

Die Griffelhaare der Campanulablüte.

Von L. Jost.

(Mit 12 Abbildungen im Text.)

Schon Chr. Konrad Sprengel¹⁾ wußte, daß die Campanulablüte zwei auffallend verschiedene Stadien durchmacht: im ersten, bereits in der Knospe beginnenden, männlichen Stadium wird der Blütenstaub aus den Antheren in die Fegehaare abgeladen, die sich am oberen Ende des Griffels befinden; im zweiten, weiblichen öffnen sich erst die Narben, und erfolgt deren Bestäubung mit dem Pollen einer jüngeren Blüte. Daß aber im weiblichen Stadium die Griffelhaare, die bislang den Blütenstaub aufgesammelt hatten, verschwinden, das haben erst spätere Autoren festgestellt, am genauesten wohl Brongniart²⁾. Er zeigte, daß diese Haare nicht etwa wie Alph. de Candolle angenommen hatte, abfallen, sondern daß sie in einer Weise, die sonst beispielsweise im Gewächsreich dasteht, sich in sich selbst zurückziehen. Daß dieser Vorgang das Interesse der Botaniker fesselte, ersieht man daraus, daß Schleiden³⁾ in seinen „Grundzügen“ ein solches Griffelhaar einer Campanula abbildet und den Prozeß seiner Einstülpung mit folgenden Worten schildert: „Sehr eigentümlich sind die Haare, deren Inhalt zu einer bestimmten Zeit verschwindet, ohne wie es scheint durch Luft ersetzt zu werden, so daß das Haar dadurch zum Teil in seine eigene Höhle hineingezogen wird. Diese merkwürdige Erscheinung findet sich besonders an den Haaren des Stylus der Campanulaceen, kommt aber auch gar nicht selten bei den kugeligen Endzellen kopfförmiger Haare vor.“ Auch in Weiß⁴⁾ „Anatomie der Pflanzen“ und schon früher in seinen „Pflanzenhaaren“ sind diese Griffelhaare im wesentlichen im Anschluß an Brongniart behandelt, in der Anatomie auch in Fig. 221 in nicht ganz korrekter Weise abgebildet.

1) Sprengel, Chr. Konrad, Das entdeckte Geheimnis der Natur. Berlin 1793.

2) Brongniart, Annales d. sc. nat. Bot. 1839, Ser. II, 12, 244.

3) Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, 4. Aufl. Leipzig 1861, pag. 203 und Fig. 96.

4) Weiß, G. A., Anatomie der Pflanzen. Wien 1878, pag. 357.

Ders., Die Pflanzenhaare in Karstens botan. Untersuchungen 1867, Bd. I.

Trotz der eingehenden Bearbeitung, die in den letzten 50 Jahren die Ökologie der Blüte gefunden hat, haben sich die Angaben über die Griffelhaare der Campanulaceen nicht vertieft. Bei Hermann Müller¹⁾ findet sich nur die kurze Bemerkung: „sie werden allmählich in sich zurückgezogen“; bei Kirchner²⁾, der sich am gründlichsten mit der Ökologie der Blüte zahlreicher Campanula-Arten beschäftigt hat, stehen nur die wenigen Worte (pag. 200): „jedes Sammelhaar zieht sich in seine zwiebförmige Basis zurück. Die Einziehung schreitet basipetal fort“. Knuth³⁾ endlich, dessen Zusammenfassung der Blütenökologie bekanntlich sehr wenig zuverlässig ist, sagt über das Verschwinden der Bürstenhaare kein Wort.

So schien es mir nicht ohne Interesse, Bau, Entwicklung und Einstülpung dieser Haare nochmals eingehend zu untersuchen. Über ihre ökologische Bedeutung bestehen keine Zweifel.

Bei der großen Mehrzahl der Campanula-Arten sowie einigen verwandten Gattungen (wie Platycodon, Symphyandra) treffen wir im wesentlichen immer wieder die gleiche Form des Griffelhaares an. Zur näheren Untersuchung wählte ich *Symphyandra pendula*, *Campanula medium*, *rapunculoides*, *fragilis* und vor allem *alliariaefolia*.

Die Haare bestehen, wie schon Brongniart beschrieben hat, aus dem eigentlichen Haarkörper, der über die Griffeloberfläche vorragt, und aus dem Haarfuß, der in ein kleinzelliges Gewebe eingesenkt ist. Der Haarkörper ist z. B. bei *Camp. rapunculoides* ein langer, sich ganz allmählich zuspitzender Kegel, der aber derart gekrümmt ist, daß seine Konkavseite nach der Griffelspitze zugewendet ist; während er am Ansatz fast rechtwinklig auf der Oberfläche steht, ist sein Ende fast parallel zu ihr (Fig. 1). In anderen Fällen, z. B. bei *C. alliariaefolia*, ist die äußerste Spitze besonders stark ge-



Fig. 1. Längsschnitt durch den Griffel von *Camp. rapunculoides*. Vergr. 40. *G* Gefäßbündel, *HK* Haarkörper, *Hf* Haarfuß.

1) Müller, H., Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. Leipzig 1873, pag. 374. Ähnliche Angaben auch in „Alpenblumen“. Leipzig 1881, pag. 402.

2) Kirchner, Jahreshefte des Vereins für Naturk. Württbg. 1897, Bd. LIII, pag. 200.

3) Knuth, Handbuch der Blütenbiologie, Bd. II, 2, pag. 3.

bogen und es stehen zwischen den langen, gebogenen einzelne kurze, gerade Haare (Fig. 2). Der Haarfuß bildet etwa einen Winkel von 45° mit der Griffeloberfläche; Haarfuß und Haarkörper bilden demnach, wo sie aneinanderstoßen, einen stumpfen Winkel. — Im Inneren des Haares ist das wandständige Protoplasma und eine Anzahl von Protoplasmasträngen sehr auffallend, weil sie eine sehr lebhaft Zirkulationsbewegung aufweisen. Mit Recht hat Schleiden deshalb dieses Objekt zur Demonstration der Plasmaströmung empfohlen. — Die Membran des Haarkörpers nimmt von der Basis nach der Spitze an Dicke beträcht-



Fig. 2. Längsschnitt durch den Griffel von *Camp. alliariefolia*. Vergr. 40.

zu und zeigt schon ohne Anwendung von Reagentien drei Schichten (Fig. 3): die äußerste, oft fein längsgestreifte und mit Sudan färbbare ist die Cuticula; darauf folgt die zweite, dickste Schicht, die wir Pektinlamelle nennen wollen, während die innerste, glänzende Schicht als Zelluloselamelle bezeichnet werden soll. Letztere wird durch Chlorzinkjod schmutzig violett; mit Rutheniumrot färbt sich

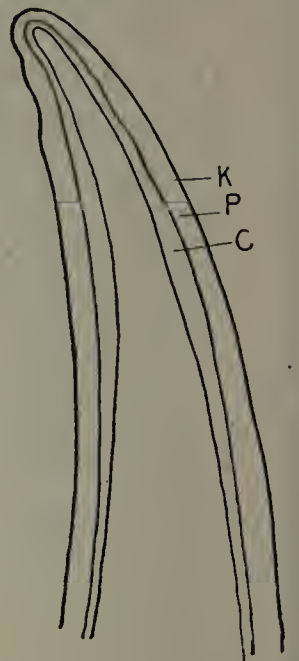


Fig. 3. Ende eines Haares von *Camp. alliariefolia*. Vergr. 360. *K* Cuticula, *P* Pektinlamelle, *C* Zelluloselamelle.

unter Umständen nur die Pektinlamelle oder auch noch, aber schwächer, die Zelluloseschicht. Die Pektinlamelle ist in verdünnter HCl stark quellbar, manchmal, z. B. bei *Campanula fragilis*, enthält sie auch Kristalle von Kalziumoxalat eingelagert. Die Zelluloseschicht weist meistens sehr deutliche annähernd quer verlaufende Streifung auf, die durch lokale Verdickung bedingt ist (Fig. 4).

Die oberste Zellschicht des Griffels berindet den Haarkörper an seiner Basis, namentlich am unteren Ende. Dementsprechend sieht man an Flächenansichten bei hoher Einstellung einen auffallenden Halbkranz von Zellen (Fig. 5). Aber auch in den Längsschnitten treten diese einseitigen Berindungen deutlich genug hervor (Fig. 6). — Der Haarfuß ist ungewöhnlich groß im Verhältnis zum Haarkörper und wird dadurch eben befähigt, bei der Einstülpung den größten Teil des Haarkörpers in sich aufzunehmen. In seiner Wand setzen sich die Pektinschicht und die Zelluloseschicht des Haarkörpers, freilich wesentlich verdünnt, fort.

Das kleinzellige, außen wenigstens lückenlos schließende Gewebe,

in das der Haarfuß eingesenkt ist, wird erst durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchung aufgeklärt. Da zeigt sich, daß es ausschließlich aus dem Dermatogen hervorgeht, also eine mehrschichtige Epidermis ist. Ein Längsschnitt durch eine 4 mm lange Knospe von *Campanula rapunculoides* zeigt die Oberfläche des Griffels noch von einer einfachen Epidermis überzogen, in der die künftigen Haarzellen sich schon durch ihre Größe und Vorwölbung nach außen kenntlich machen (Fig. 7a). Einen Längsschnitt durch die 8 mm lange Knospe zeigt Fig. 7b; zahlreiche perikline Teilungen, zu denen auch antikline hinzukommen, lassen die Basis des Haares schon tief in das Gewebe eingebettet erscheinen und machen den Endzustand ohne weiteres verständlich. Gegen die Basis des Griffels zu sind übrigens die Teilungen der Epidermis weniger zahlreich und dementsprechend sind hier die Haarfüße kleiner und weniger tief eingesenkt.

Fig. 4.

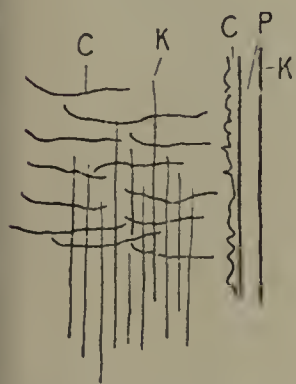


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 4. Stück eines Haares von *Camp. alliariaefolia*. Vergr. 360. Bezeichnung wie in Fig. 3. Rechts optischer Längsschnitt durch die Wand. Links Flächenansicht: bei hoher Einstellung die Cuticularstreifung, bei etwas tieferer Einstellung die Streifung der Zelluloselamelle zeigend.

Fig. 5. Querschnitt durch ein eingestülptes Haar an seiner Basis. Vergr. 360. *Ep* Halbkranz berindender Epidermiszellen. *Ei* eingestülpter Teil des Haares.

Fig. 6. Längsschnitt durch die Griffeloberfläche von *Camp. alliariaefolia*. Vergr. 160.

Wenn auch in weitaus den meisten Fällen gerade das Fehlen von periklinen Teilungen charakteristisch für das Dermatogen ist, so gibt es doch bekanntlich Beispiele genug für mehrschichtige Epidermen; besonders an Blättern treten sie als „Wasserspeicher“ auf. Mit diesen Fällen den unserigen zu vergleichen, hat wenig Zweck, da die Vielschichtigkeit der Epidermis hier eine ganz andere Bedeutung hat. Größer scheint mir die Ähnlichkeit mit den Brennhaaren der Urticeen

und verwandten Gebilden. Hier wird ja auch durch das Wachstum des Haarfußes die benachbarte Epidermis mit gestreckt und teilt sich periklin, so daß sie schließlich eine Berindung des Fußes bildet (Rauter; Kny)¹⁾. Man könnte die Verhältnisse, die am Griffel von *Campanula* realisiert sind, in der Weise von denen bei *Urtica* ableiten, daß man sagt: hier sind die Haare so dicht gedrängt, daß es nicht zu einer Berindung jedes einzelnen, sondern zu einer gemeinsamen Berindung aller kommt.

Auf alle Fälle muß man demnach betonen, daß die Mehrschichtigkeit der Griffelepidermis bei den Campanulaceen nichts besonders Auffallendes hat; um so bemerkenswerter ist aber eine Differenzierung in dieser Epidermis, nämlich die Ausbildung von Trachealelementen. — Am unteren Ende des Griffels von *Campanula alliariaefolia* findet man sechs Gefäßbündel im Kreis um den Griffelkanal

Fig. 7 b.

Fig. 7 a.

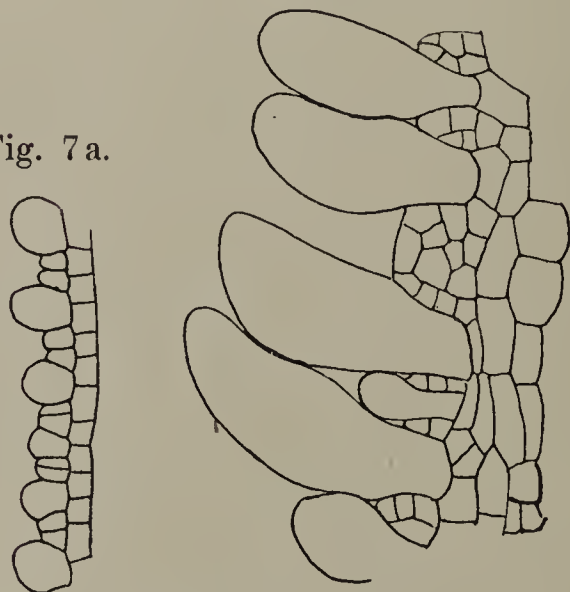


Fig. 7. Längsschnitt durch junge Griffel von *Campanula rapunculoides*. 7 a aus einer 4 mm, 7 b aus einer 8 mm langen Knospe. Vergr. 160.

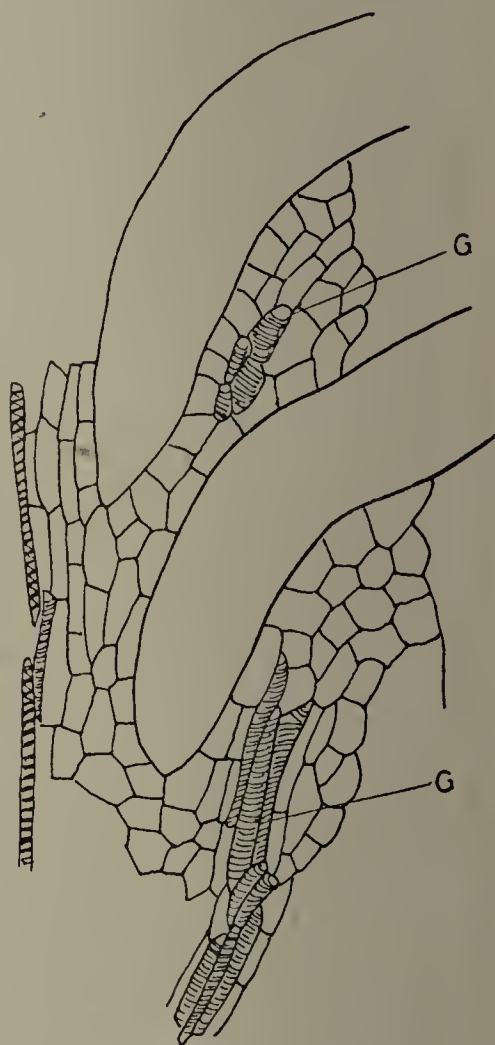


Fig. 8. *Camp. rapunculoides*. Narbe längs. Vergr. 160. G Gefäße zwischen den Haarfüßen.

gestellt. Nach oben spalten sich diese, und schließlich treten je sechs in jede der drei Narben ein. Von diesen Bündeln gehen dann ausschließlich im Narbenteil der Griffel vereinzelt Auszweigungen durch die Rinde, verlaufen parallel zu den Haarfüßen und enden zwischen diesen in einiger Entfernung unter der Außenschicht der Epidermis blind

1) Rauter, Denkschriften der Wiener Akad. Med.-nat. Kl., 31, 187. — Kny, Botanische Wandtafeln 1874, Tafel 6, Fig. 3—5.

(Fig 8, 9). Bei *Campanula alliariaefolia* sucht man meistens vergeblich nach ihnen, bei *rapunculoides* dagegen treten sie in großer Zahl auf und bilden außerhalb der Hauptbündel eine Schicht netzförmig anastomosierender Außenbündel. Zwischen den Maschen des Netzes sind dann die Haare eingefügt, deren Fuß demnach allseits nahe an diese Gefäße angrenzt (Fig. 10). Auch hier aber ist diese aus der Epidermis hervorgegangene Trachealmasse auf den Narbenteil des Griffels beschränkt. Ob auch Siebröhren entwickelt werden, also vollständige

Fig. 9.

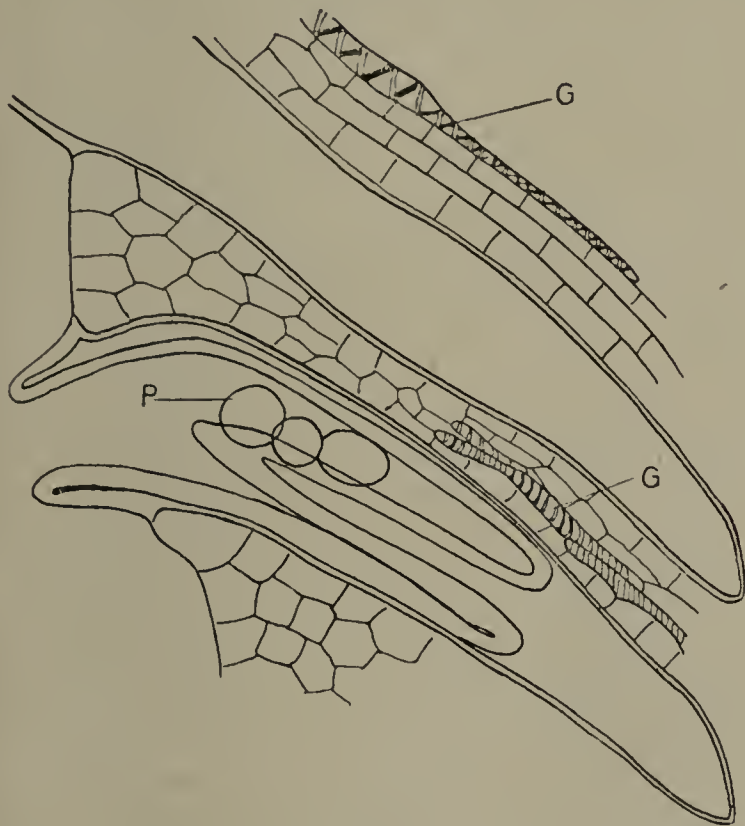


Fig. 10.



Fig. 9. Längsschnitt der Narbe von *Camp. rapunculoides*. Vergr. 160. Zwischen den Haarfüßen Gefäßbündelenden (*G*). Ein Haar eingestülpt; hat Pollenkörner (*P*) mit in die Höhlung eingezogen.

Fig. 10. Tangentialschnitt durch die Narbe von *Camp. rapunculoides*. Vergr. 40.

Gefäßbündelenden in der Epidermis erzeugt werden, konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen.

Wenn auch durch Regenerationsversuche, z. B. bei *Begonia*, der Nachweis längst erbracht ist, daß das Dermatogen, die Fähigkeit Gefäße zu produzieren, nicht entbehrt, so ist doch meines Wissens in der normalen Entwicklung bei *Campanula* zum ersten Male eine solche Gewebedifferenzierung konstatiert. An die Seite stellen könnte man ihr wohl die von Haberlandt¹⁾ beobachtete Entstehung von sklerenchymatischen Faserelementen aus der Epidermis bei *Cyperus*.

1) Haberlandt, Entwicklungsgeschichte des mechanischen Gewebesystems. Leipzig 1879, pag. 12.

Weniger merkwürdig ist es, daß auch Milchröhren vereinzelt in der mehrschichtigen *Campanulaepidermis* zur Ausbildung gelangen; wissen wir doch, daß auch anderwärts (*Cichoriaceen*) einzelne Haare Anschluß an die Milchröhren finden und sich selbst zu solchen umbilden. Erwähnt muß schließlich noch werden, daß die Epidermis hier, abweichend von ihrem sonstigen Verhalten, auch Interzellularen ausbildet, die im Zusammenhang mit denen der Rinde in die Innenschichten zwischen die Haarfüße hereinstrahlen.

Die Haare nun, deren Bau und Entwicklung im Vorstehenden geschildert wurden, stülpen sich in einem bestimmten Stadium der Blütenentwicklung derartig ein, daß äußerlich nichts mehr von ihnen zu sehen ist.

Zur Beobachtung der Einstülpung eignet sich ganz besonders *Campanula alliariaefolia*; einmal weil sie lange Zeit blüht und dann weil hier der Einstülpungsprozeß an der abgeschnittenen, in Wasser stehenden Blüte verfolgt werden kann, was durchaus nicht für alle Spezies zutrifft. Im Gegenteil, es zeigt sich, daß gerade die Haareinstülpung ein außerordentlich empfindlicher Vorgang ist, der leichter als andere durch scheinbar geringfügige Störungen verhindert wird. So unterblieb die Haareinstülpung an abgeschnittenen Blüten von *Camp. trachelium*, obwohl Wachstum und Oeffnungsbewegung dieser Blüten sonst normal verlief. Und bei *Camp. sarmatica* fand ich sogar, daß die Übertragung der intakten Topfpflanze in ein anderes Gewächshaus schon genügte, die Einziehung der Griffelhaare zu hemmen.

Junge, eben geöffnete Blüten trifft man bei *Campanula alliariaefolia* zu allen Tageszeiten vereinzelt an; die Hauptmenge jedoch geht gegen Abend auf. Im Laufe des folgenden Vormittags wird dann an schönen Tagen der Blütenstaub sehr fleißig von Insekten geholt. In den ersten Mittagsstunden beginnt die Einstülpung der Haare zunächst auf der Außenseite der Narbe und schreitet von da basal am Griffel abwärts. In wenigen Stunden ist der Griffel vollkommen kahl, und die Blüte tritt dann in das zweite Stadium: die Narben öffnen sich. — Daß die eben geöffnete Blumenkrone noch lebhaft wächst, sieht man ohne Messung; aber auch der Griffel verlängert sich zu dieser Zeit noch, ja selbst während des Einziehens der Fegehaare weist das Horizontalmikroskop an ihm noch Wachstum nach, sogar an abgeschnittenen, im Wasser stehenden Blüten. Der Griffel einer solchen wurde am 10. September im Wasser stehend vor das Horizontalmikroskop gestellt; er war noch dicht behaart. Von 2½ Uhr bis 7 Uhr verlängerte er sich um sieben Teilstriche, bis zum nächsten Morgen 9 Uhr um weitere 10 und bis

abends 7 Uhr nochmals um vier Teilstriche und bis zum Morgen des 12. September um drei Striche. Da 13 Teilstriche 1 mm sind, so beträgt die Gesamtverlängerung des ursprünglich 15 mm langen Griffels 2 mm. Am 11. früh waren alle Haare eingezogen, am 12. früh waren die Narben geöffnet.

Der Vorgang der Einstülpung vollzieht sich ziemlich rasch. Ein Griffel, der um 11 Uhr noch ganz behaart war, hatte um 2½ Uhr die obersten Haare schon völlig eingezogen und gegen 5 Uhr erschien er in seiner ganzen Ausdehnung kahl. Wird ein solcher Griffel, nachdem der Beginn der Einstülpung am oberen Ende konstatiert ist, abgeschnitten und in ein kleines wassergefülltes Gläschen eingedichtet, so kann man die Einstülpung der Haare direkt unter dem Mikroskop verfolgen; besonders instruktive Bilder gibt das Binokular in auffallendem Licht. Da der Prozeß der Einstülpung im großen und ganzen basipetal fortschreitet, so fällt es nicht schwer, solche Haare aufzufinden, bei denen

11 a.

11 b.

11 c.

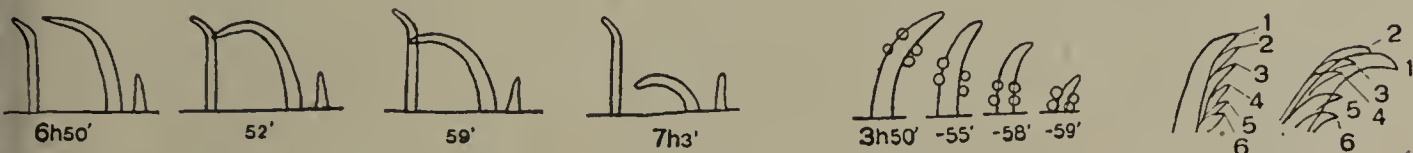


Fig. 11 a—c. Skizzen, die Einstülpung der Haare illustrierend. Vergr. 40.
 11 a. Freihandzeichnung. Drei Haare, von denen das mittlere eingezogen wird. —
 11 b (Zeichenapparat). Ein Haar mit anhaftenden Pollenkörnern. — 11 c (Zeichenapparat). Zwei Haare, die allmählich einsinken. Links: 1: 4h 3'; 2: 3' 40"; 3: 4'; 4: 5'; 5: 5' 40"; 6: 6' 30". Rechts: 1: 4h 3' 20"; 2: 4'; 3: 5'; 4: 6'; 5: 6' 40"; 6: 7'.

die Einstülpung in kurzer Zeit beginnt. Häufig wird der Vorgang dadurch eingeleitet, daß die Spitze eines Haares mit ansehnlicher Geschwindigkeit einen großen Bogen nach der Griffelbasis zu beschreibt. Diese Bewegung kommt dadurch zustande, daß das Haar auf seiner Konvexseite ganz unten an der Grenze gegen den Haarfuß einsinkt. Dann sieht man gewöhnlich das Haar immer kürzer und kürzer werden. Die Verkürzung kann ganz gleichmäßig und gradlinig vor sich gehen, meistens aber sieht man die Spitze des Haares eine Zickzacklinie beschreiben und einige Pausen unterbrechen den Vorgang des Einsinkens. In Fig. 11 sind einige, zum Teil mit dem Zeichenapparat aufgenommene und mit Zeitangaben versehene Skizzen wiedergegeben, die das Gesagte näher erläutern.

Die Einstülpung beruht, wie schon in der älteren Literatur klar erkannt war, darauf, daß der untere Teil des Haarkörpers unter Umstülpung seiner Membran in den Fuß einsinkt, während die Spitze ohne wesentliche Veränderung nachrückt. In ähnlicher Weise kann der

Finger eines Handschuhes beim Abstreifen vom Finger eingestülpt werden. Die Umstülpung und Einfaltung der Zellwand tritt besonders klar dann zutage, wenn sie nicht an der Grenze zwischen Fuß und Körper erfolgt — was die Norm ist (Fig. 9) — sondern etwas höher oben am Haarkörper. In diesem in Fig. 12 dargestellten Falle verschwindet dann die Haarspitze nicht so im Fuß wie gewöhnlich. Der Vorgang der Einstülpung kann freilich nicht direkt unter dem Mikroskop wahrgenommen werden, weil man die Haarbasis nie deutlich zu sehen bekommt. Sie ist immer mit Pollenkörnern bedeckt, die auch einer recht gründlichen Bearbeitung mit dem Pinsel Widerstand leisten. Diese Körner werden auch in der Natur oft von Insekten nicht abgetragen und fallen dann, nachdem sie durch Einziehung ihrer bisherigen



Fig. 12. Ein ziemlich hoch eingestülptes Haar. Vergr. 160.

Stütze den Halt verloren haben, herab. Einzelne freilich kleben so fest an der Cuticula des Haares, daß sie bei der Einstülpung zwischen die Falten des Haares gelangen. Dementsprechend sieht man in den eingestülpten Haaren oft in großer Zahl solche mitgenommene Pollenkörner (Fig. 9) und in der älteren Literatur ist allen Ernstes die Frage aufgeworfen worden, ob etwa diese eingesaugten Körner die Befruchtung besorgten (Cassini¹). Schon Meyen²) hat durch Entdeckung der Pollenschläuche auf der Narbe und im Griffel das Irrige dieser Anschauung nachgewiesen. — Daß die Einstülpung unter Aufwendung von erheblicher Gewalt erfolgt, sieht man daran, daß die Cuticula zahlreiche Risse erhält.

Über die Ursache der Einstülpung der Haare hatte schon Schleiden im wesentlichen die richtige Vorstellung, wenn er betont, daß sie erfolge, weil der Inhalt schwinde, ohne durch Luft ersetzt zu werden. Was Weiß veranlaßt hat, zu dieser Ansicht ein Fragezeichen zu setzen, gibt er selbst nicht an. Heute, wo wir schon mehrfach Vorgänge kennen, bei denen das Schwinden des Inhalts einer Zelle bei Verhinderung des Lufteintrittes zu einer starken Deformation führt, kann ein Zweifel darüber, daß auch bei den Campanulahaaren ein solcher „Kohäsionsmechanismus“ vorliegt, kaum bestehen. Damit ist freilich noch lange keine vollständige Erklärung für den Vorgang der

1) Cassini, zitiert bei Meyen. Eine ähnliche Vorstellung hat nach Sprengel (pag. 111) wohl schon Linné gehabt.

2) Meyen, Physiologie, Bd. III, pag. 248.

Einstülpung gegeben. Es fragt sich vor allem, was ist der Grund für den Verlust des Inhaltes der Haare? Nach Analogie mit den Annuluszellen des Farnsporangiums wird man zunächst daran denken, daß durch die Transpiration ein Wasserverlust in den Haarzellen eintreten dürfte; nur das Wasser schwindet, das Protoplasma ist im eingesunkenen Haar noch leicht nachzuweisen. Anfangs könnten die in Masse den Haaren anliegenden Pollenkörner einen Transpirationsschutz bedingen; nach ihrer Abtragung durch Insekten würde dann die Transpiration gesteigert werden und bald stärker sein, als der Wassernachschub. Allein eine solche enge Beziehung zwischen der Entfernung des Blütenstaubes und der Einstülpung der Haare existiert nicht. Wird die Blüte an einem Ort aufgestellt, wo der Insektenbesuch ausbleibt, so behält sie ihre Pollenkörner als Belag um den Griffel, die Haare aber werden trotzdem eingezogen. Andererseits kann man eine abgeschnittene Blüte im sehr feuchten Raum halten, in einer niedrigen feuchten Kammer, und dennoch sieht man ihre Griffelbehaarung schwinden. Auch ist die Cuticula, die die Haare überzieht, zweifellos nicht schwächer entwickelt als die der gewöhnlichen Epidermiszellen; diese letzteren aber erfahren keine Veränderung, werden zweifellos nicht welk, während die Haare schwinden. Handelte es sich bei der Einstülpung der Haare um einen einfachen Wasserverlust durch Transpiration, so sollte man denken, daß grade wie beim Farnsporangium auch durch osmotische Mittel die Deformation der Zellen bewirkt werden müßte. Den Farnannulus kann man z. B. durch konzentriertes Glyzerin oder durch konzentrierte Chlormagnesiumlösung ganz ebenso zur Öffnung bringen wie durch Austrocknung (Hannig¹). Legt man aber dicke mediane Längsschnitte durch einen Griffel, an dem Haare sich befinden, die im Begriff stehen sich einzustülpfen, in konzentriertes Kochsalz oder Chlormagnesiumlösung oder Zuckerlösung, und sorgt man durch Bearbeitung des Schnittes mit einem Pinsel dafür, daß diese Lösungen wirklich mit den Haaren in Berührung kommen, so erfolgt meist rasch ein bandförmiges Kollabieren des ganzen Haares, das nach Eindringen des Plasmolytikums wieder rückgängig gemacht wird. Die Haare verhalten sich also unter diesen Umständen so wie gewöhnliche Haare beim Absterben (Holle²); die so charakteristische Einstülpung unterbleibt völlig. Das Kollabieren zeigt an, daß die Membran für die Plasmolytica genügend impermeabel ist, der Ausfall des Versuches aber ergibt, daß die wirksamen Kräfte oder

1) Hannig, Jahrbuch f. wiss. Botanik 1909, Bd. XLVII.

2) Holle, Flora, Bd. CVIII.

der Ort ihres Angriffes nicht mit den bei der Einstülpung maßgebenden Momenten übereinstimmen. Ein lokales Kollabieren, das kann man häufig beobachten, findet sich auch an Haaren, die bald darauf eingezogen werden. Aber wenn aus irgendwelchen Gründen Haare an der Luft ganz kollabiert sind, dann findet nachträglich keine Einstülpung mehr an ihnen statt. Solche an der Luft kollabierte Haare finden sich z. B. an abgeschnittenen Blüten, die etwas welk geworden sind. Gerade gegen das leichteste Welkwerden sind ja, das wurde früher schon erwähnt, die Haare ganz außerordentlich empfindlich. Aus allen diesen Erfahrungen und Überlegungen ergibt sich, daß offenbar der Wasserverlust durch Verdunstung nicht oder nicht in erster Linie an der Einstülpung der Haare beteiligt sein dürfte.

Wenn also eine Wasserabgabe nach außen nicht maßend ist, so kann man vermuten, daß eine solche nach innen stattfindet, daß die Nachbarzellen dem Haarfuß Wasser entziehen. Experimentell kann man diese Vermutung nicht gut prüfen, denn wenn man das Plasmolytikum statt von außen, von innen her wirken läßt, indem man Schnitte auf Kochsalz bzw. Zuckerlösung schwimmen läßt, oder sie auf Gelatine auflegt, die solche Plasmolytica enthält, dann entziehen diese nicht nur den Haaren, sondern gleichzeitig auch den Nachbarzellen Wasser und eine Einstülpung der Haare erfolgt begreiflicherweise auch jetzt nicht. — Bedingung für einen Wasserentzug durch die benachbarten Epidermiszellen ist jedenfalls irgendeine Veränderung in dem Verhältnis zwischen dem osmotisch wirksamen Inhalt der Haarzellen einerseits und der gewöhnlichen Epidermiszellen andererseits. Das Saugvermögen der Haarzellen könnte abnehmen, das der Epidermiszellen könnte zunehmen. Leider ist es nun unmöglich, den Salpeterwert des Zellsaftes wenigstens in den Haarzellen zu bestimmen. Der große in das Gewebe eingesenkte Haarfuß ist ein für plasmolytische Studien sehr wenig geeignetes Objekt. Es läßt sich aber zeigen, daß die Haare jedenfalls eine Veränderung durchmachen, ehe sie eingezogen werden. Ihre Einstülpung erfolgt offenbar unmittelbar vor oder nach ihrem Absterben. Haare, die der Einstülpung nahe stehen, haben noch ein lebendiges, ja sogar manchmal ein noch deutlich strömendes Protoplasma. Legt man nun dicke Schnitte in eine 10%ige Zuckerlösung, so verhalten sich ihre Haare je nach dem Alter, recht verschieden. Am 24. Juli 9 Uhr vormittags wurden solche Schnitte

1. aus einem Griffel, der oben schon haarfrei war,
2. aus einem Griffel, der noch bis oben behaart war und wahrscheinlich erst am Nachmittag mit der Haareinstülpung begonnen hätte,

3. aus einem Griffel, der einer Knospe entnommen war, die sich am Abend geöffnet hätte,

in solche Zuckerlösung gelegt. Nach 2 Stunden war das Protoplasma aller Haare von 1. abgestorben. In den Schnitten von 2. war zwar um 11 Uhr keine Strömung mehr zu sehen, aber das Protoplasma war selbst um 3 Uhr noch sichtlich lebendig, nicht kontrahiert und starb erst zwischen 3 und 7 Uhr. In den Haaren von 3. dagegen war auch abends 7 Uhr noch kräftige Plasmaströmung zu sehen; sie starben erst im Laufe der Nacht. Aus diesen Erfahrungen folgt, daß die Haare an sich in Zuckerlösung viele Stunden voll lebendig bleiben können. Wenn also Haare, die dem Einstülpfen nahe sind, in kürzester Zeit sterben, so muß man annehmen, daß sie auch ohne die Präparation gestorben wären. Diese Annahme hat auch sonst nichts Unwahrscheinliches, da ja Haare vielfach, auf einem bestimmten Stadium der Entwicklung angekommen, abzusterben pflegen, während die benachbarten Epidermiszellen am Leben bleiben. Nun kann man sich wohl vorstellen, daß kurz vor dem Absterben oder bei diesem die osmotisch wirksame Substanz in den Haaren abnimmt und ihr Zellsaft dann von den benachbarten Epidermiszellen aufgesaugt wird. Damit wäre dann die Ursache für ihre Einstülpung gegeben. Gewiß ist das nur eine Vermutung. Es war aber nicht möglich, zu einer fester fundierten Vorstellung zu gelangen, denn die Versuche, durch künstliches, vorzeitiges Abtöten der Haare ihre Einstülpung herbeizuführen, mißlangen. Die Abtötung erfolgte in der Weise, daß unter dem Binokular ein einzelnes Haar in eine mit Äther gefüllte Kapillare eingetaucht oder eine Gruppe von Haaren durch Annäherung einer heißen Nadel getötet wurde. In beiden Fällen kollabierten die Haare sofort und blieben dann unverändert zurück, wenn auch die intakten Haare in der Umgebung später noch eingezogen wurden. Offenbar tritt bei solchen Versuchen der Tod und die Wasseraufnahme von seiten der Nachbarzellen zu rasch ein, und kann deshalb nur zu einem Kollabieren und nicht zur Einstülpung führen. Eine andere Methode, die zu einer langsameren Schädigung der Haare führte, ohne die Nachbarzellen zu verletzen, konnte aber nicht aufgefunden werden.

Es ist also nicht gelungen, die aufgeworfene Frage vollkommen zu lösen, aber es ist doch recht wahrscheinlich gemacht, daß die Einstülpung der Campanulahaare ein Kohäsionsvorgang ist, der darauf beruht, daß den alternden Haaren von den Nachbarepidermiszellen Flüssigkeit entzogen wird, während ihre Membran für Luft impermeabel ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [111-112](#)

Autor(en)/Author(s): Jost Ludwig

Artikel/Article: [Die Griffelhaare der Campanulablüte 478-489](#)