen und Absterben der Blattspitze ein. Auch scheint frühzeitig Guttation innerhalb der Knospe stattzufinden, da die jungen Blattanlagen beim Herauspräparieren gewöhnlich vollständig nafs erscheinen.

Unter den Commelinaceen zeigt Dichorisandra thyrsiflora eine zu einem kleinen Höcker zusammengezogene Blattspitze, welche etwas in der Entwicklung dem übrigen Blatte vorausläuft, früh einige Wasserspalten ausbildet, welche schon, so lange das Blatt noch sich in der Knospe befindet, Wasser sezernieren. Später werden die Wasserspalten durch bräunlich-harzige Massen verstopft. Ähnliche Wassersekretion findet sich nach den Angaben von M. v. Minden[1]) bei Tradescantia-Arten.

Bei den Glumifloren übernimmt die früh entwickelte Blattspitze die Funktionen des Knospenschutzes und der Einleitung der Transpiration, ohne dafs es für gewöhnlich zur Ausbildung einer besonderen Vorläuferspitze käme. Eine Andeutung dazu finden wir bei Cyperus Papyrus. Hier ist das Blattende an jungen, noch zusammengefalteten Blättern als farblose Spitzchen ausgebildet mit wasserausscheidenden Spaltöffnungen, in welche die Gefäfse münden. Aufserdem treten hier bereits Gerbstoffschläuche in einem Stadium auf, in welchem sie der Lamina noch fehlen. Die den Blattrand begleitenden kurzen, zahnartigen Haare verlängern sich an der Vorläuferspitze des nächstjüngeren Blattes. Die Wasserausscheidung ist eine ziemlich beträchtliche, so dafs die Blattknospen oft vollständig nafs erscheinen. Auch sonst ist ja bekanntlich Guttation an den Blattspitzen der Gräser eine fast gewöhnliche Erscheinung. Beim Bambus[2]) soll sie so stark sein, dafs der Boden in der Umgebung durchnäfst werde. Hier ist auch an jungen Knospen das Blatt mit einem konischen vorläuferspitzenähnlichen Fortsatz versehen, der die Wasserspalten trägt und an den Gefäfsendigungen Tracheiden ausgebildet enthält.

Bei Zea Mays ist die Blattspitze an jungen Keimpflanzen als rotgefärbtes, wasserausscheidendes Organ ausgebildet, das an älteren Blättern fehlt.

---

1) pag. 70.

2) F. Cohn, Über Tabaschir. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1887.

An den Blättern der Palmen konnte ich keine Ausbildung von Vorläuferspitzen beobachten. An der Spitze der Blätter sitzt z. B. bei Rhapis humilis ein sich früh entwickelnder Kranz von Spaltöffnungen, von denen einige durch den Gerbstoffgehalt ihrer Nachbarzellen, grofse Öffnungsweite unterschieden sind und Wasserspalten nicht unähnlich sind. Sie haben als Einleitung der Transpiration des jungen Blattes zu dienen, Guttation konnte ich jedoch nicht bemerken.

Bei den Irideen sind typische Vorläuferspitzen wenig entwickelt oder fehlen ganz. Die Blattspitze eilt der Lamina in der Entwicklung voraus, bildet Spaltöffnungen aus, zu welchen Tracheiden führen. An älteren Blättern stirbt diese wassersezernierende Spitze vorzeitig ab, analog den typischen Vorläuferspitzen. Die sezernierende Tätigkeit der Blattspitzen verschiedener Helobier, sowie verschiedener dikotyler Sumpf- und Wasserpflanzen und zum Teil auch ihre frühzeitige Entwicklung ist bereits von mehreren Forschern beobachtet und eingehend behandelt worden. Borodin[1]) hat zuerst bei Callitriche-Arten und Hippuris auf die frühzeitige Ausbildung von Spaltöffnungen an den Blattspitzen und ihr baldiges Resorbiertwerden hingewiesen und für Ceratophyllum und Myriophyllum ganz typische Vorläuferspitzen, wenn auch nicht unter diesem Namen beschrieben. Raciborski[2]) hat auf eine ähnliche diesbezügliche Arbeit von C. Sauvageau[3]) hingewiesen und die Ansicht ausgesprochen, es möchte sich bei dem späteren Abwerfen der Blattspitzen von Zostera Phyllospadix Halodule und Potamogeton um Vorläuferspitzen handeln, ähnlich derer der Lianen. Askenasy[4]), Volkens[5]), Gardiner[6]), Strasburger[7]), Unger[8]), Wieler[9]), Max v. Minden[10]) machten weitere Untersuchungen über die Guttation von Wasserpflanzen,

---

1) Botanische Zeitung Jahrg. 28, 1870, pag. 842.

2) pag. 20.

3) C. Sauvageau, Sur les feuilles de quelques monocotyledones aquatiques (Annales des sciences naturelles VII, XIII, 1891).

4) Botanische Zeitung, Jahrg. 28, 1870, pag. 235.

5) Jahrbuch des Kgl. botan. Gartens, Berlin 1883.

6) Walter Gardiner, On the physiological significane of waterglands and nectaries; in Proceedings of the Cambridge phisophicae society, Vol. V, 1884.

7) E. Strasburger, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891.

8) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Sitzungsber. der mathemat.-naturwiss. Klasse der Akad. d. Wissensch. XLIV. Bd., II. Abt. 1861.

9) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen 1893, Bd. 6.

10) Bibliotheca botanica 1899.

namentlich der Monokotylen. Dafs es sich dabei um Vorläuferspitzen handelt, an welchen die Sekretion stattfindet, geht zum Teil aus den Beschreibungen dieser Forscher, zum Teil aus eigenen Untersuchungen deutlich hervor.

Als Beispiel für die Entwicklung der Vorläuferspitzen der Helobier kann Sagittaria Montevidensis gewählt werden und zwar die Landform, welche sich ganz ähnlich wie die Wasserform von Litorella lacustris verhält. Schon an ganz jungen, von der Scheide des nächstälteren Blattes umhüllten Blättern ist das obere kegelförmige Ende, in welches die Gefäfsbündel münden, durch den roten Zellsaft seiner Gewebe deutlich unterschieden. Es ist dies die als Vorläuferspitze den übrigen Teilen in der Entwicklung vorauseilende Blattpartie. An der Basis derselben treten schon sehr bald ringsum Wasserspalten auf, welche noch innerhalb der umhüllenden Blattscheide mit der Sekretion von Wasser beginnen. Später durchbricht die Vorläuferspitze die Scheide und vermag so wie ein Propf die nach unten noch umhüllten zarten Blattgewebe zu schützen. In die obere Kuppe der Vorläuferspitze ragen die Gefäfsendigungen hinein und sind von einer grofsen Anzahl von Tracheiden umgeben, die sich bis zu den Epidermiszellen erstrecken. Sobald das Blatt sich zu entfalten beginnt, tritt ein Absterben der Zellen, welche die Kuppe der Vorläuferspitze bedecken, ein und es entsteht eine grofse, schon mit freiem Auge deutlich bemerkbare Apicalöffnung, in welche die Tracheiden und Gefäfsendigungen frei hineinragen. Diese Apicalöffnung dient nun eine Zeitlang als Wasserausscheidungsorgan. Später wird sie von bräunlichen Massen erfüllt und die Vorläuferspitze stirbt von oben her allmählich ab.

v. Minden betrachtet die Ursache zur Bildung dieser Apicalöffnungen darin, dafs hier Sekretstoffe abgestofsen werden und sieht in den Massen, welche die Apicalöffnungen und Tracheiden an älteren Blättern erfüllen, Exkrete. Dafs die Vorläuferspitzen zur Ablagerung von Sekreten dienen, haben wir ja bei sehr vielen Vorläuferspitzen gesehen. Trotzdem glaube ich, dafs es sich hier weniger um unnütze Ausscheidungsprodukte handle, sondern um harzige, schleimige Massen, welche die Gefäfse nach unten hin vor dem Eindringen von Pilzen, Bakterien, Tierchen etc. verstopfen und abschliefsen. Dieses Verstopfen der Wasserspalten an älteren Vorläuferspitzen tritt ja ganz allgemein ein. Bestätigt wird diese Ansicht durch eine gröfsere Anzahl von Versuchen in die Apicalöffnung von Littorella und Sagittaria Karminemulsion unter Luftdruck einzupressen. In keinem Falle ver-

mochte ich Farbstoffpartikelchen in den Gefäfsen nachzuweisen. Sie lagerten sich alle um die harzigen Massen aufsen an. Andererseits lassen aber dieselben reines Wasser durchdiffundieren, was durch die Guttation bewiesen wird.

Dafs sich aufser den Wasserspalten noch eine Apicalöffnung bildet, welche an der Guttation teilnimmt, rührt wohl daher, dafs die Wasserspalten in der Periode des stärksten Wachsens der Blätter die Ausscheidung allein schwer zu besorgen vermögen. Das in die Gefäfsendigungen geprefste Wasser übt nun auf die bereits funktionslos gewordenen Vorläuferspitzen einen Druck aus und sucht sich einen Weg zwischen den abgestorbenen Zellen.

Bohrspitzen.

Bei einer Anzahl von Monokotylen treffen wir die Spitze der Blätter als Organe ausgebildet, welche die Aufgabe haben, beim Durchbrechen der jungen Pflanze durch den Erdboden als Bohrspitzen zu dienen. Goebel[1]) beschreibt sie folgenderweise: „Die Blätter von Hermodactylus tuberosus durchbrechen die Erde gerade, nicht gekrümmt; sie haben nämlich wie andere derartige Blätter eine Bohrspitze, welche zum Durchbruch durch die Erde besonders geeignet ist. Das ganze Blatt hat die Gestalt eines vierkantigen Dolches, dessen Bohrspitze durch ihre weifsliche Färbung sich abhebt.“ Diese Bohrspitzen treten hauptsächlich an vielen unserer einheimischen frühblütigen Pflanzen, wie Scilla bifolia, Gagea lutea, Muscari comosum, Arum maculatum, Crocus etc. auf. Sie sind immer durch ihre gelblichweifse Farbe, ihre frühe Entwicklung und stärkere mechanische Ausbildung charakterisiert und stellen meist das kuppenförmige, seltener zugespitzte wie bei Hermodactylus, oder kopfartig erweiterte Blattende wie bei einigen Crocus-Arten dar. Manchmal tragen sie an ihrer Spitze eine oder einige Spaltöffnungen, welche mit den Gefäfsendigungen in deutlicher Verbindung stehen und so der Einleitung der Transpiration ähnlich wie die Vorläuferspitzen gleichzeitig dienen. Macht man z. B. einen Längsschnitt durch das Blatt von Scilla bifolia, so zeigt sich, dafs die Epidermiszellen der Bohrspitze nicht nur nach aufsen zu, sondern auch nach innen hin stark verdickt sind und so gegen Druck besser geschützt sind als die Epidermiszellen des übrigen Blattes, bei denen die nach innen zu gelegene Verdickung gewöhnlich viel schwächer ausgebildet ist oder fehlt. Vor allem aber sind sie

1) Goebel, Die kleistogamen Blüten und die Anpassungstheorien. Biolog. Centralblatt XXIV. Bd. pag. 784.

kleiner, isodiametral, während die Epidermiszellen des Blattes sehr in die Länge gestreckt sind. Bei Gagea lutea ist das Blattende in eine kapuzenförmige Spitze ausgezogen, welche einerseits die junge Pflanze überdeckt und andererseits beim Durchbrechen des Erdbodens als Bohrspitze dient. Auch hier sind die Epidermiszellen im Gegensatz zu denen des Blattes mehr isodiametral und nach innen zu oft stärker verdickt. Das darunterliegende Gewebe besteht aus ziemlich gleich-

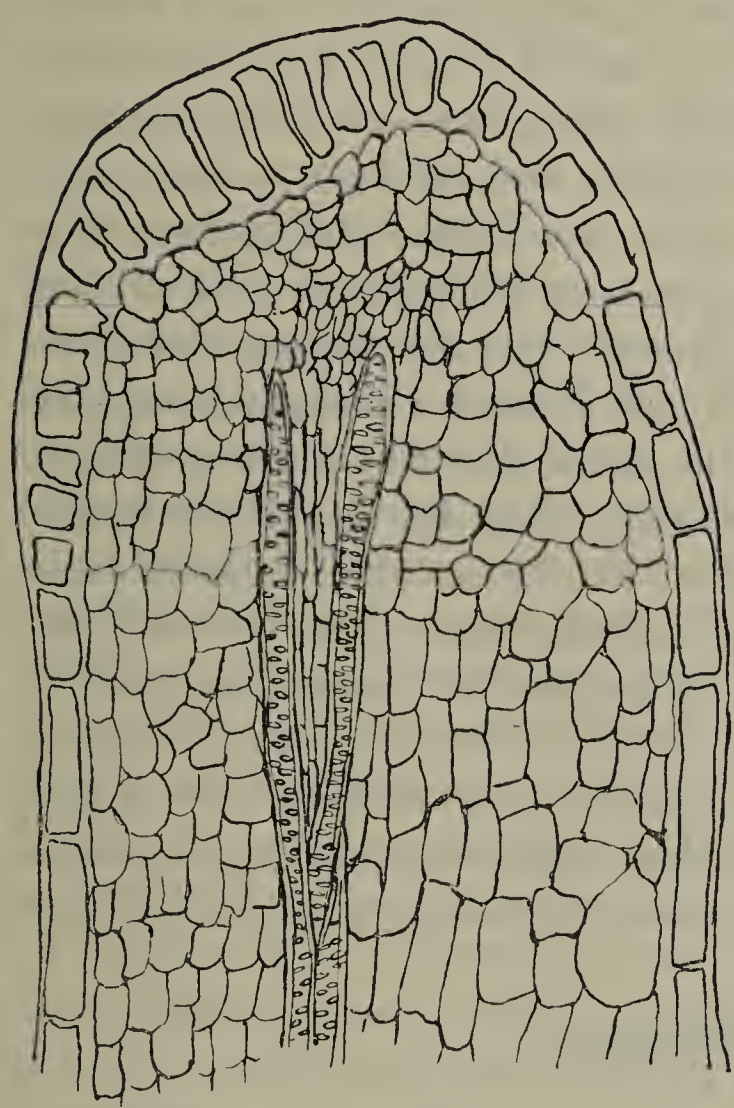


Fig. 31. Crocus biflorus. Längsschnitt durch die Bohrspitze. Ihre Epidermiszellen unterscheiden sich von denen des Blattes durch ihre Höhe und die stärkere Verdickung ihrer Wände. 130fach vergröfsert.

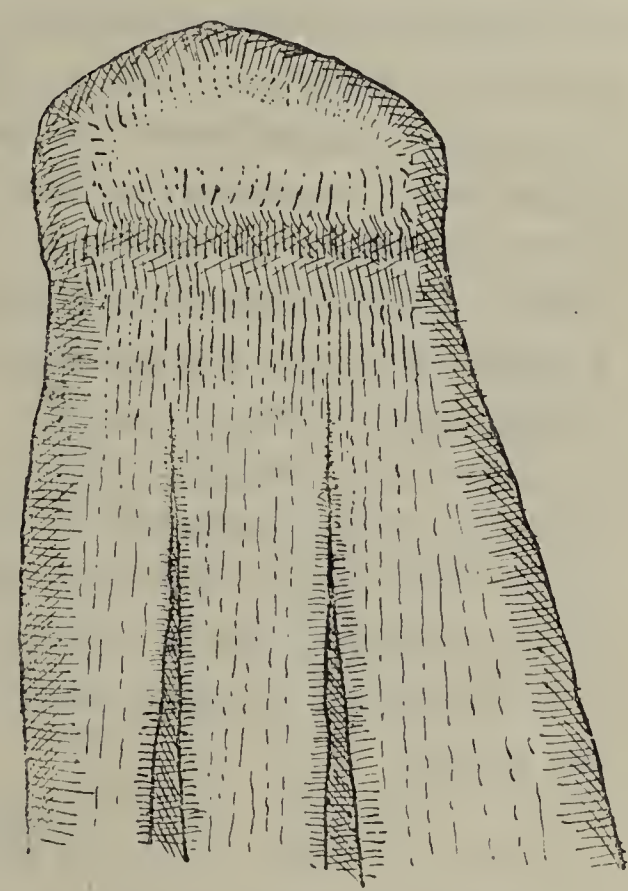


Fig. 32. Crocus biflorus. Blattende mit Bohrspitze von rückwärts gesehen. 47fach vergröfsert.

mäfsigen Zellen mit gering ausgebildeten Intercellularen, in welchem die Gefäfsbündel des Blattes sich vereinen. Über den Gefäfsendigungen liegen etwas längliche Zellen in strahlenförmiger Anordnung, die zu einem Kranz von Spaltöffnungen führen, welche die Kuppe umgeben. Von diesen sind einige durch den Gerbstoffgehalt ihrer Nachbarzellen, die gröfsere Öffnungsweite der Spalte unterschieden und wasserspaltenähnlich gebaut. Sie werden schon sehr bald angelegt und dienen dem jungen Blatte zur Einleitung der Transpiration.

Bei Crocus biflorus verbreitert sich die Bohrspitze nach beiden Seiten hin und ist durch besondere Ausbildung der Epidermiszellen charakterisiert. Während auch hier wie bei den meisten Monokotylen die Epidermis aus niedrigen, langgestreckten, schmalen Zellen besteht, sind die Epidermiszellen der Bohrspitze teils isodiametral, teils höher als lang und vermögen so den Druck der durchzubrechenden Scholle wie eine durch viele Pfeiler gestützte Kuppe leichter zu ertragen. Das unter ihnen gelegene Gewebe, in welchem die letzten Gefäfsendigungen des Blattes verlaufen, ist ziemlich dicht gebaut, mit etwas stärkeren Wänden als sie das übrige Blattgewebe besitzt. Bei den später sich entwickelnden Blättern, welche erst ins Freie treten, wenn der Erdboden schon durchbrochen ist, sind diese Bohrspitzen nicht mehr oder doch nur sehr wenig entwickelt und hätten auch keinen besonderen Nutzen mehr für die Pflanze. Für die Bildung der Bohrspitzen von Hermodactylus tuberosus hat Goebel nachgewiesen, dafs sie bei Kulturen an Blättern, welche unter Lichtabschlufs erwachsen waren, länger wurden als bei anderen, dafs sie also keine direkte Anpassung an das Durchbrechen durch den Boden sind, sondern durch Lichtmangel bedingt werden. Als Vorläuferspitzen können die Bohrspitzen ebenso wie die gleich zu besprechenden Blattdornen nur im weitesten Sinne betrachtet werden. Zwar treten sie ebenso wie jene schon frühzeitig in Funktion und sterben auch oftmals schon früher als das übrige Blatt ab, doch fehlt bei ihnen eine schärfere, zeitliche und räumliche Grenze zwischen ihrer Streckungsperiode und der des Blattes.

Dornenbildung.

Bei einer Anzahl von Monokotylenblättern ist die Blattspitze verdornt. Untersucht man die Entwicklung der Blätter von Agave chiapensis, so zeigt sich, dafs schon an ganz jungen, kaum 1 cm grofsen Blättern die Spitze gelbbraun erscheint. Diese Verdornung tritt von der Spitze her ein und rückt nach unten nach der Lamina zu vor. An zur Hälfte ausgewachsenen Blättern ist der Enddorn gewöhnlich bereits vollständig ausgebildet und glänzend schwarzbraun gefärbt. Er besteht fast ausschliefslich aus sehr stark verholzten Sklerenchymfasersträngen, welche die Gefäfsbündel ringsum umgeben. Auch die Epidermis zeigt gleich starke Verholzung. Die Sklerenchymfasern begleiten die Gefäfsbündel des Blattes auf ihrer Unterseite und münden in die Blattspitze, wo sie sich ringsum gleichmäfsig anlagern. Spaltöffnungen fehlen dem Blattdorn von Anfang an.

Diese Enddornen der Blätter von Agave können als extremer Fall der Vorläuferspitzenbildung angesehen werden. Sie treten sehr früh auf, sind schon durch ihre Färbung an ganz jungen Blättern deutlich charakterisiert und vollenden ihre Entwicklung vor der des Blattes. Während die Vorläuferspitzen der meisten anderen Monokotylen als Wasserausscheidungsapparate angesehen werden können, stellen die Dornen in mancher Beziehung ein Mittel gegen Wasserverlust dar. Die Blatt- und mit ihnen die Gefäfsbündelendigungen sind der Insolation am frühesten und stärksten ausgesetzt und bedürfen eines besonders starken Schutzes gegen Vertrocknung. Dieser wird ihnen durch die starke Verholzung, die Korkeinlagerung in die Zellen der äufseren Partie, die starke Verdickung der Epidermiszellen, den Mangel an Spaltöffnungen im gröfsten Mafse verliehen. Ob die Dornenbildung durch trockenes Klima hervorgerufen wird und in feuchter Atmosphäre unterbleibt, wie Lothelier[1]) und Wollny[2]) für Ulex nachzuweisen suchten, ist von Goebel[3]) auf Grund seiner Untersuchungen angezweifelt worden und bedarf noch der Nachprüfung. Doch nimmt Goebel an, dafs trockenes Klima und starke Besonnung die Dornenbildung begünstigt, ohne deswegen der einzige Faktor dafür zu sein. An jungen aus Samen gezogenen Pflänzchen von Agave zeigte sich, dafs weder das Keimblatt noch die darauffolgenden ersten Blätter Dornen ausbilden. An ihrer Stelle ist eine kleine chlorophyllfreie Zellkuppe ausgebildet, welche keine weitere Gliederung oder Ausbildung von Spaltöffnungen zeigt. Die Hauptbedeutung der Dornen ist mit Goebel und anderen in dem Schutz zu sehen, welchen sie der Pflanze gegen Tierfrafs verleihen. Während das ganze Blattgewebe noch zart und sehr fleischig-saftig erscheint, haben die Dornen bereits eine solche Härte und Widerstandskraft erlangt, dafs es für ein gröfseres Tier ganz unmöglich wird, das Blatt abzufressen. Aufserdem sind die Blätter gegen seitliches Benagen durch seitliche, den Blatträndern entlang laufende kleinere Dornen geschützt, welche ebenfalls schon an ganz jungen Blättern auftreten.

---

1) Influence de l'état hygrométrique et de l'éclairement sur les tyes et les feuilles des plants à piquants. Lille 1893.

2) Untersuchungen über den Einflufs der Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum der Pflanzen. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik Bd. XX 1898 Heft 4.

3) Organographie pag. 226 und a. a. O.

Zusammenfassung.

Die Funktionen, welche die als Vorläuferspitzen ausgebildeten Blattenden der Monokotylen auszuführen haben, sind vor allem die des Knospenschutzes, der Einleitung der Transpiration und Atmung, der Ablagerung von Exkreten. Bei der Mehrzahl der untersuchten Fälle sind sie diesen Funktionen gleichmäfsig angepafst, bei anderen wiederum treten infolge extremer Lebensverhältnisse die einen zugunsten der anderen in den Hintergrund oder verschwinden ganz. In einzelnen Fällen übernehmen sie später auch noch andere Funktionen. So bilden die Vorläuferspitzen von Dioscorea macroura durch Emporwölben der Ränder mit schleimausscheidenden Haaren erfüllte, nach aufsen abgeschlossene Binnenräume, welche mit den Gefäfsen in Verbindung stehen und stellen wasserspeichernde, die Transpiration regulierende Organe dar. Aufserdem dienen sie wie auch die Vorläuferspitzen anderer Dioscoreen als Träufelspitzen der Ableitung des Niederschlagswassers. Die Vorläuferspitzen von Gloriosa und Littonia wandeln sich später zu Blattranken um.

Je nach dem ganzen Aufbau der Pflanze sind auch die Vorläuferspitzen für den Knospenschutz verschieden gestaltet. Bei den Dioscoreen, wo Blattscheiden oder Nebenblätter fehlen, stellen sie nach innen eingebogene oder flache Hüllen, ähnlich den Knospenschuppen, jedoch von meist fleischiger Beschaffenheit dar, welche die ganze Knospe umgeben und durch Ausscheidung von Schleim diesen Schutz noch verstärken. Die oft bei verschiedenen Arten auftretenden blattohrenähnlichen Verbreiterungen der Blattbasis bilden sich erst ziemlich spät und sind für den Knospenschutz ohne Bedeutung. Bei Doryanthes, Sanseviera, Dracaena Draco, Ornithogalum caudatum werden die jüngeren Blatteile von der Lamina der älteren zwar umhüllt, aber nicht nach aufsen vollständig abgeschlossen. Hier funktionieren die Vorläuferspitzen als pfropfenähnliche Verschlufskörper von ziemlich massiger Entwicklung. Bei vielen Aroideen, Musaceen, Cannaceen, Marantaceen tritt neben ziemlich starker Ausbildung der Lamina, Einrollung des Blattes in der Knospenlage Blattscheidenbildung auf, welche den Schutz der jungen Blattanlagen zum gröfsten Teil übernimmt. Hier dient die Vorläuferspitze als Abschlufsmittel für die eingerollte Lamina und verhindert als solches ein zu frühes Aufrollen innerhalb der Scheiden des nächstälteren Blattes. Andererseits schliefst sie beim Heraustreten aus der Scheide diese nach unten hin so lange ab, bis die unteren Blattpartien soweit entwickelt sind, dafs sie ungeschädigt ins Freie zu treten vermögen. Sie stellt hier

gewöhnlich einen dünnen, langen, cylindrischen Fortsatz dar, der entweder durch Schleimausscheidung wie bei Diefenbachia, Cordyline, Maranta etc. oder durch Haarbildung wie bei Hedychium in seiner Bedeutung als Knospenschutzmittel verstärkt wird.

In den extremen Fällen wird die Blattspitze als Dorn oder Bohrspitze ausgebildet und dient so durch ihre starkentwickelten mechanischen Elemente dem jungen Blatte als Schutzmittel gegen Tierfraſs oder Verletzungen beim Hervorbrechen aus dem Boden. Neben der Bedeutung der Vorläuferspitze als Knospenschutzmittel kommt ihr vor allem die Funktion der Einleitung der Transpiration für das junge noch spaltöffnungslose Blatt zu. In der Mehrzahl der Fälle sehen wir diese beiden Funktionen miteinander vereinigt, indem auf der Vorläuferspitze zerstreut frühzeitig Wasserspalten oder gewöhnliche Spaltöffnungen in groſser Zahl auftreten. Bei den Dioscoreen, Smilax-Arten, Doryanthes kommt es für gewöhnlich nicht bis zur tropfenförmigen Wasserausscheidung, während dagegen z. B. bei Richardia africana, Calla palustris, Thalia dealbata, Maranta arundinacea etc. die Guttation eine beträchtliche wird. Manchmal sind beide Funktionen an derVorläuferspitze getrennt, so daſs der obere cylindrische Teil als Abschluſskörper dient, während am unteren flachen Teile sich die Wasserspalten befinden, z. B. bei Caladium esculentum, Anthurium-Arten. In noch anderen Fällen stellen die Vorläuferspitzen fast oder nur ausschlieſslich Wasserausscheidungsorgane dar, wie sie z. B. bei Sauromatum, Amorphophallus, Thunia Marshalliana und vor allem bei vielen Wasserpflanzen, wie Sagittaria-, Alisma-, Potamogeton-Arten vorkommen. Ganz ähnlich fand v. Minden[1]) die Spitzen der Keimblätter durch Ausbildung von Wasserspalten und reichliche Guttation als Wasserausscheidungsorgane umgewandelt.

Die Form und Ausgestaltung der Vorläuferspitzen hängt eng mit den äuſseren Verhältnissen zusammen, welche auf die betreffende Pflanze einwirken. So sind bei vielen Dioscoreen die Vorläuferspitzen von fleischiger Beschaffenheit und haben in ihren Zellen Schleim abgelagert. Dadurch sind die jungen Sprosse imstande beim Hervortreten aus dem Laubdach des Waldes oder der Gebüsche die Insolation ohne Schaden zu ertragen. Bei Dracaena Draco, welche trockenen Standorten angepaſst ist, ist die Vorläuferspitze als derbe Spitze ausgebildet, bei der ihr verwandten, feuchte Standorte liebenden Cordyline terminalis stellt sie ein zartes, wasserausscheidendes Organ dar. Ebenso sehen wir sie bei einer groſsen Anzahl anderer Pflanzen, welche Sümpfe

1) pag. 30.

oder feuchte, tropische Urwälder bewohnen, ganz ähnlich wie bei Cordyline gebaut und hauptsächlich der Guttation angepafst. Bei Doryanthes Palmeri sezernieren die Vorläuferspitzen ganz junger Pflanzen lebhaft Wasser, während die später gebildeter Blätter keinen oder nur einen geringen Transpirationsunterschied zeigen, was jedenfalls mit den verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen der einzelnen Jahreszeiten zusammenhängt.

Es frägt sich nun, welche Bedeutung diese Sekretion für die Entwicklung des Blattes besitzt. Duchartre[1]) kommt auf Grund seiner Untersuchungen über die Wasserausscheidung an den Vorläuferspitzen von Colocasia zu der Ansicht, die Transpiration und Exkretion stehen im umgekehrten Verhältnis zueinander und seien nur der verschiedene Ausdruck des gleichen physiologischen Vorgangs, durch den die Pflanzen vom überschüssigen Wasser befreit werden. Auch Unger[2]), Stahl[3]) und Goebel[4]) sehen den Nutzen der wassersezernierenden Organe in dem durch sie erzeugten Wasserstrom, der den Transpirationsstrom zu ersetzen vermag, während Haberlandt[5]) in den Hydathoden hauptsächlich einen Schutz vor Infiltration der Intercellularräume durch Wasser sieht. Lepeschkin[6]) dagegen kommt auf Grund seiner Untersuchungen zur Ansicht, dafs „die Hydathoden nur als Organe zu betrachten sind, deren Vorhandensein zurzeit weniger durch ihre Notwendigkeit selbst als vielmehr durch die Erblichkeit bedingt wird“ und „dafs der direkte Nutzen, den diese Organe der Pflanze dadurch bringen könnten, dafs sie in gewissen Fällen einen der Versorgung der Pflanze mit Nährsalzen befördernden Wasserstrom verursachen, Wasseraufnahme ermöglichen usw. nicht von Bedeutung ist“.

Nun zeigt aber schon die Tatsache, dafs die Wasserspalten aus gewöhnlichen Spaltöffnungen hervorgehen und durch diese vertreten werden können, allein, dafs hier von ererbten Organen gar keine Rede sein kann. Aufserdem tritt die Guttation bei den Pflanzen der ver-

---

1) pag. 257.

2) Unger, Beiträge zur Physiologie der Pflanzen. Sitz.-Ber. d. Kais. Ak. d. Wissensch. 1858.

3) Stahl, Über Pflanzenschlaf und verwandte Erscheinungen. Bot. Zeit. 1897 I. Abt.

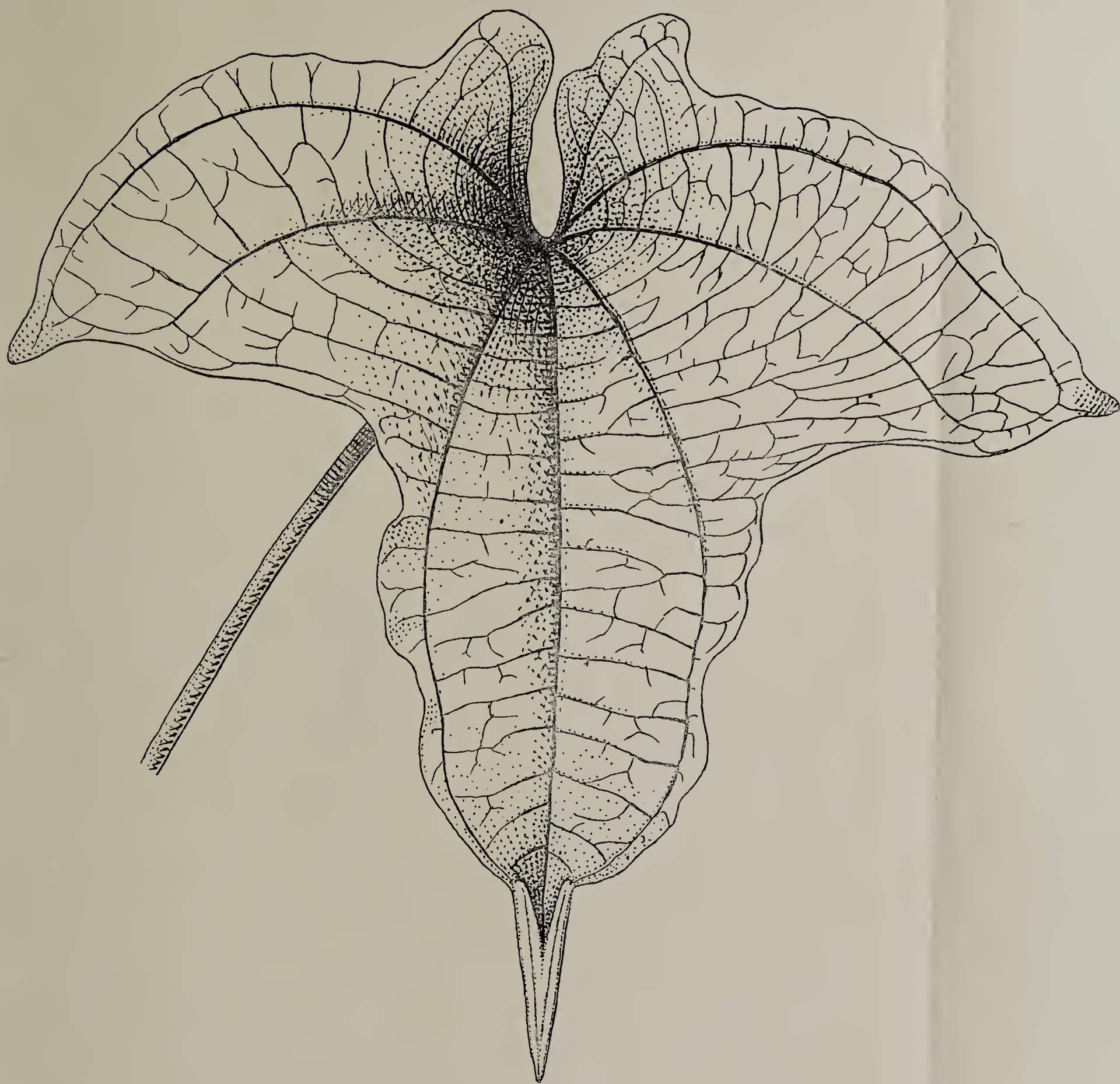
4) Goebel, Über die biologische Bedeutung der Blatthöhlen bei Tozzia und Lathraea. Flora 1897 Bd. 83.

5) Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie, 1896, pag. 424.

6) W. Lepeschkin, Die Bedeutung der wasserabsondernden Organe für die Pflanzen. Flora 1902 pag. 60.

schiedensten Familien und Standorte sogar bei einer grofsen Anzahl untergetauchter Wasserpflanzen auf. Die bis jetzt bekannte stattliche Anzahl von Fällen, bei welchen Guttation vorkommt, könnte beliebig vergröfsert werden, was fast alle sich mit dieser Frage beschäftigten Forscher betonten und auch von meinen eigenen Untersuchungen bestätigt wird. Wahrscheinlich besitzen die meisten höheren Pflanzen in der Periode ihres stärksten Wachstums eine verstärkte Transpiration, wobei die Guttation nur den extremsten Fall darstellt. Die Versuche Lepeschkins beweisen meiner Ansicht nach zwar, dafs der Schaden durch Infiltration der Blattintercellularen nicht von besonderer Bedeutung sei. Da es ihm, und ebenso auch mir, nicht gelang, durch Klebmittel, wie Wachs, Fett etc., die Sekretion zu verhindern, schnitt er die wasserausscheidenden Organe am Blatt heraus, liefs die Schnittwunden vernarben und fand hierauf, dafs das Fehlen derselben für das Blatt ohne besonderen Schaden sei. Nun ist aber die Sekretionstätigkeit des Blattes im jugendlichen Stadium am stärksten und hört gewöhnlich am ausgewachsenen Blatte ganz auf oder tritt doch sehr zurück, was die Untersuchungen von Duchartre, Molisch, Volkens, v. Minden etc. und meine eigenen beweisen. Durch das Herausschneiden wurde aber die sezernierende Oberfläche nur vergröfsert, das Wasser trat statt aus den Wasserspalten aus den freigelegten Wunden hervor, was man deutlich beobachten kann. Wenn nach 8—10 Tagen die Wunden vernarbt waren, so war wohl in den allermeisten Fällen die Zeit der stärksten Guttation vorbei und das Blatt durch Ausbildung der gewöhnlichen Spaltöffnungen imstande die Transpiration zu übernehmen. Die Guttation ist ja doch nur ein Hilfsmittel für das Blatt, die Transpiration in gleicher oder fast gleicher Stärke, wie es später von der Lamina besorgt wird, an einer verhältnismäfsig sehr kleinen Stelle imstande zu erhalten. Ist dies nicht mehr nötig, so werden die Wasserspalten verstopft oder die ganze Vorläuferspitze wird abgeworfen.

Die Ablagerung von Exkreten in den Vorläuferspitzen beginnt bereits sehr früh und ist in vielen Fällen eine im Verhältnis zum übrigen Blatte beträchtliche. Vor allem wird Gerbstoff und Calciumoxalat in Raphiden- und Drusenform abgeschieden. Diese Ablagerung von Sekreten steht in enger Beziehung zur Blattentwicklung überhaupt und ermöglicht dem jungen Blatte eine lebhafte Stoffwanderung und Ausstofsung der überflüssigen Produkte durch die früh absterbende Vorläuferspitze.



Blatt und Vorläuferspitze von Dioscorea macroura. 2fach vergröfsert. An der Vorläuferspitze lassen sich die durch Einrollen der Ränder entstandenen Rinnen erkennen. Der mittlere Teil ist durch spätere Wachstumsvorgänge der Gewebe entstanden.