© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Untersuchungen über die Entwickelung der Haare bei den Pflanzen

von

Wilhelm Hirsch.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

1. Geschichtlicher Teil.

Wenn man sich in der Litteratur, die über Pflanzenhaare vorliegt, unterrichten will, so muss man sehr weit zurückgehen, um die ersten einschlägigen Arbeiten kennen zu lernen. Zur Orientierung genügen indessen die Referate, welche späteren Veröffentlichungen beigegeben sind.

Einen ziemlich vollständigen Litteraturnachweis giebt z. B. A. Weiss in seiner Abhandlung: „Die Pflanzenhaare, Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung derselben, Berlin 1867."

Hiernach datieren die ersten näheren Untersuchungen darüber aus dem Jahre 1665. Sie finden sich in: R. Hooker, Micrographia, London 1665.

Auf diese folgt eine Reihe von grösseren Werken und gelegentlichen Bemerkungen über Pflanzenhaare; aber die Verfasser[1]

[1] Guettard, Sur les corps glanduleux des plantes, leurs filets ou poils, et les matières, qui en sortent. — Mémoires de l'académie royale des sciences, année 1745, Paris 1749.

Schrank, F. v., Von den Nebengefässen der Pflanzen und ihrem Nutzen. 3 Abhandlungen 1789—1792, Halle 1794.

De Candolle, A. P., Organographie végétale, Paris 1827.

Meyen, F. J. F., Über die Sekretionsorgane der Pflanzen. Gekrönte Preisschrift, Berlin 1837.

Meyen, F. J. F., Neues System der Pflanzenphysiologie, 3 Bde., Berlin 1837—1839.

Unger, F., Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Wien 1866.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der betreffenden Arbeiten geben bloss mehr oder weniger gute Abbildungen der gesehenen Formen und beschreiben dieselben. Von Entwickelungsgeschichte ist so gut wie garnicht die Rede; es herrscht fast vollständige Unkenntnis über die Entstehung und Entwickelung der Pflanzenhaare, bis Weiss in der oben erwähnten Arbeit diese Frage in Angriff nahm und zur Lösung derselben einen wichtigen Beitrag lieferte. Dieser Arbeit schliessen sich zahlreiche andere an. Bevor ich jedoch näher auf dieselben eingehe, will ich einige Bemerkungen über die genannte Arbeit von Weiss voranstellen.

Da sich meine Untersuchungen nicht auf die mannigfachen Vorgänge erstreckten, die sich im Innern der Zelle vor, während und nach der Teilung vollziehen, so habe ich keine Veranlassung, die Angaben zu besprechen, die der Verfasser über Zellbildung macht; seine Anschauungen über Plasmaströmung, Beteiligung des Kernes am Teilungsvorgange sind überdies heute nicht mehr als zutreffend zu erachten. Das Wachstum der Haare betreffend, hebt Weiss dagegen ganz richtig hervor, dass das Haar entweder nur an seiner Spitze oder nur an seinem Grunde oder aber an allen Teilen neue Zellen zu erzeugen vermag; er hat mit dieser Angabe das akropetale, basipetale und interkalare Wachstum bei den Haaren festgestellt. Untersucht man jedoch die Beispiele, die er in seinem speziellen Teil anführt, etwas genauer, so überzeugt man sich, dass seine Angaben[1] hin und wieder durchaus nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen, dass oft das Umgekehrte dessen zutrifft, was von Weiss angeblich beobachtet wurde.

Es ist allerdings zuzugeben, dass man sich in schwierigeren Fällen leicht täuschen kann; deshalb habe ich, um sicher zu gehen, die Untersuchungen, wo sich Unterschiede in den gewonnenen Resultaten ergaben, zwei- drei-, ja bei manchen Objekten mehreremale wiederholt und zwar in gewissen Zeitabständen, um die bei anderen Untersuchungen gesammelten Erfahrungen dabei zu verwerten — ich kam immer wieder zu dem Ergebnis, dass manche Beobachtungen von Weiss mit den Thatsachen in Widerspruch stehen.

Über die Begriffe „akropetales und basipetales Wachstum" kann wohl keine Verschiedenheit der Auffassung bestehen. Was

[1] Ich werde immer bei den Beispielen, die meinen Untersuchungen zu Grunde liegen, angeben, wo die Beobachtungen von Weiss mit den meinigen nicht übereinstimmen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

das „interkalare Wachstum" betrifft, so nenne ich interkalare Wände solche, die zwischen zwei älteren Wänden neu eingeschoben werden; diese Bemerkung ist hier notwendig, weil auch in diesem Punkte zwischen den Beobachtungen von Weiss und den meinigen sich Differenzen ergaben.

Den Begriff des interkalaren Wachstums für Pflanzenhaare bis zu der Annahme auszudehnen, dass „das Haar an allen Teilen neue Zellen zu erzeugen vermag," scheint mir nach meinen Untersuchungen anfechtbar; jedenfalls sind mir solche Fälle nicht begegnet. Soweit ich interkalare Teilungen beobachten konnte — nebenbei bemerkt, finden sich diese im Vergleich zu basipetalem und akropetalem Wachstum sehr selten — beschränkten sich dieselben auf bestimmte Zonen des Haares, ich finde kein einziges Beispiel in meinem untersuchten Material, wo ich behaupten könnte, dass sich das Haar von der Basis bis zum Scheitel in fortwährender Teilung befände. Welche Umstände Weiss zu diesen Ungenauigkeiten geführt haben, mag hier unerörtert bleiben. Soweit ich die Dinge beurteilen kann, scheint mir namentlich der mangelnde Vergleich zwischen den successiven Entwickelungsstadien in Betracht zu kommen. Da es in vielen Fällen wenig Anhaltspunkte für die Art der Entwickelung giebt, so ist es oft sehr schwierig, zu einem wirklich sicheren Resultate zu kommen; nur die Vergleichung ganz junger, mittlerer und alter Stadien kann nach meiner Meinung den Beobachter zu einem klaren Urteil führen. Untersucht man Haare an Laubblättern, so muss man von diesen die jüngsten wählen, die man überhaupt an dem Sprosse finden kann. Für die Vergleichung ist es am besten, die Blätter vom Sprossscheitel bis zu dem Teil der Achse abzulösen, wo dieselben eben völlig ausgewachsen sind, und unter dem Mikroskop die einzelnen Stadien zu betrachten. In den meisten Fällen wird man dann die ganze Entwickelungsgeschichte studieren können; es ist dabei von grossem Vorteil für den Beobachter, soviel Bilder wie möglich zu Gesicht zu bekommen, da ihm dadurch die Kritik der Einzelbeobachtungen erheblich erleichtert wird. Schwierigkeiten für die Untersuchung finden sich genug; man hat manchmal Haare vor sich, wo für die Beurteilung des Wachstums nichts weiter vorhanden ist als die Dicke der Querwände. Ganz besonders erschwerend ist häufig der Umstand, dass die Haare schon sehr früh fertig ausgebildet sind, und die Stärke der Quer-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wände dann sehr wenig Unterschiede bietet. Am schlimmsten ist es, wenn das Haar überhaupt nur ein- oder zweimal geteilt wird.

Von vornherein habe ich die einzelligen Trichome von meinen Untersuchungen über das Wachstum der Haare ausgeschlossen.

Ich habe diese technischen Dinge gleich hier bei der Arbeit von Weiss zur Sprache gebracht, weil es mir der geeignetste Ort dafür schien; vielleicht finde ich Gelegenheit, bei ein- oder dem anderen Objekt auf Einzeldinge zurückzukommen. Ich fahre jetzt fort, die weiteren Arbeiten zu besprechen.

J. Rauter, Zur Entwicklungsgeschichte einiger Trichomgebilde. (Botanisches Laboratorium der Universität, Graz 1870.)

Der Verfasser gebraucht das Wort „Entwicklungsgeschichte" in einem anderen Sinne, als ich es in dieser Abhandlung angewendet habe. Er macht wohl einige Angaben über den Aufbau einzelner Haare, indem er sich dabei zuweilen nur auf die Beobachtungen von Weiss stützt; das Hauptsächlichste ist ihm aber die Entwickelung der Haarmutterzelle. Der Verfasser will zeigen, zu welchen mannigfachen Formen dieselbe im Laufe der Entwickelungszeit auswachsen kann. Da die Haarmutterzellen nicht nur in der Epidermis sondern auch in den tieferen Gewebeschichten liegen können, so berücksichtigt der Verfasser auch die Emergenzen und Stacheln; seine Untersuchungen in dieser Hinsicht laufen schliesslich in eine Übersicht der morphologischen Grundtypen der Trichome aus. An diese Arbeit schliessen sich in rascher Folge Abhandlungen an, die eigentlich nicht die Trichome entwickelungsgeschichtlich behandeln, sondern in welchen die Autoren den Entwickelungsherd weniger der Trichome als der Emergenzen (Stacheln und Dornen) untersucht haben, um dabei die Frage zu entscheiden, ob nur die Epidermis oder auch die tieferen Schichten an dem Aufbau und der Entwickelung der Gebilde teilnehmen. Da sich meine Untersuchungen nicht auf dieses Gebiet erstreckten, begnüge ich mich, diese Arbeiten zu zitieren:

O. Uhlworm, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Trichome mit besonderer Berücksichtigung der Stacheln. Botanische Zeitung Halle 1873.

E. Warming, Om Forskjellen mellem Trichomer og Epiblastemer af höjere Rang. Kjöbenhavn 1873. Separatabdruck aus Videnskab. Meddelels. 1872. Dänisch mit französischem Résumé, referiert in d. Botanischen Zeitung 1873.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

S. Suckow, Vortrag über das Verhältnis der Pflanzenstacheln zu Haaren und Dornen. Sitzungsberichte der botanischen Sektion der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur 1873, referiert in der Botanischen Zeitung 1874.

C. Delbrouck, Über Stacheln und Dornen. Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn 1873.

C. Delbrouck, Die Pflanzenstacheln. Botanische Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie, herausgegeben von J. Hanstein, Band II, Heft IV.

Unter den vielen Arbeiten, die aufzuzählen nicht der Mühe lohnt, da sie meist nichts Neues bringen oder nicht in den Rahmen dieser Abhandlung passen, möchte ich nur noch eine anführen:

E. Warming, Die Blüte der Kompositen. Botanische Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie, herausgegeben von J. Hanstein, III. Bd., 1876.

In dieser Schrift behandelt der Verfasser die Bildung und Entwickelung der Pappuskörper an Kompositen. Nach meiner Ansicht giebt diese Abhandlung ein vortreffliches Bild von dem Aufbau dieser Gebilde. Für mich war dieselbe besonders dadurch interessant, dass ich in ihr den gleichen Aufbau der Pappuskörper fand, wie ich ihn, bevor ich die Untersuchungen des Verfassers kennen lernte, an den Haaren der Laubblätter der von Warming untersuchten Kompositen konstatiert hatte. An den tadellos gezeichneten Figuren sieht man, wie die Gebilde entstehen und schliesslich zum fertig ausgebildeten Pappus werden.

2. Allgemeiner Teil.

Nachdem ich einen kurzen Überblick über die für meine Untersuchungen in Frage kommende Litteratur gegeben habe, will ich zum besseren Verständnis der Dinge noch einige allgemeine Bemerkungen hinzufügen, ehe ich auf die speziellen Untersuchungen eingehe.

Wenn wir Wachstums- und Entwickelungsvorgänge studieren wollen, so ist es selbstverständlich, dass wir erst die Formen kennen lernen, welche die zu untersuchenden Gebilde zeigen.

Die Natur hat in der Bildung der Trichome nicht gespart,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vielmehr ist der Reichtum an Variationen so gross, dass es schwer hält, einen umfassenden Überblick davon zu gewinnen. Sie hat sich auch nicht begnügt, den einzelnen Organen der Pflanze die eine oder die andere Form zu geben, sondern auch in der Verteilung auf Blätter-, Blüten- und Stengelorgane die grösste Verschiedenheit zum Ausdruck gebracht. Oft finden wir nur eine Form vertreten, in vielen anderen Fällen kann man aber 2—6 und mehr Formen an einem und demselben Pflanzenteil beobachten, so dass es häufig nicht leicht ist, die Jugendstadien derselben auseinander zu halten. In diesem Reichtum der Gestaltungen liegt die grosse Schwierigkeit, eine Übersicht oder eine naturgemässe Einteilung zu geben. Die Autoren, welche die verschiedenen Formen beschrieben haben, bemühen sich, jeder nach seiner Anschauung, Grundtypen für eine systematische Anordnung aufzustellen; Versuche in dieser Richtung haben wir in grosser Zahl. Sehr brauchbar für eine morphologische Orientierung scheint mir die Anordnung, die Rauter in seiner oben schon zitierten Abhandlung gegeben hat; an der Hand seiner Einteilung glaube ich am leichtesten die Art und Weise des Wachstums zur Anschauung bringen zu können. —

Rauter geht von solchen Trichomen aus, „die wenigstens auf einer gewissen Entwickelungsstufe nur aus einer einfachen Zellreihe bestehen."

Diese Reihen sind von sehr wechselnder Zahl der Elemente. Zunächst würden hier die einzelligen Gebilde zu erwähnen sein; ihre Form und Gestalt ist ausserordentlich mannigfaltig: in der Grösse differieren sie derart, dass wir neben kurzen Ausstülpungen einer Oberhautzelle (Borsten, Keulenhaare) Zellfäden von bedeutender Ausdehnung begegnen, wie sie uns namentlich die einzelligen Woll- und Filzhaare verschiedener Pflanzen zeigen (z. B. Alchemilla, Cynoglossum, Potentilla). Es ist hier nicht der Ort dazu, alle diese Formen zu beschreiben; will man dieselben kennen lernen, so findet man in den zitierten morphologischen Werken Abbildungen genug. Was das Wachstum und die Entwickelung derselben anbetrifft, so habe ich schon vorhin erwähnt, dass ich diese Trichome nicht untersucht habe. Das Gleiche trifft für diejenigen einzelligen Haare zu, an deren freier Aussenwandung zwei oder mehrere Punkte mit gesteigertem Flächenwachstum auftreten, so dass auf diese Weise verzweigte Formen entstehen, deren ganzes Verästelungssystem von

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einem kontinuirlichen Lumen durchzogen ist; auch diese habe ich von meinen Untersuchungen ausgeschlossen.

Je zahlreicher Querwände angelegt werden, desto sicherer wird das Urteil über die Entwickelung der betreffenden Trichome. Auf Grund von Anordnung und Ausbildung der Zellglieder lassen sich nach Rauter folgende Typen aufstellen:

1. Die eigentlichen Fadenhaare, „deren übereinander gestellte Zellelemente von cylindrischer Gestalt sind."

Als Beispiel hierfür giebt Rauter den Filzüberzug vieler Pflanzen an; einen Filz bilden aber auch sehr viele Haare, die den genannten morphologisch oft sehr unähnlich sind. Beschränken wir zunächst den Begriff „Filzhaare" auf die mehrfach geteilten Wollhaare, die sich an den jungen Blattknospen befinden (z. B. bei vielen Centaurea-Arten, Pyrethrum, Eupatorium, Veronica), so habe ich konstatiert, dass bei diesen allein basipetales Wachstum vorkommt. Im speziellen Teile wird man Beispiele der Entwickelung finden; hinzufügen will ich nur noch, dass man den Begriff der Fadenhaare in dem Sinne, dass alle Elemente von gleicher cylindrischer Gestalt sind, für die angeführten Beispiele nicht zu streng nehmen darf; in jugendlichen Stadien sind die Glieder wohl ziemlich gleichförmig; bei ausgebildeten ist die Endzelle in der Grösse oft allen übrigen weit voraus, auch ist für dieselbe eine mehr oder minder gut ausgebildete Zuspitzung charakteristisch. Besser kommt die Gleichmässigkeit der Form bei den Wollhaaren zur Geltung, die den Pflanzen das zottige Aussehen geben (z. B. Ononis hircina). Ist auch die Endzelle ein wenig zugeschärft, so zeigen doch die Zellen des Haares eine genügende Gleichmässigkeit, um in diese Abteilung eingereiht zu werden. Die Anlage dieser Trichome scheint auch basipetal vor sich zu gehen, wenigstens zeigte dies das oben genannte Beispiel.

Typische Fadenhaare findet man erst dort, wo das akropetale Wachstum die Ausbildung des Haares vollzieht. Hier erhält man Zellreihen, wo ein Element dem anderen völlig gleicht. Als Beispiele mögen hierfür die Haare auf Digitalis purpurea, Lysimachia punctata, Veronica hederifolia, Salvia Bertolinii, S. Sclarea, Teucrium Scorodonia dienen. Besonders schön zeigen es die drei ersten; bei den übrigen kommt wieder eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gewisse Formveränderung der Scheitelzelle zur Geltung, doch ist dieselbe gering im Vergleich zu anderen Fällen.

2. Die Rosenkranzhaare.

Mit diesem Namen werden solche Trichome bezeichnet, deren Zellen perlschnurartig aufeinander gereiht sind, wie es die Staubfadenhaare von Tradescantia virginica, die Haare in dem Perigon von Aristolochia Clematitis, ebenso die auf der Oberseite der Blüte von Cucurbita Pepo und auf den Blättern von Datura sanguinea befindlichen zeigen.

Alle diese Haare wachsen streng akropetal; da dieselben schon oft beschrieben und abgebildet worden sind, so habe ich keine Veranlassung, dasselbe nochmals zu thun. Nur einige Bemerkungen seien mir erlaubt. Was zunächst die Staubfadenhaare von Tradescantia virginica anbetrifft, so muss die Angabe von Weiss, dass interkalare Teilungen vorkämen, mit Vorsicht aufgenommen werden. Ich habe niemals etwas davon sehen können. Die Regel ist entschieden strenges Spitzenwachstum; da die Haare sehr rasch wachsen, so wäre es ja möglich, dass ausnahmsweise interkalar Wände eingesetzt werden. Etwas Besonderes ist die eigentümliche Verzweigung, die bei diesen Haaren gar nicht selten vorkommt und die, wie ich glaube, noch nicht beschrieben worden ist. Man sieht an den verschiedensten Punkten des Trichomes, dass die Zelle, bei der eine Verzweigung eintreten soll, sich einseitig auswölbt. Die Ausbauchung nimmt an Umfang immer weiter zu; durch eine Querwand wird schliesslich eine Zelle abgeschnürt, die durch akropetales Wachstum nach und nach zu einem Seitenzweige wird; dieses Bild erhält man sehr häufig. Manchmal wächst die Verzweigungsmutterzelle nach zwei und mehr Seiten aus; dadurch bilden sich mehrere Seitenäste, die sich wiederum verzweigen können. Diese weitere Ausbildung zählt aber zu den Seltenheiten, ich habe sie nur wenigemale zu Gesicht bekommen. Die Verästelung, wie ich sie in den obigen Zeilen beschrieben habe, vollzieht sich erst in älteren Stadien; junge Trichome zeigen sie noch nicht.

Was die Haare anbetrifft, die auf der Oberseite der Blumenblätter von Cucurbita Pepo sich befinden, so möchte ich dabei einen Fehler in der Beobachtung von Weiss berichtigen. Dieser Autor giebt an, dass in der Endzelle der Trichome eine Wand vor-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

handen sei, die senkrecht zur Wachstumsrichtung stehe. Ich habe diese Wand nicht finden können; nach meinen Untersuchungen ist dieselbe aber auch gar nicht vorhanden. Das, was Weiss für eine Längswand hält, die senkrecht auf der Querwand stehen soll, kann nur nach oberflächlicher Beobachtung als solche gedeutet werden; eine nähere Untersuchung zeigt, dass die nächste Zelle, wurmförmig sich biegend, an die benachbarte anschliesst.

3. Konische Gliederhaare.

Hierher gehören nach Rauter die Haarbildungen, welche die Form eines schlanken Kegels haben mit mehr oder minder scharf zugespitzter Endzelle. — Nach dem, was ich oben über die Fadenhaare gesagt und später bei der folgenden Form mitteilen werde, erscheint mir jedoch die Aufstellung der „konischen Gliederhaare" überflüssig. Ich will daher nicht weiter mich dabei aufhalten, sondern gleich auf

4. die Knoten- und Knöchelhaare zu sprechen kommen, die ausserordentlich häufig an den verschiedensten Pflanzen vorkommen und vielfach den filzigen Überzug bilden. Sie sind dadurch ausgezeichnet, dass die Aussenwand ober- und unterhalb der Querwände gelenkartig aufgetrieben wird. Ein charakteristisches Beispiel sind hierfür die Haare von Kompositen wie Aster, Centaurea u. a. Bei vielen Labiaten sind sie ebenfalls häufig, bilden aber hier nicht einen Filz, sondern eine einfache Behaarung der Blätter und Stengelorgane.

Prinzipiell bedeutungsvoll und daher besonders hervorzuheben ist, dass diese Formen durchaus nicht von einem und demselben Wachstumsmodus beherrscht werden, sondern dass bei ihnen akropetales und basipetales Wachstum vorkommen kann. Besonders interessant ist es, dass man bei Pflanzen, die systematisch derselben Familie angehören, — ich habe im Laufe der Untersuchung mein Augenmerk speziell auf die Labiaten gerichtet — diese Verschiedenheit des Wachstums ausgeprägt findet.

Als ich diese Arbeit begann und zuerst zur Orientierung einen raschen Überblick gewinnen wollte, glaubte ich, da ich nur die alten Stadien betrachtete, es herrsche überall die gleiche Entwickelung: erst eine tiefere Einsicht und eine gründliche Musterung befreite mich von diesem Irrtum. Gerade an diesen Objekten habe ich er-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kannt, wie nötig es ist, bei der Entwickelungsgeschichte der Trichome alle Stadien von der Ausstülpung der Epidermiszelle bis zum ausgebildeten Haare durchzumustern, und dass nur eine Vergleichung derselben ein richtiges Bild abgeben kann.

Mir war es nur möglich, eine beschränkte Zahl von Labiaten anzusehen, darum kann ich nur einige Beispiele anführen. Basipetales Wachstum herrscht bei Lamium, Origanum, Stachys, Betonica —; akropetale Folge der Wände zeigen die Knotenhaare von Salvia-, Leonurus-, Ajuga- und Monarda-Arten. Bei vielen von diesen Knöchelhaaren akro-wie basipetaler Entwickelung stellt sich im Alter eine mehr oder minder starke Bewarzung ein; bei dem Wachstum, das von der Basis ausgeht, wo also die obersten Zellen die ältesten sind, trat auch die Bewarzung hier zuerst auf, war da am stärksten und nahm nach der Basis zu immer mehr ab.

Eigentümlich und nicht recht verständlich ist es, dass die Warzenbildung bei akropetalem Wachstum in derselben Weise vorsichzugehen scheint; etwas Genaues darüber auszusagen, bin ich jedoch nicht in der Lage. Im speziellen Teile werde ich für jeden Wachstumsmodus typische Beispiele angeben.

An die einfachen Zellreihen schliessen sich solche an, die auf sehr mannigfaltige Weise verzweigt sein können; einzelne Zellen der Reihe stülpen sich seitlich aus und bilden Äste, die sich wiederum verzweigen können.

Alle diese Formen stellt Rauter in den Typus:

5. Der baumartig verzweigten Gebilde.

Von diesen Formen habe ich die Haare kennen gelernt, die sich auf den Blättern und Stengeln von Verbascum Thapsus finden. A. Weiss hat dieselben Haare untersucht; eine so starke Verzweigung, wie er sie in seinen Tafeln abbildet, habe ich indessen nie beobachten können. Bestätigen kann ich, dass die Haare basipetal wachsen, wie er es angegeben hat. Wie dieses Wachstum im speziellen sich vollzieht, werde ich später angeben.

Als Beispiel für verzweigte Trichome wären ferner die verästelten Staubfadenhaare von Tradescantia virginica zu nennen. Verästelte Trichome finden sich weiter an dem Grunde der Staubfäden und am Fruchtknoten von Nicandra physaloides.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diesen verzweigten Haaren sehen sehr ähnlich diejenigen, die sich auf der Blumenblattoberseite von Cucurbita Pepo finden. Was das Wachstum betrifft, so konnte bei Nicandra physaloides das akropetale festgestellt werden, bei Cucurbita Pepo scheint basipetales vorzuliegen.

In den Typen 1—5 haben sich die einzelnen Elemente der Zellreihen nicht allzusehr in der Form und Ausbildung unterschieden. Gehen wir weiter in der Besprechung der Trichome, so wären jetzt solche Zellfäden zu nennen, deren Endzelle eine besondere Gestalt erhält. Der Formenreichtum, den die besondere Gestaltung der Scheitelzelle herbeiführt, ist wieder sehr gross. Entweder schwillt die Endzelle zu einem mehr oder minder kugelförmigen Gebilde an: solche Formen sind bekannt unter dem Namen:

6. Köpfchenhaare.

Sie können wieder verschiedenes Aussehen haben. Bei der Untersuchung findet man solche, wo das Köpfchen einzellig, kugelig ist, — ferner solche, die aus zwei nebeneinander liegenden oder aus vier quadrantisch gestellten Zellen bestehen. Eine weitere Formverschiedenheit erhält man, wenn die Quadranten sich in Oktanten u. s. w. zerlegen. Die Köpfchenzellen können aber ferner in einfacher Schicht oder in mehreren Lagen übereinander liegen. Von den Köpfchenhaaren bildet sich der grösste Teil zu Drüsenhaaren aus. Was das Wachstum der Köpfchenhaare betrifft, so ist das akropetale die Regel. An einem mehr oder minder langen Zellfaden wächst die Endzelle, d. h. die jüngst angelegte, zum Köpfchen aus. Neben dem Spitzenwachstum kommt, wie Weiss schon beobachtet hat und ich durch eigene Untersuchung bestätigen kann, das basipetale vor. Zum Beispiel wachsen die Köpfchenhaare von Geranium phaeum und Cannabis sativa, die Blasenhaare von Chenopodium Bonus Henricus am Grunde.

Als besondere Form des Köpfchens wird von Rauter noch die „Scheibe“ angegeben, welche aus zahlreichen, in einer Ebene radial angeordneten Zellen gebildet wird, die entweder sämtlich den Rand der Scheibe erreichen oder zum Teil nur ihrer inneren Fläche angehören (Scrophularia nodosa).

Nach Rauter haben alle die besprochenen Trichomformen „wenigstens auf einer gewissen Entwickelungsstufe nur aus einer ein-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fachen Zellreihe bestanden." Es giebt aber Haargebilde, „deren Mutterzelle allsogleich in eine Zellfläche oder einen Zellkörper auswächst."

7. Schildhaare von Shepherdia, Eleagnus, Hyppophaë.

Da ich dieselben auf das Wachstum hin nicht untersucht habe, will ich, um die Übersicht vollständig zu machen, den Wachstumsmodus nach Rauter angeben.

„Die Mutterzelle wächst alsogleich scheibenförmig aus, sie teilt sich unter fortwährender Zunahme ihres Umfanges durch Wände, die senkrecht zur Oberfläche des Tragorganes stehen, in eine grosse Anzahl strahlig angeordneter Randzellen, die anfangs nur eine einzige Lage bilden. Sind die Teilungen durch radiale Längswände vollendet, so bilden sich Querwände, welche die Schildmitte mehrschichtig machen; aus der ursprünglichen Zellfläche wird ein Zellkörper".

Nach Rauter schliessen sich hieran

8. Die Pappus-ähnlichen Haare.

„Die Mutterzelle des Trichomes zerfällt, ohne sich vorerst merklich über die Oberfläche des Tragorganes herauszuwölben, durch eine auf diese senkrechte Wand in zwei nebeneinander liegende Tochterzellen; beide fungieren gleichwertig als Scheitelzellen und schneiden durch meist schief zur Längsachse des Haares geneigte Wände je eine Reihe von Gliederzellen ab; das Trichom ist ein System zweier ihrer ganzen Länge nach mit einander verwachsener Zellfäden. Sehr zahlreiche, vorwiegend durch Längswände ausgeführte interkalare Teilungen bilden einen langgestreckten, sich nach obenhin verjüngenden Gewebekörper mit rundem oder elliptischem Querschnitt."

Die Resultate, die ich bei meinen Untersuchungen an den Trichomen von Crepis, Lactuca, Cichorium u. s. w. gewonnen habe, decken sich völlig mit denen, die Rauter und besonders Warming in seiner genannten Arbeit „die Blüte der Kompositen" niedergelegt haben. Wachstum und Entwickelungsgeschichte dieser Trichome findet man dort so ausführlich beschrieben, dass ich mich begnügen kann, darauf hinzuweisen. —

Alles, was von Haaren bis jetzt besprochen worden ist, sind

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

solche Gebilde, die wenigstens in ihrer frühesten Jugend nur aus einer einzigen Oberhautzelle hervorgehen, welche sich primär bei ihrem Aufbau beteiligt. Es können nun aber sekundäre Bildungen in die Erscheinung treten, d. h. das Stengel- und Blattparenchym kann sich nachträglich beim Aufbaue der Trichome beteiligen — unter diese Modifikation fällt die Bulbusbildung. Der Bulbus wird erst zu der Zeit angelegt, „wo die Haarmutterzelle in ihrer Ausbildung bereits bedeutende Fortschritte gemacht hat, und wo sich das Trichom entweder gar nicht mehr oder nur noch in beschränktem Masse teilt. Bei der Bildung des Bulbus beteiligt sich entweder nur die unmittelbar unter der Oberhaut liegende Gewebeschicht (z. B. Goldfussia, Lamium) — oder es werden ihrer mehrere, gewöhnlich 2—3 in Verwendung gezogen, jedoch stets in der Weise, dass die oberste Schicht weitaus den grössten, die successive tieferen einen immer geringerer werdenden Anteil nehmen“ (Rauter). Was das Wachstum betrifft, so schreitet dieses sowie die Vermehrung der Zellen „sowohl in der zentralen Gewebemasse, als auch in der sie umhüllenden Hautschicht „basipetal“ fort.“

An diese Formen würden sich endlich solche „Trichomgebilde anschliessen, deren Anlage nicht mehr von der Oberhaut ausgeht, sondern wo eine Zellgruppe der unmittelbar unter ihr gelegenen Gewebeschicht die Iniative ergreift, und unter fortwährender Teilung in radialer Richtung auswächst“ — Emergenzen. Die beiden letzteren Vorkommnisse, Bulbusbildung und Emergenzen, seien aber nur der Vollständigkeit wegen erwähnt. Weiter mich darüber zu verbreiten, halte ich mich nicht für zuständig; in den zitierten Arbeiten von Uhlworm, Suckow und Delbrouck kann man über Wachstum und Ausbildung dieser Gebilde das Weitere nachlesen. —

Mit dieser morphologischen Übersicht will ich die allgemeinen Bemerkungen abschliessen. Die folgenden Seiten werden nun die speziellen Untersuchungen über die drei Wachstumsmodi der Haare, den basipetalen, akropetalen und interkalaren darlegen.

3. Spezieller Teil.

Wie an den verschiedenen anderen Organen der Pflanze, kann man auch an den Trichomen Zonen — und zwar hier drei — unterscheiden: die Basis, den Scheitel und den zwischen beiden liegen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den mittleren Teil. Die Basis ist das organisch untere Ende eines Gliedes, durch welches es mit seinem Muttergliede zusammenhängt, der Scheitel ist das entgegengesetzte freie, obere Ende. Wie nun die Beobachtung lehrt, kann an diesen verschiedenen Zonen das Wachstum der Haare sich vollziehen; nach den Benennungen der Zonen erhält man das basipetale, akropetale und interkalare Wachstum.

Bei dem basipetalen Wachstum geht die Entwickelung des Haares so vor sich, dass Zellwände immer nur am Grunde angelegt werden — demnach befinden sich die älteren Zellwände immer oberhalb der jüngeren, die jüngsten unmittelbar an der Basis. In vielen Fällen ist dieses dadurch sichtbar, dass die oberste (älteste) Zelle die längste ist, je näher man zum Grunde kommt, desto kleiner werden die Zellen, desto schneller folgen die Querwände aufeinander. Ferner sind in den oberen Zellen Längs- und Querwände mehr oder minder stark verdickt, am Grunde dagegen zart und dünn. Der Protoplasmagehalt der terminalen Zellen ist gering im Vergleich zu dem der basalen, der Kern ist mit dem Protoplasma oft ganz aus den älteren Zellen verschwunden, in den unteren dagegen sehr schön zu beobachten.

Bei akropetalem Wachstum werden die Zellwände an der Spitze angelegt, über einer ursprünglich angelegten Wand treten neue succedan auf. Während bei dem basipetalen Wachstum der Vermehrungsherd der Zellen am Grunde sich befand, liegt er hier an der Spitze. Was die Länge der Zellen anbetrifft, so differiert sie in vielen Fällen bei älteren (unteren) und jüngeren (oberen) wenig oder gar nicht. Die Zellen des Trichomes besitzen im ausgewachsenen Zustande alle eine ziemlich gleiche Grösse. Die Stärke der Wände nimmt von unten nach oben ab, der Protoplasmagehalt dagegen zu. Zellkerne, die in den unteren Zellen fehlen, treten in den oberen in voller Schärfe und Klarheit auf.

Interkalar nennen wir das Wachstum dann, wenn zwischen zwei angelegten Wänden neue auftreten. Wie ich schon angegeben habe, findet sich interkalares Wachstum selten, viel seltener jedenfalls wie die beiden ersten Wachstumsarten. Es kann jedoch sowohl bei basipetalem wie bei akropetalem Wachstum nachträglich auftreten; zuweilen ist es an bestimmte Stellen des Haares gebunden, in anderen Fällen tritt es an vielen zerstreut auf. Kennt-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lich ist es daran, dass die neu angelegten Querwände im Gegensatze zu den alten ausserordentlich zart und dünn sind. –

In dem nun folgenden speziellen Teile sollen die drei Wachstumsformen durch einige Beispiele, die aus den verschiedenen Pflanzenfamilien genommen sind, erläutert werden. Den Beginn bildet das basipetale Wachstum, dem sich das akropetale anschliessen wird, schliesslich folgen Untersuchungen, die über das interkalare Wachstum angestellt worden sind.

I. Basipetales Wachstum.

A. Knotenhaare.

a) bei Labiaten, z. B. Lamium album. (Fig. 1—7.)

Auf den Blättern, Stengeln sowie auf den Lippen der Blüte finden sich Haare mit knotigen Verdickungen. Weiss und Rauter haben akropetales Wachstum für dieselben angegeben; nur die Knotenbildung und Streckung des Haares soll von oben nach der

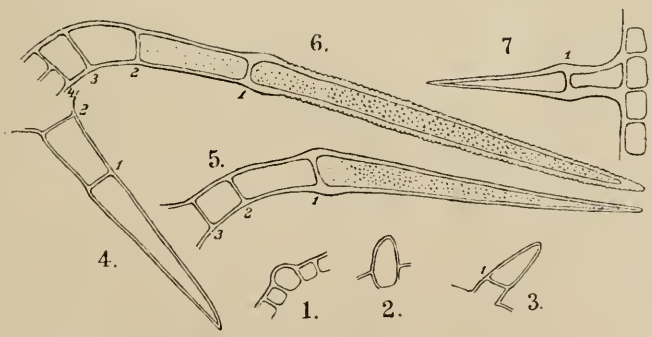


Fig. 1—7. Entwickelung der Haare von Lamium album.

Basis zu sich vollziehen. So oft ich aber diese Haare untersucht habe, konnte ich immer basipetales Wachstum feststellen. Die Beobachtung zeigt, dass, nachdem sich eine Epidermiszelle hervorgewölbt hat, eine Querwand dicht an der Basis angelegt wird.

Das Haar streckt sich bedeutend, darauf bildet sich unter der ersten Wand eine neue; es erfolgt wieder eine Streckung, in einigen Fällen erfolgt dann noch eine Querteilung, meist sieht man aber

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nur drei Zellen. (Es giebt jedoch Ausnahmen, ich habe Haare beobachtet, die 5–6zellig waren.)

Nachdem die erste Wand angelegt worden ist, wächst die obere Zelle sehr bald zu einer langen Spitze aus. — Die Scheitelzelle ist und bleibt immer die längste. Wenn das Haar zwei oder drei Querwände erhalten hat, sieht man, dass die oberste (erste) mehr und mehr verdickt wird: dort wo die Querwand an die Längswand stösst, erfolgt eine Verstärkung und ein Herauswölben der Längswand; es entsteht ein Gebilde, wie es Fig. 5 veranschaulicht. Dasselbe erfolgt später an der unteren Querwand; die weiter nach der Basis zu befindlichen Querwände bleiben meist zart und dünn. Am völlig ausgewachsenen Haare sieht man schliesslich eine Bewarzung auftreten, die ebenfalls an der Spitze beginnt und sich allmählich über das ganze Haar erstreckt.

Hinzufügen will ich noch, um Irrtümer zu vermeiden, dass man häufig vollkommen ausgebildete Haare beobachten kann, die nur zweizellig, ja sogar einzellig sind; man erhält z. B. Bilder, wie sie die Fig. 7 zeigt; der Typus ist aber ganz derselbe, wie er oben angegeben wurde.

Ganz dieselbe Ausbildungsweise zeigen die entsprechenden Haare von Lamium maculatum, longiflorum u. a.

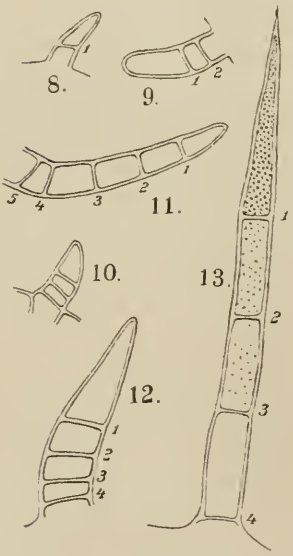


Fig. 8–13. Entwickelung der Haare von Origanum vulgare.

Ähnliche Entwickelung, wenn auch nicht denselben Bau finden wir bei den Haaren von Origanum vulgare. (Fig. 8—13.)

Die erste Wand tritt nicht dicht an der Basis, sondern mehr in der Mitte der entstandenen Ausstülpung auf: es erfolgt nach der Anlage dieser ersten Wand eine geringe Streckung, nach und nach werden vier, fünf, manchmal noch mehr Wände in kurzen Abständen immer nach der Basis zu angelegt. Die Zelle, die die Spitze des Haares bildet, wird wieder die längste, doch ist der Unterschied in der Grösse nicht so auffallend wie bei Lamium. Die Bewarzung erfolgt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schliesslich auch hier wieder in der Weise, dass sie von oben nach unten fortschreitet; meist lässt sie die unterste Zelle davon frei, oder die Bewarzung ist hier schwach im Vergleich zu den oberen Zellen. Die Anlage der Querwände kann man bei diesen Haaren sehr gut verfolgen, ebenso wie die Stärke der Querwände von oben nach unten zu abnimmt.

Als weitere Beispiele für basipetales Wachstum aus der Labiaten-Familie seien angeführt Stachys germanica, lanata, recta. Da die Zahl der angelegten Querwände gross ist, so ist es nicht schwer, sich über die Art des Wachstums klar zu werden; die frühzeitige Knotenbildung an der obersten Wand, sowie ihre Verstärkung lässt diese von vornherein als älteste erkennen. Die Haare von Betonica orientalis, Ballota, Nepeta grandiflora, nuda bestätigen das im Vorstehenden Gesagte; bei Dracocephalum stamineum, Ruyschiana herrscht wahrscheinlich derselbe Entwicklungsgang; Bau, Knotenbildung und Bewarzung weisen darauf entschieden hin — doch unterscheiden sich die Querwände so wenig von einander, dass über die Folge derselben nichts Bestimmtes ausgesagt werden kann.

Bei Marrubium peregrinum, praecox (Fig. 14) zeigen die Trichome, die stets basipetal wachsen, zwischen früher ange-

Fig. 14. Haar von Marrubium peregrinum. = d. interkalaren Wände.

legten Wänden neu auftretende — und zwar habe ich Fälle gesehen, wo zwischen zwei älteren Wänden mehrere — in den meisten Fällen zwei — interkalare gebildet werden, die gegenüber den längst fertigen an ihrer ausserordentlichen Zartheit zu erkennen waren. Die interkalare Teilung scheint hier nicht selten aufzutreten, da ich sie an vielen Exemplaren feststellen konnte. Nur sporadisch dagegen findet sich eine Verzweigung, die vom Grunde der Haare ausgeht. Neben den spitzauslaufenden, basipetal wachsenden Trichomen fin-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den sich solche mit breiter Kuppe und akropetaler Wandfolge, die zu Köpfchenhaaren werden. Man muss sich hüten, die Jugendzustände beider Arten mit einander zu verwechseln, da man sonst zu widersprechenden Resultaten gelangt.

b) Bei Kompositen.

Als Beispiel für das basipetale Wachstum von Filzhaaren junger Blätter möchte ich diejenigen von Aster Amellus, Helianthus annuus, tuberosus, Inula Helenium, Solidago virgaurea, Centaurea dealbata, macrocephala, Jacea anführen.

Bei Aster Amellus (Fig. 74—79) wird die erste Wand ziemlich in der Mitte der Epidermisausstülpung, die zum Haare auswachsen soll, angelegt. Darauf erfolgt eine Streckung; eine neue Wand wird unterhalb der ersten gebildet; die Scheitelzelle wächst sehr lang aus, während an der Basis nach erfolgter Streckung immer neue Querwände sich einfügen. Auf einer gewissen Entwickelungsstufe sieht man an der obersten Wand die Knotenbildung. Wo Quer- und Längswand zusammenstossen, wird letztere infolge nachträglichen Flächenwachstums mehr und mehr herausgewölbt. Während diese Bildung an der obersten Wand nach und nach der Vollendung entgegen geht, fängt die Längswand in der Nähe der darunter folgenden Querwand an, sich ebenfalls auszubauchen und damit auch hier die Bildung des Knotens einzuleiten. Dies geht basipetal immer in der angegebenen Weise fort. Wenn die obersten Zellen schon längst fertig ausgebildet sind, entstehen an der Basis immer noch neue Zellen, die reich an Protoplasma sind und Kerne besitzen. Quer- und Längswände sind in diesen im Gegensatz zu den oberen, wo oft die ganze Zelle (wenigstens die Scheitelzelle) verdickt ist, zart und dünn. In älteren Stadien

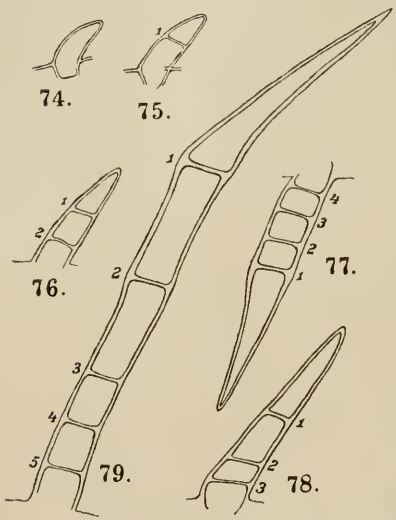


Fig. 74—79. Entwickelung der Haare von Aster Amellus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

tritt auch hier wieder eine Bewarzung auf, die ebenfalls basipetal verläuft.

Die Haare von Aster Amellus sind schwieriger zu studieren, weil der Filz, den sie namentlich an jungen Blattknospen bilden, sehr dicht ist. Leichter kann man die Entwickelung bei Helianthus tuberosus verfolgen. Wie die Figuren 15—20 zeigen, stülpt sich eine Epidermiszelle, die zum Trichom werden soll, hervor und nimmt eine kegelförmige Gestalt an. Zunächst ist die Kuppe noch breit, schärft sich aber immer mehr und mehr zu, bis sie eine lang ausgezogene Spitze darstellt. Mit dieser Zuschärfung ist eine erhebliche Streckung der Zelle verbunden; in der Mitte derselben oder mehr nach der Spitze zu wird nun die erste Querwand angelegt, die oberste Zelle streckt sich sehr bedeutend, unterhalb der ersten Wand tritt eine zweite, dritte, vierte u. s. f. auf. Im Niveau der obersten Querwand beobachtet man wieder zuerst die Knotenbildung; sie ist aber bei Helianthus nicht so typisch wie in den besprochenen Fällen. Soweit ich die hier vorkommenden Haare untersucht habe, beschränkt sich die Knotenbildung auf die oberste Querwand oder sie ist in den unteren Zellen kaum bemerkbar. Die Bewarzung, welche in der Scheitelzelle des Trichoms zuerst auftritt und dort überhaupt am stärksten ist, verläuft basipetal.

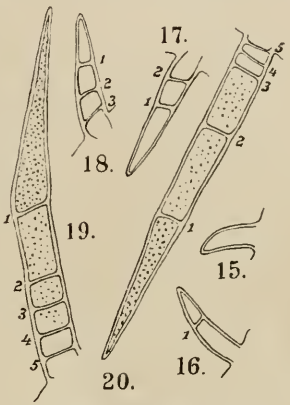


Fig. 15—20. Entwickelung der Haare von Helianthus tuberosus.

Bei Inula Helenium ist die Entwickelung ähnlich, nur dass die Knoten an den Querwänden abgesetzter erscheinen.

Bei Solidago virgaurea tritt die erste Wand sehr weit oben am Scheitel der ausgestülpten Epidermiszelle auf. Im ausgewachsenen Zustande differieren die Zellen des Haares in der Länge nicht sehr viel; die scharf zugespitzte Scheitelzelle ist wohl die längste, doch ist die Differenz nicht so bedeutend wie bei Lamium oder anderen beschriebenen Formen. Die Knotenbildung, wie sie von oben nach der Basis zu auftritt, ist scharf und deutlich zu beobachten, ebenso die Bewarzung, von der aber, wie mir scheint, die unteren Zellen befreit bleiben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Dasselbe gilt für Silphium perfoliatum. Eigentümlich ist den scharf zugespitzten Haaren dieser Pflanze, dass die Endzelle eine besonders starke Verdickung aufweist, wodurch das Zelllumen mehr oder minder vollkommen ausgefüllt wird. Die Bewarzung ist hier auch ganz besonders kräftig.

Zu bemerken ist ferner, dass sich zwischen den langen zugespitzten Trichomen kleinere mit breiter Kuppe versehene finden, wie sie die beigegebene Abbildung (Fig. 21—22) veranschaulicht. Wie die Untersuchung zeigt, wachsen auch diese basipetal; die oberste Zelle ist etwas länger, die übrigen, darunter liegenden, sind ziemlich gleich gross. In der Stärke der Quer- und Längswände zeigen sie keine Unterschiede. Diese Haare scheinen aber nicht lange zu bestehn; in den älteren Stadien erscheinen sie stark kollabiert.

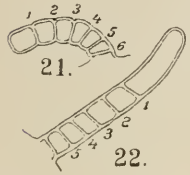


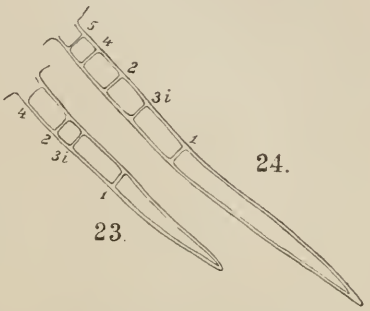
Fig. 21—22. Haare von Silphium perfoliatum.

Als ein weiteres Beispiel für basipetales Wachstum möchte ich noch speziell Eupatorium cannabinum hervorheben, das besonders klar und deutlich die Entwickelungsfolge erkennen lässt. Länger bei einer Beschreibung zu verweilen, scheint mir nicht nötig, da prinzipiell Neues nicht dabei zu erwähnen ist. Bei dem dichten Filze, den die Haare von Centaurea Jacea, macrocephala, dealbata an den Blattknospen bilden, ist es schwer, einzelne Haare zu studieren, da sie oft übereinander liegen und das Bild undeutlich machen.

Die Haare von Centaurea sind dadurch interessant, dass sich hier neben streng basipetalem Wachstum interkalares findet. Die oberste Zelle des Trichomes wächst zu einem langen nicht mehr geteilten Faden aus, unter der ersten Querwand folgen die anderen in der Regel basipetal; doch geschieht es nicht selten, dass zwischen zwei angelegten Querwänden eine neue — also interkalar — auftritt, wie dies die betreffenden Figuren zeigen. Beispielsweise konnte ich beobachten (siehe Fig. 23), dass zwischen den Wänden 1 und 2 die Wand 3 eingeschoben wurde; die jüngste Wand 4 folgt auf 2 basipetal. In der Fig. 24 war die Folge der Wände so, dass zwischen 1 und 2 die Wand 3 angelegt wurde, auf die Wand 2 folgten wieder basipetal 4 und 5, die letztere war die jüngst entstandene. Über das basipetale Wachstum brauche ich nichts hinzuzufügen, da besondere Eigentümlichkeiten dabei nicht vorkommen.

© Biodiversity Heritage Library; http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Für die Untersuchung ist von Wichtigkeit, dass man nur jüngere und mittlere Stadien benutzen kann. Im ausgewachsenen Zustande brechen meist die Haare ab, es bleiben nur Stümpfe derselben übrig, eine Beobachtung, die man an Filzhaaren sehr häufig machen kann.



Fgi. 23—24. Haare von Centaurea Jacea. i. = d. interkalaren Wände.

Unter c) sollen einige Beispiele für Knotenhaare an Pflanzen aus den Familien der Acanthaceae, Caryophyllaceae und Scrophulariaceae gestellt werden. —

Von den Pflanzen, deren Haare basipetales Wachstum zeigen, will ich aus der Familie der Caryophyllaceae nur Agrostemma Githago und Cerastium arvense, aus der Familie der Scrophulariaceae Veronica officinalis anführen, jedoch ohne die hierher gehörigen Formen genauer zu beschreiben. Im Wachstum haben alle das Gemeinsame, dass der Vermehrungsherd der Zellen an der Basis liegt. Auf einer gewissen Ausbildungsstufe tritt an der obersten Querwand die Knotenbildung auf, die sich bei Cerastium besonders kräftig zeigt. (Fig. 25.)

Dieselbe Entwickelung findet auch bei der Acanthacee Goldfussia statt; — eigentümlich ist bei den Haaren dieser Pflanze nur die Färbung des Zellsaftes, die in der obersten Zelle beginnt und zunächst rosarot ist. Sie erstreckt sich allmählich auch auf die übrigen Zellen, doch verändert sich die Farbe bald; während die unteren Zellen noch rot sind, werden die oberen blau, zuletzt braun. Wenn dieses Stadium erreicht ist, kollabieren die Endzellen sehr häufig, die Haare schrumpfen dann meist völlig zusammen. An besonders günstigen Objekten kann man die Farbenskala sehr schön verfolgen.

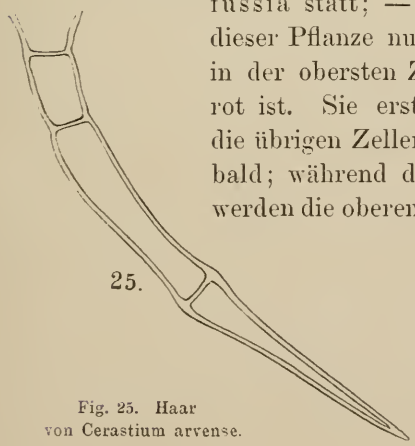


Fig. 25. Haar von Cerastium arvense.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

B. Fadenhaare.

Bei einigen Arten der Cichoriaceen, z. B. Lactuca virosa, Picris hieracioides, Crepis u. a., treten neben den von Warming in seiner Arbeit über die Kompositen beschriebenen Haarkörpern Trichome von fadenförmiger Gestalt auf, die, soweit ich sie untersucht habe, basipetales Wachstum zeigen. Es treten hier immer am Grunde des Haares eine grosse Zahl neuer Wände auf. Die Zellen sind an der Basis klein, die Querwände eng aneinander gerückt; die oberen Zellen sind dagegen viel länger.

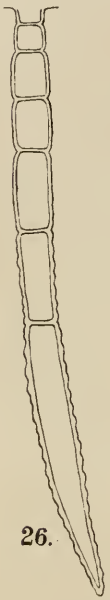


Fig. 26. Haar von Picris hieracioides.

Bei Picris hieracioides sind letztere noch besonders dadurch charakteristisch, dass sie von einer gewissen Entwickelungsstufe an eine eigentümliche Wellung der Längswände zeigen (Fig. 26). Diese Differenzierung vollzieht sich wieder basipetal, d. h. sie beginnt an der Scheitelzelle und geht von dort bis zum Grunde herab. Man kann jedoch die Entwickelung dieser Trichome nur an jungen Blattorganen verfolgen, da die Haare nicht von langer Dauer sind. Die Zellen kollabieren sehr bald — und zwar sieht man, dass die obersten Zellen den Collapsus zuerst zeigen.

Bei vielen Papilionaceen — als Beispiele führe ich Lupinus luteus und Astragalus Cicer an — finden sich Haare, die in der Mehrzahl der Fälle nur dreizellig sind. Die Entwickelung derselben vollzieht sich folgendermassen. (Fig. 27—29.) Die Epidermiszelle, die zum Haare werden soll, stülpt sich hervor und wächst sehr lang aus. Darauf bildet sich verhältnismässig dicht am Grunde eine Querwand und bald nach dieser Querteilung erfolgt eine abermalige Wandbildung immer unterhalb der erst angelegten Wand. Trotzdem die Haare so wenig Querwände bilden, kann man das basipetale Wachstum sehr genau verfolgen, weil sowohl die erste Wand als auch die Längswand der Scheitelzelle eine starke Verdick-

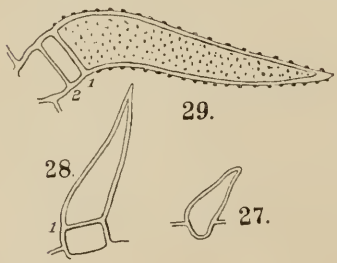


Fig. 27—29. Entwickelung der Haare von Astragalus Cicer.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ung erfahren, sodass die jüngst angelegte Wand durch ihre Zartheit leicht unterschieden werden kann. Eine Bewarzung, die in älteren Stadien zu beobachten ist, tritt an der Endzelle zuerst auf und bleibt wohl auf diese in den meisten Fällen beschränkt. An einzelnen Haaren der Exemplare, die ich untersucht habe, konnte ich noch eine dritte Querwand, die unterhalb der zweiten angelegt war, konstatieren, doch waren dies seltene Ausnahmen.

C. Hammerähnliche Trichome.

Z. B. bei Artemisia Absynthium, Ludovicianum, Abrotanum, Dracunculus. (Fig. 30—35.)

Auf Blättern und Stengeln dieser Pflanzen findet man Trichome von einer Gestalt, die in der Jugend mit einem Hammer Ähnlichkeit hat. Die Untersuchung derselben, wenigstens der ersten Stadien, macht besondere Schwierigkeiten, da sie an ganz jungen Blättern (überhaupt jungen Organen) zu einem dichten Filze verwoben sind. Man muss viele Beobachtungen anstellen, um die Entwickelung übersehen zu können.

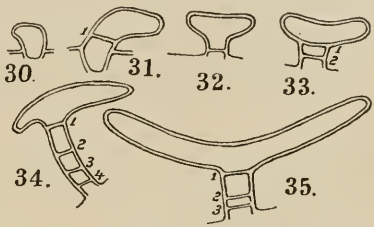


Fig 30—35. Entwickelung der hammerähnlichen Trichome von Artemisia.

Nach den Untersuchungen von Weiss soll der Fuss dieser hammerähnlichen Trichome interkalar gebildet werden; ich habe nur basipetales Wachstum dieser Haargebilde feststellen können. Wie die Figuren 30—35 zeigen, wölbt sich die Epidermiszelle, die zum Haare werden soll, hervor und erfährt in den typischen Fällen eine Querteilung dicht über der Basis. Die auf diese Weise nach oben abgetrennte Zelle wächst nun sehr bald aus; die beiden Seiten der Zelle erfahren zunächst ungleiches Wachstum. Die eine eilt der anderen in der Ausbildung weit voraus, sodass man die oben angegebenen hammerähnlichen Bilder zu sehen bekommt. Im ausgewachsenen Zustande sind aber beide Seiten gleich lang oder sie zeigen nur geringe Verschiedenheit. Gleichzeitig mit dem Auswachsen der obersten Zellen erfolgt die Bildung des Stieles. Nachdem die Scheitelzelle durch die erste Querwand abgetrennt worden ist, streckt sich die untere Zelle ein wenig; es wird eine neue Wand unterhalb der ersten gebildet. Je nach der Ausbildung des Haares kann dieser

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Vorgang sich mehr oder weniger oft wiederholen. Am häufigsten sind drei oder vier Stielzellen, doch kann sich die Zahl der Querwände in besonders kräftigen Gebilden sehr beträchtlich erhöhen. Wenn interkalare Teilung vorläge, wie Weiss angiebt, so müsste, nachdem die oberste Zelle abgetrennt worden ist, gleich an der Basis die zweite angelegt werden. Später müssten dann die übrigen Wände zwischen der oberen (ersten) und der an der Basis befindlichen Wand auftreten. Dieses habe ich aber in keinem Falle beobachten können; jedesmal trat die neue Wand unterhalb der vorher angelegten auf.

D. Verzweigte Trichome.

Von den verzweigten Trichomgebilden sollen die Haare von Verbascum Thapsus bezüglich ihrer Entwickelung hier beschrieben werden (Fig. 36—43).

Die Haarmutterzelle stülpt sich vor und teilt sich durch eine Querwand. Indem die Scheitelzelle zum mehr oder minder langen Faden auswächst und sich dabei zu einer Spitze zuschärft, folgt zuweilen der ersten Teilung eine zweite basipetal, in diesen Fällen steht die jüngst gebildete Querwand senkrecht auf der Längsachse des Haares. Gewöhnlich aber stülpt sich die durch die erste Querteilung gebildete untere Zelle seitlich aus (s. Fig. 38). Diese Ausstülpung wird später durch eine Wand, die schief zur Querwand steht, abgetrennt. Der Seitenzweig wächst nun nach und nach aus; unterhalb der schief angelegten zweiten Wand wird eine dritte wieder regelrecht gestellte Querwand gebildet (s. Fig. 39). In derselben Zone, in der die erste Ausstülpung sich vollzog, bilden sich 2—3 und mehr Seitenäste, die wirtelig beisammen stehen. Über denselben

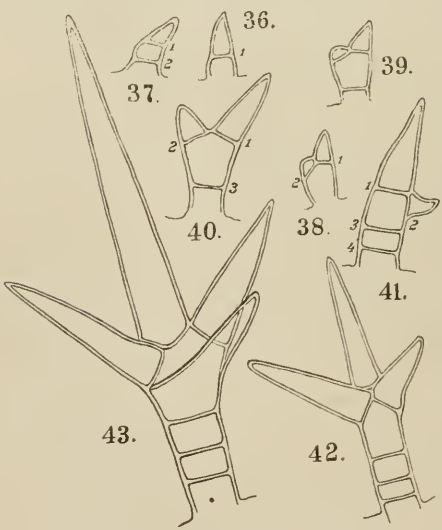


Fig. 36—43. Entwickelung der verzweigten Haare von Verbascum Thapsus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ragt die Endzelle, zu einer langen Spitze ausgezogen, hervor (s. Fig. 42). Damit ist aber die Entwickelung des Trichomes noch nicht vollendet. Unter den regelrecht gestellten Querwänden werden weitere derselben Art angelegt (s. Fig. 43). Durch seitliche Ausstülpungen der auf den ersten Wirtel folgenden Zelle nach vorn, hinten, links und rechts bildet sich ein zweiter Wirtel auf gleiche Weise wie im vorher beschriebenen Falle. Auf diesen letzten Wirtel folgen wohl noch nach unten einige Querwände; weitere Seitenzweigbildung, wie sie Weiss auf den Tafeln, die seinem Werke beigegeben sind, abbildet, habe ich nicht beobachten können.

E. Blasenhaare.

Von den Köpfchenhaaren, die eine basipetale Folge der Wände aufweisen, will ich nur die Entwickelung der Blasenhaare mitteilen, die sich bei vielen Chenopodiaceen und Amaranthaceen finden und den bekannten mehligen Überzug bilden. (Fig. 44—49.) (S. Engler-Prantl, „Natürliche Pflanzenfamilien", Chenopodiaceen von Volkens, III. Teil. 1. Abt. a. S. 39.)

Die sich ausstülpende Epidermiszelle bildet dicht an der Basis eine Querwand, die dadurch abgetrennte obere Zelle schwillt nach und nach zu der Blase an. Währenddessen streckt sich die untere Zelle und bildet einen mehr oder minder langen Stiel, der durch basipetal auf einander folgende Querwände geteilt wird; damit ist das Wachstum vollendet. Bemerkenswert ist, dass in vielen Fällen die Scheitelzelle schon vollständig zu der kugelförmigen Blase ausgewachsen, der Stiel dagegen in der Entwickelung sehr zurück geblieben ist. Umgekehrt ist oft der Stiel schon sehr weit im Wachstum vorgeschritten, bevor die Scheitelzelle sich zur Kugel auszuwölben anschickt. Es finden sich also lang und kurz gestielte Formen, die ersteren sind am frühesten in der Entwickelung vollendet. Von Interesse ist, dass die verschieden ausgebildeten Haare ein bestimmtes Niveau auf dem Blattorgan einnehmen. Die länger gestielten stehen

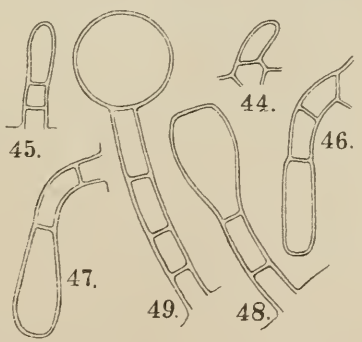


Fig. 44—49. Entwickelung der Blasenhaare von Chenopodium Bonus Henricus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in einer gewissen Abstufung mit ihren Köpfchen über den kurzgestielten und schützen die erst in der Ausbildung begriffenen Gebilde.

II. Akropetales Wachstum.

A. Sternhaare.

Von den Haargebilden, deren oberste Zellen eine besondere Ausbildung erfahren, sind die Sternhaare zu nennen, wie sie z. B. Hieracium brevifolium zeigt. Das Wachstum derselben erfolgt akropetal. Die sich ausstülpende Epidermiszelle teilt sich durch mehrere, auf einander folgende Querwände und wächst mehr oder minder lang aus. Auf einer gewissen Entwickelungsstufe hört das Längenwachstum auf, die beiden obersten Zellen erfahren eine für sie charakteristische Umbildung, wie sie die Fig. 53—57 zeigen. Es bildet sich z. B. (Fig. 53) in der dritten Zelle auf der einen Seite ein Buckel, der sich nach und nach stärker auswölbt; dasselbe erfolgt auf der entgegengesetzten Seite in gleicher Weise, nur etwas später, — die eine Seite eilt der anderen in der Entwickelung voraus. Was für die dritte Zelle galt, vollzieht sich in der vierten, der Scheitelzelle, in gleicher Weise; die Zelle erhält die sonderbarsten Formen wie sie die einzelnen Figuren zur Darstellung bringen. (Fig. 50—58.) Das Endresultat ist, dass beide Zellen zu zwei langen Doppelarmen auswachsen, die sehr verschieden (spitz-, rechtwinklig) zu einander gestellt sind. Die beiden Seiten eines Doppelarmes können einen gestreckten Winkel mit einander bilden, sodass die beiden Doppelarme parallel zu einander gelagert sind.

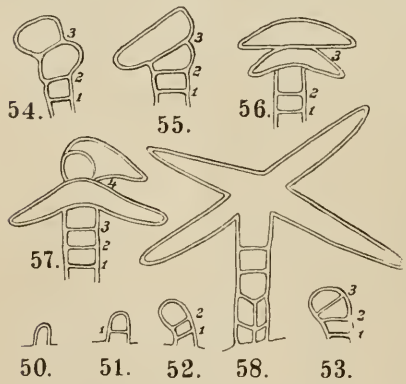


Fig. 50—58. Entwickelung der Sternhaare von Hieracium brevifolium.

Wie schon angegeben, erfolgt die ganze Entwickelung akropetal, indem nur die Scheitelzelle neue Zellen erzeugt; in manchen Fällen tritt bei alten ausgebildeten Haaren eine Längsteilung ein, die von der Basis nach dem Scheitel zu vorrückt. Sie beschränkt sich aber meist auf die am Grunde befindlichen Zellen und geht nicht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

oder selten über diese hinaus. Die Stiele der Sternhaare sind sehr verschieden lang; eine nachträgliche, interkalare Einfügung von Querwänden konnte nicht konstatiert werden. —

B. Verzweigte Gebilde.

An die Sternhaare sollen diejenigen Trichome angereiht werden, die sich bei Asarum europaeum auf Blattorganen finden. Weiss will hier basipetales Wachstum beobachtet haben; nach meinen Untersuchungen kann ich dieses nicht bestätigen. Ich habe die vollständige Entwickelung der Haare verfolgt und immer feststellen können, dass sie an der Spitze wachsen; hier beobachtet man stets die jüngst angelegten Wände. In vielen Fällen sieht man die Scheitelzelle ganz mit Plasma angefüllt, durch dasselbe zieht sich wie ein dünner Faden die jüngste Wand. Sehr allgemein ist — meist an älteren Haaren — eine Verzweigung der Trichome zu beobachten, die wiederholt an verschiedenen Punkten des Zellfadens erfolgen kann. Die Seitenzweige können sehr lang werden, selbstverständlich teilt sich auch hier nur die Scheitelzelle und bildet die neuen Wände. Die Art der Verzweigung ist sehr mannigfaltig, die Seitenäste können wieder Tochterzweige aussenden, man begegnet bei der Untersuchung den verschiedenartigsten Bildern.

Eine Verzweigung und Ausbildung ähnlicher Art zeigen die Staubfadenhaare von Nicandra physaloides. Das Wachstum ist streng akropetal. Bemerkenswert ist, dass die Verästelung in der Scheitelregion viel stärker ist als an der Basis, wo Äste in geringer Zahl oder gar nicht angelegt werden, dass auch meist eine Seite des Haares dabei bevorzugt wird, während die andere nur gering oder gar nicht an der Verzweigung beteiligt ist, sodass man hier an die Ausbildung von Wickeln erinnert wird.

C. Fadenhaare.

Von den Trichomen, die aus einer sehr grossen Zahl von ziemlich gleichartigen Zellen zusammengesetzt sind und streng akropetale Folge der Querwände zeigen, seien die Haare von Aristolochia Clematitis erwähnt, die sich im Perigon finden. Die merkwürdig schmale, relativ lange Basalzelle trägt eine ungemein grosse Zahl von Gliederzellen, die immer wieder am Scheitel neu erzeugt werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Gleiche gilt für die Staubfadenhaare von Tradescantia virginica.

Eigentümlich in der Gestaltung sind die auf den Blattorganen befindlichen Haare von Sonchus paluster. (Fig. 64—66.) Das akropetale Wachstum ist unbestreitbar, besonders schön sind in den oberen Zellen Protoplasma und Kern zu erkennen, die in den unteren oft völlig verschwunden sind. In jüngeren Stadien sind die Zellen kurz, sie wachsen aber nachher mehr oder minder lang aus; die jüngst angelegten Zellen sind nach beendigtem Wachstum die relativ längsten.

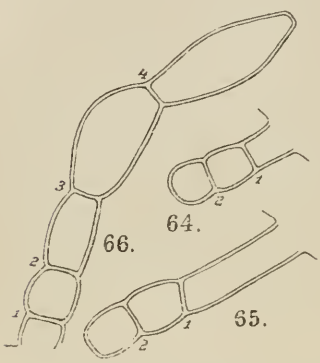


Fig. 64—66. Haare von Sonchus paluster.

Ein sehr schönes Beispiel für akropetales Wachstum stellen die Haare von Datura sanguinea dar. Bei diesen sieht man deutlich, wie die Querwände von unten nach oben an Stärke abnehmen: die jungen sind viel lichter, als die alten, dunkel erscheinenden Wände. Während die älteren Zellen eine bestimmte, rechteckige Gestalt zeigen, ist dies bei den jüngsten nicht der Fall; sie sind viel schmaler als die alten, infolge ihres veränderlichen Aussehens machen sie auf den Beobachter den Eindruck des Unfertigen. In der Scheitelregion enthalten die Zellen auch noch viel Plasma und grosse Zellkerne, in den ausgewachsenen ist das Plasma meist ganz verschwunden, Kerne sind aber noch vielfach vorhanden.

Solcher Beispiele könnte ich noch viele aufzählen, es würde aber zu weit führen, sie alle namhaft zu machen.

D. Köpfchenhaare.

Abgesehen von den wenigen bekannten Beispielen für Köpfchenhaare, die basipetales resp. interkalares Wachstum zeigen, kann man für die übrigen die akropetale Wandfolge feststellen. Die Untersuchung lässt uns dies an einer grossen Zahl derartiger Gebilde erkennen. Da diese Dinge bekannt sind, so ist es unnötig, länger dabei zu verweilen. Von den vielen Köpfchenhaaren, die mir zu Gesicht gekommen sind, will ich nur diejenigen von Cichorium Intybus erwähnen. Von sehr verschiedener Grösse, sind sie da-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

durch interessant, dass in vielen Fällen die Köpfchenbildung relativ spät sich vollzieht: junge Blätter zeigen dieselbe oft noch gar nicht, an völlig ausgewachsenen Trichomen fehlen dagegen die Köpfchen nie. Mit der Bildung akropetal auf einander folgender Querwände geht in älteren Stadien eine Längsteilung der Zellen Hand in Hand, die an der Basis beginnt, dort auch die meisten Wandbildungen aufweist und sich allmählich bis ungefähr in die Mitte des Haares erstreckt. Die oberen Zellen bleiben von dieser Längsteilung meist frei.

E. Filzhaare.

Von den Filzhaaren, die akropetales Wachstum zeigen, habe ich diejenigen von Senecio-Arten untersucht, z. B. von Senecio Fuchsii, nemorensis u. a. (Fig. 59—63). Die sich ausstülpende Epidermiszelle erzeugt am Scheitel immer neue Querwände. Die Endzelle, die in der Jugend eine breite Kuppe hatte, spitzt sich später etwas zu und wächst zu einem langen peitschenförmigen Faden aus. In vielen Fällen beobachtet man, dass bei ausgewachsenen Haaren die Zelle, die auf die langausgezogene Scheitelzelle folgt, breiter als die benachbarten ist. An der Stelle, wo sich die peitschenförmige Endzelle gegen die nächste, verbreiterte absetzt, reisst erstere im Alter ab. Auf älteren Blattorganen sieht man häufig nur noch die übrig gebliebenen Stümpfe verstreut. Neben diesen Filzhaaren kommen auf Senecio noch andere Trichome vor, die in der Jugend ebenfalls akropetal wachsen und sich durch eine grosse Zahl ziemlich gleichartiger Zellen auszeichnen, nur dass die oberen etwas länger als die übrigen sind. Nicht selten findet man, wenn die Trichome ziemlich fertig ausgebildet sind, dass die am Grunde befindlichen Zellen noch einmal, also interkalar, geteilt werden. Die Zellelemente des ganzen Haares sind bis zum Abschluss ihres Wachstums plasmareich. Durch das Plasma der unteren Zellen ziehen wie dünne Fäden die neu angelegten Wände hindurch. Die interkalare Teilung ist aber, wie gesagt, nur auf die

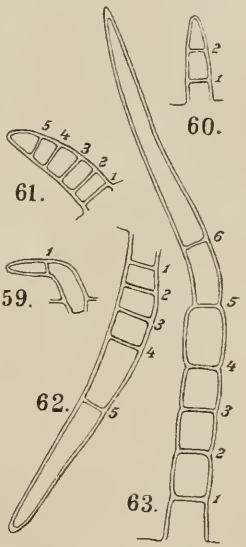


Fig. 59—63. Entwickelung der Filzhaare von Senecio Fuchsii.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

untersten Zellen beschränkt, für die oberen konnte dieselbe niemals konstatiert werden. Sie findet sich auch nicht allgemein, sondern es sind Ausnahmen, die aber doch ziemlich häufig vorkommen.

Fadenhaare mit akropetalem Wachstum finden sich auf den Blattorganen von Lysimachia punctata, Digitalis purpurea, lutea, Veronica hederaefolia u. a.

Prinzipiell Neues inbetreff des akropetalen Wachstums ist nicht mitzuteilen; in älteren Stadien findet sich bei diesen Haaren eine mehr oder minder starke Bewarzung. Ob dieselbe am Scheitel oder an der Basis einsetzt, konnte nicht festgestellt werden, da die Zellen der beobachteten Stadien keinen Unterschied boten; die Bewarzung trat überall ziemlich gleich stark auf. Bei diesen Haarbildungen war stets zu konstatieren, dass die Querwände an der Basis eine bedeutende Verdickung zeigten gegenüber den an dem Scheitel befindlichen Zellen, die durch ihre zarten Querwände andeuteten, dass sie zuletzt angelegt worden waren. Interessant sind bei Digitalis die auf der Blumenkroneninnenseite stehenden borstenähnlichen Trichome. Sie wachsen ebenfalls akropetal und zeigen früher oder später deutliche Knotenbildung an den Ansatzstellen der Querwände. Diese geht entsprechend der Wachstumsart von unten nach oben vor sich. Wie diese Knoten angelegt werden, kann man gerade hier ausserordentlich gut beobachten. Geht man vom Scheitel des Haares zur Basis hinab, so finden sich in noch wachstumsfähigen Trichomen alle Übergänge. Am Scheitel sind die Querwände noch ausserordentlich dünn, von Ausbuchtung der Längswand ist noch keine Spur zu beobachten. Je weiter man nach unten fortschreitet, desto stärker werden die Querwände, desto deutlicher sind die Knoten ausgeprägt, bis man sie am Grunde typisch ausgebildet vorfindet. Die Haare auf der Blumenkroneninnenseite sind von bedeutender Länge.

F. Borstenhaare der Labiaten.

Wie ich schon im allgemeinen Teil bemerkt habe, finden sich bei den einzelnen Arten der Labiaten Trichome, die im ausgewachsenen Zustande vollkommen gleich aussehen, deren Entwickelung aber eine sehr verschiedene ist. Die basipetal wachsenden Formen habe ich besprochen, die mit akropetaler Folge der Querwände wären jetzt anzuführen. Als Beispiele mögen die Haare von Salvia

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sclarea, Bertolinii, glutinosa, silvestris zunächst betrachtet werden (Fig. 67—73). Die Epidermiszelle, die zum Haare werden soll, stülpt sich hervor, die Kuppe ist in den jüngsten Stadien breit, sie schärft sich aber nach und nach zu, bis sie zu einer lang ausgezogenen Spitze geworden ist. Die Ausstülpung teilt sich sehr bald durch eine Querwand, die dicht an der Basis auftritt, und erzeugt dann weiter akropetal immer neue Wände, deren Zahl sehr verschieden ist. Es kommen sehr kurze Haare mit 2—3 Zellen, daneben aber lange 8—10zellige vor. In älteren Stadien sieht man, dass die Wände der unteren Zellen stark verdickt werden, die oberen dagegen sich durch Zartheit merklich abheben. Im vollkommen ausgewachsenen Zustande unterscheiden sich die Zellen wenig, nur dass die oberen länger sind als die unteren. Eine Bewarzung tritt später auf, sie scheint allmählich vom Scheitel nach der Basis zu fortzuschreiten, doch habe ich dafür keine absolut sicheren Anhaltspunkte.

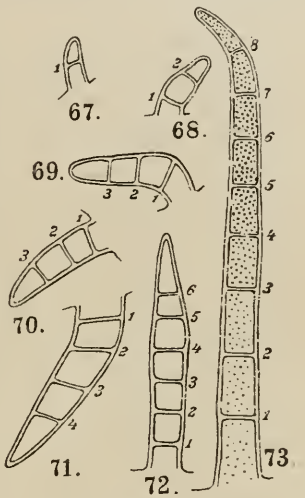


Fig. 67—73. Entwickelung der Haare von Salvia.

Bei einigen Arten von Salvia kommen neben diesen borstenförmigen Trichomen Köpfchenhaare vor. Man muss sich hüten, (z. B. bei Salvia glutinosa) die Jugendstadien beider Arten zu verwechseln. Die Köpfchenhaare behalten die breite Kuppe, bei den Borstenhaaren schärft sich dieselbe zur Spitze zu.

Eine andere Labiate, die ähnliche Borsten auf ihren Blatt- und Stengelorganen trägt, ist Ajuga reptans. Der Herd der Zellvermehrung findet sich hier wieder am Scheitel; die oberen Zellen zeichnen sich durch reichen Plasmagehalt und durch Anwesenheit von Kernen aus. Die jüngst angelegte Wand sieht man häufig am Scheitel wie einen dünnen Faden quer durch die Zelle ziehen. In älteren Stadien ist wieder eine Knotenbildung im Niveau der Querwände zu beobachten, und zwar tritt dieselbe an der Basis zuerst auf; die Querwände werden stark verdickt, die Längswand an der Berührungsstelle mit den ersteren mehr oder minder stark herausgewölbt. Die Bewarzung, die später eintritt, erscheint, wie ich nach

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

meinen Beobachtungen annehmen muss, zuerst am Scheitel, später an der Basis. In älteren Haaren werden zuweilen in den 2—3 untersten Zellen interkalare Wände eingeschoben, die von den anderen sich durch ihre Zartheit abheben. An diesen nachträglich auftretenden Wänden sind die Knoten selbstverständlich noch nicht vorhanden, sie werden erst bedeutend später angelegt. Wenn man flüchtig untersucht, glaubt man infolge der zarten, an der Basis befindlichen, nachträglich angelegten Wände basipetales Wachstum konstatieren zu können. Ein solches liegt aber nicht vor, die Haare wachsen akropetal.

Ähnliche Borsten stehen auf den Blattorganen von Scutellaria peregrina und altissima. Die oberste Wand ist hier wieder die jüngste, die Scheitelzelle zeichnet sich durch den reichen Protoplasmainhalt aus, in den unteren Zellen findet sich dagegen nur noch ein schwacher Wandbeleg. Knoten werden nicht angelegt, doch tritt eine Bewarzung auf, die vom Scheitel zur Basis fortschreitet, dort auch am stärksten entwickelt ist. Die Haare weisen eine grosse Zahl von Zellen auf, so dass die Untersuchung und die Feststellung der Wachstumsart keine Schwierigkeit macht.

Eine stärkere Verdickung der Querwände, die von unten nach oben fortschreitet, lässt die Basalzellen auf den ersten Blick als die älteren erkennen.

Als ein weiteres Beispiel von Borstenhaaren mit akropetaler Entwickelung bei Labiaten sei Monarda fistulosa angeführt. Merkmale für das akropetale Wachstum sind, dass die Wände von der Basis zum Scheitel an Stärke abnehmen; ferner ist in den obersten Zellen das Plasma noch reichlich vorhanden, aus den unteren so gut wie verschwunden und ebenso verhalten sich die Kerne. Eine Knotenbildung tritt zuerst an der Basis auf und setzt sich bis zum Scheitel fort. In den obersten Zellen zeigen sich die Knoten gewöhnlich noch nicht oder sie sind sehr schwach entwickelt.

Ebenfalls gehören hierher die Haare von Phlomis umbrosa und tuberosa; was das Wachstum anbetrifft, so zeigen sie nichts neues.

Die Haare sind namentlich bei Phlomis umbrosa im Alter ausserordentlich stark verdickt. Neben einzeln stehenden Trichomen finden sich hier Trichomgruppen von 2—4 Haaren auf einem gemeinsamen Bulbus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

III. Interkalares Wachstum.

Was nun endlich das interkalare Wachstum betrifft, so habe ich ja schon einige Angaben darüber gemacht. Es wäre müssig, dieselben hier noch einmal zu wiederholen, sie mussten dort gegeben werden, wo die betreffenden Haartypen beschrieben wurden. Wie ich schon erwähnt habe, findet sich interkalares Wachstum selten. Es kann sich, wie die Beispiele zeigen, bei basipetalem ebenso wie bei akropetalem Wachstum am Aufbau der Trichome beteiligen. Als besonders typische Beispiele für interkalares Wachstum kann ich nur zwei anführen: Polemonium coeruleum und Tragopogon floccosus.

Bei Polemonium zeigen die Haare, die sich an den Laubblättern, besonders an dem unteren Teile der breiten Blattspreite finden, zunächst akropetales Wachstum; in älteren Stadien sieht man — am besten in den unteren resp. untersten Zellen — neue Wände auftreten. Diese interkalare Teilung ist jedoch nur in bestimmten Stadien deutlich erkennbar. Das Haar darf nicht zu jung aber auch nicht zu alt sein. Bei jungen Haaren ist die Teilung noch nicht erfolgt, bei zu alten unterscheiden sich die Wände bei dem schnellen Wachstum in die Dicke so gut wie gar nicht von den früher angelegten; ausserdem sind sie alsdann infolge des starken Längenwachstums sehr weit aus einander gerückt. Wie man daraus ersieht, ist es mehr oder weniger vom Zufall abhängig, günstige Objekte zu erhalten. Hat man das richtige Stadium einmal gefunden, so kann man die nachträgliche Teilung auch vorzüglich beobachten und sicher konstatieren.

Bei Tragopogon floccosus ist die Sache einfacher, weil hier die betreffenden Haare sehr lange im Wachstum und in der Teilung der Zellen verharren. Das Wachstum ist hier anfangs basipetal; die oberste Wand ist und bleibt die älteste, am Grunde entstehen immer neue Zellen. Zwischen zwei älteren Wänden werden oft ein oder zwei oder in günstigen Fällen noch mehr neue Querwände gebildet. Dieses kann in verschiedenen Höhen des Haares eintreten, nur die oberste Zelle bleibt stets ungeteilt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zusammenfassung.

Wenn wir nun das, was in den vorstehenden Zeilen gesagt ist, zusammenstellen, so erhalten wir folgende Resultate:

1. Bei dem Aufbau der Haare an den Pflanzenorganen lassen sich drei Wachstumstypen unterscheiden: der basipetale, akropetale und interkalare Typus.

2. Das interkalare Wachstum tritt sowohl beim basipetalen wie beim akropetalen Typus auf; es kommt jedoch im Vergleich zu den beiden letzteren nur selten vor.

3. Die einzelnen Haarformen sind in morphologische Gruppen geordnet worden. Wie die Entwickelungsgeschichte der Trichome lehrt, kommt diesen Gruppen aber nicht allgemein das basipetale resp. akropetale Wachstum zu. Man kann nicht allgemein von den Faden-, Knoten- oder verzweigten Haaren aussagen, dass sie basipetale resp. akropetale Wandfolge zeigen, vielmehr kommen bei den betreffenden Haargruppen beide Wachstumsarten vor, d. h. nicht etwa im beliebigen Wechsel, sondern so, dass für jede Pflanze die Entwickelung der ihr zukommenden Haare konstant bleibt.

4. Von allgemeinerem Interesse ist, dass die Haare, die den Vertretern einer Familie zukommen (z. B. die Haare auf Labiaten), die soeben angedeutete Verschiedenheit in der Entwickelung zeigen. Selbst bei Pflanzen, welche nach ihrer Anordnung im System als nächste Verwandte erscheinen, herrscht in dieser Hinsicht keineswegs Übereinstimmung.

Ich gebe hier die Systematik der in Frage kommenden Labiaten, wie sie einerseits von G. Bentham in den „Genera plantarum“, andererseits von J. Briquet in Engler-Prantl's „Natürlichen Pflanzenfamilien“ zusammengestellt sind. In Klammern habe ich die nach meinen Untersuchungen konstatierte Wachstumsart angegeben.

Bei Bentham ist die Anordnung folgendermassen getroffen:

Satureineae:

Subtribus 2. Menthoideae:

Origanum (basipetal).

Monardeae:

Salvia (akropetal), Monarda (akropetal).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nepeteae:
Nepeta (basipetal), Dracocephalum (basipetal).
Stachydeae:
Subtribus 1. Scutellarieae:
Scutellaria (akropetal).
Subtribus 2. Marrubieae:
Marrubium (basipetal).
Subtribus 4. Lamieae:
Stachys (basipetal), Lamium (basipetal), Ballota (basipetal), Phlomis (akropetal).
Ajugoideae: Ajuga (akropetal).

Bei Briquet findet sich nachstehende Gruppierung:
Ajugoideae:
Ajugeae: Ajuga (akropetal).
Scutellarioideae:
Scutellaria (akropetal).
Marrubieae:
Marrubium (basipetal).
Nepeteae:
Nepeta (basipetal), Dracocephalum (basipetal).
Stachydeae:
Lamiinae:
Phlomis (akropetal), Lamium (basipetal), Ballota (basipetal), Stachys (basipetal).
Salvieae:
Salvia (akropetal).
Monardeae:
Monarda (akropetal).
Satureieae:
Thyminae:
Origanum (basipetal).

Wie man aus dieser Zusammenstellung ersieht, ist die Entwickelung der Haare öfter sogar bei Arten, die nach den genannten Autoren nahe verwandt sein sollen, verschieden. Am auffallendsten tritt dieses bei Phlomis zu Tage. Bei Bentham ist diese Gattung unter die Stachydeae, Subtribus Lamieae mit Stachys, La-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mium, Ballota zusammengestellt, ebenso finden wir sie in dem System von Briquet unter den Stachydeae, Subtribus Lamiinae, mit Lamium, Ballota und Stachys vereinigt.

Während die Knotenhaare von Lamium, Ballota und Stachys basipetale Folge der Querwände aufweisen, befindet sich bei Phlomis der Herd der Zellvermehrung an dem Scheitel; es findet sich also in derselben Tribus resp. Subtribus entgegengesetztes Wachstum.

Ich zweifle nicht, dass man bei weiterer Untersuchung auch in anderen Pflanzenfamilien ähnliche Gegensätze antreffen wird. Was die Haare hier im Kleinen darthun, trifft bekanntlich auch für manche Gewebeformen zu, wie dies z. B. Schwendener für das mechanische System und ebenso für die Spaltöffnungen der Glumaceen gezeigt hat.

Je nachdem man nach Blüte und Frucht oder aber nach vegetativen Organen, beziehungsweise Geweben einteilt, wird eine verschiedene Gruppierung herauskommen.

Vorstehende Untersuchung wurde während des Jahres 1897 bis April 1898 in dem botanischen Institut der Universität Berlin ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Geh. Regierungsrat Professor Dr. S. Schwendener sage ich an dieser Stelle für die vielfache wissenschaftliche Förderung, die ich von ihm erfahren habe, meinen verbindlichsten Dank.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Wissenschaftlichen Botanik

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 4

Autor(en)/Author(s): Hirsch W.

Artikel/Article: Untersuchungen über die Entwickelung der Haare bei den Pflanzen 1-36