

Beiträge

zur Kenntniss des Einflusses geänderter Vegetationsbedingungen auf die Formbildung der Pflanzenorgane,

nebst einem Anhang:

Ueber eine merkwürdige Form von Lenticellen.

Von

Otto Stapf.

(Vorgelegt in der Versammlung am 3. April 1878.)

(Mit Tafel III.)

In einem der Zimmer des pflanzenphysiologischen Institutes waren behufs eines Versuches Kartoffeln zum Austreiben angesetzt worden, und zwar unter einer Glasglocke im feuchten Raume, im diffusen Lichte. Nachdem die Triebe eine gewisse Grösse erreicht hatten, zeigte sich eine auffallende Erscheinung an ihnen. Es bedeckte sich nämlich die untere Hälfte der Stengel wie mit einer feinen, weissen, pulverigen Masse, welche, wie sich später herausstellte, aus frei gewordenen Füllzellen von Lenticellen bestand. Dieses Phänomen lenkte alsbald die Aufmerksamkeit auf die eigenthümlichen Verhältnisse, unter welchen die Pflanzen gestanden waren, und es drängte sich die Frage auf, wie weit der Einfluss reiche, den eine Aenderung der Vegetationsbedingungen nach verschiedener Richtung auf die Formbildung der Pflanzen ausübt, und welcher Art er sei. Dazu gewann dieser Gegenstand noch dadurch an Interesse, dass gerade in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten Untersuchungen ähnlicher Art angestellt worden waren. Ich will nur an die Arbeiten von Kraus¹⁾ und Rauwenhoff²⁾ über Etiollement, von Askenasy³⁾ und Hildebrand⁴⁾ über die Einwirkung umgebender Medien auf amphibische Pflanzen erinnern, und an jene von Lewakoffski⁵⁾ die den Einfluss der Immersion auf terrestrische

¹⁾ Kraus, Ueber die Ursachen der Formänderungen etiol. Pflanzen. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII. S. 207 ff.

²⁾ Rauwenhoff, Over de vorzaken der abnormale vormen van in het donker groeiende plants. Amsterdam. 1877.

³⁾ Askenasy, Bot. Zeitg. 1870, Nr. 1.

⁴⁾ Hildebrand, Bot. Zeitg. 1870, p. 193 ff.

⁵⁾ Lewakoffski, Ueber den Einfluss des Wassers auf das Wachstum der Stengel und Wurzeln einiger Pflanzen. — Zur Frage über den Einfluss des Mediums auf die Form der Pflanzen. (Gelehrte Schriften der k. Univ. Kasan. 1873, Nr. 5 und 6.)

Pflanzen zum Gegenstand hat. So werthvoll aber auch die Resultate dieser Forscher sind, den Zusammenhang zwischen der Aenderung der Vegetationsbedingungen und der Formveränderung der Pflanzen vermögen sie nicht zu erklären, und es hat den Anschein, als wäre überhaupt noch zu wenig Materiale da, um mit Aussicht auf Erfolg an die Lösung dieses Räthsels zu gehen. Darum habe ich mir in der vorliegenden Arbeit die Aufgabe gestellt, einen kleinen Beitrag zu den Kenntnissen über den Einfluss geänderter Vegetationsbedingungen auf die Formbildung der Pflanzen zu geben, mich aber andererseits auch eines jeden Versuches, dafür eine Erklärung zu liefern, enthalten.

Die Versuche wurden sämmtlich im pflanzenphysiologischen Institute der Universität unter der Leitung des Herrn Professor Wiesner ausgeführt, für dessen zuvorkommende Unterstützung mir erlaubt sein möge, hier meinen Dank auszusprechen.

Es wurde eine Anzahl von Kartoffeln im Beginne des Monates März (1877) in verschiedenen Localitäten und unter verschiedenen Bedingungen zum Austreiben angesetzt und zwar:

1. In einem Zimmer des Institutes im diffusen Licht (Zimmerform).
2. In derselben Localität im Dunstraum (Dunstform).
3. In derselben Localität unter Wasser.
4. In einem constant verdunkelten Raume des Institutes (Gaslichtform).
5. In derselben Localität im Dunstraum.
6. Im Dunkelkasten, der das Licht soweit ausschloss, dass wenigstens keine makroskopisch sichtbaren Spuren von Chlorophyll gebildet wurden (Kastenform).
7. Ebenfalls hier im dunstgesättigten Raum.
8. Im Keller des Institutes, wo das Licht ganz ausgeschlossen war (Kellerform).
9. Im Keller im Dunstraum.

Von diesen Versuchen waren die unter 1., 2., 4., 6. und 8. genannten nach sieben Wochen gelungen, während in den übrigen die Kartoffel in Fäulnis übergingen. Ende April wurden die Versuche wiederholt unter genauer Beobachtung der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Nach sechs Wochen wurden sie abgebrochen. Die Resultate dieser Beobachtungen waren:

Localität	Extreme der Temperatur (Cels. Gr.)	Mittl. Temperatur	Extreme der relat. Feuchtigkeit	Mittl. relat. Feucht.	Extreme des Dunstdruckes	Mittl. Dunstdruck
Zimmer	12·4—26	18·3	91—59	74·5	8·0—15·7	12·1
Gaskammer	15·6—25·4	19·7	88—47	66	8·2—20·7	11·9
Kasten	14·6—24	17·7	98—57	79·5	9·4—14·1	11·3
Keller	8—13·6	9·1	98—61	81	6·1—9·6	6·9

Die Entwicklung, welche die Kartoffeltriebe der zweiten Versuchsreihe zeigten, stimmte mit derjenigen der ersten Versuchsreihe überein, so dass ich mich in der Darlegung der auftretenden Differenzen auf diese beschränken kann.

Ich will zunächst jenen Theil besprechen, welcher sich auf die äusseren morphologischen Verhältnisse bezieht, um dann in das anatomische Detail einzugehen. Voran sei jedesmal des Vergleiches halber eine Schilderung der Verhältnisse gestellt, wie sie an der normalen Pflanze auftreten.¹⁾

I. Aeussere morphologische Unterschiede.

Normale Form:

Länge der bestentwickelten Triebe 59—60 Cm. Anzahl der Internodien 28—30; davon subterran 11—12. Länge der Internodien eines 59 Cm. langen Triebes (in der Reihenfolge von der Basis zum Scheitel): —, —, —, —,²⁾ 1.75, 2, 6, 8, 9, 18.5, 13, 35, 2, 1, 46, 36, 43, 50, 50, 44, 50, 43, 32, 30, 26, 14, 10, 5, 2, 1, —, — Mm.; Länge der Internodien eines 59.6 Cm. langen Triebes: —, —, —, —, —, —, 2.5, 11, 18, 36, 12, 16, 35, 44, 42, 52, 40, 38, 35, 43, 33, 30, 22, 12, 8, 7, 9, — Mm. Es tritt also dreimal ein Minimum der Internodienlänge auf: eines an der Basis, ein zweites in jenem Internodium, welches das erste über der Erde ist, und ein drittes am Scheitel des Stengels. Ebenso zeigen sich zwei Maxima, wovon das erste unmittelbar unter dem zweiten Minimum liegt. Es findet also hier der von Münter³⁾ aufgestellte Satz, „dass nicht blos das einzelne Internodium während seines Wachsens die Periode der Zunahme, der Höhe und der Abnahme an Intensität zeigt, sondern dass dieses auch für die isochronisch im Wachsthum begriffenen Internodien und auch für die ganzen einjährigen Pflanzen und den letztjährigen Trieb unserer Waldbäume seine volle Giltigkeit hat“, hier nur insoferne seine Bestätigung, als wir von den subterranean Internodien absehen.

Blätter an den subterranean Internodien klein und schuppenförmig, an den ersten über dem Boden befindlichen in Folge der Bodenfeuchtigkeit zu Grunde gegangen, darüber normal, von der bekannten Form. Axillarsprosse des unterirdischen Theiles kurz und mit schuppenförmigen Blättchen besetzt oder länger und an den Enden mehr weniger kugelig angeschwollen; an den ersten über die Erde tretenden Internodien gleich den Blättern zu Grunde gegangen, darüber zu beblätterten und häufig verästeten Zweigen ausgebildet. Wurzeln an der Basis des Stengels dicht gedrängt in grösserer Zahl, bis 16.8 Cm. lang. An den nächsten Internodien zu 3 oder 4, selten zu 5, kurz

¹⁾ Diese normalen Pflanzen waren von demselben Alter, wie die abnormal gezogenen, nur zu verschiedener Zeit und an verschiedenen Orten gewachsen. Das hindert aber nicht, die Ergebnisse in den Vergleich einzubeziehen, da es sich überhaupt nur darum handelt, die Formbildung ganz normaler Pflanzen von demselben Alter zu bestimmen. Diese Bedingungen sind aber hier erfüllt.

²⁾ Ein Strich (—) bedeutet, dass das betreffende Internodium nicht mehr genau zu messen war.

³⁾ J. Münter, Botan. Zeitg. 1843, p. 73, 74.

oder nur papillenförmig. Je eine steht neben dem Blättchen des betreffenden Internodiums, die 3., oder die 3. und 4. darüber. Chlorophyllbildung an den ersten über die Erde tretenden Internodien schwächer, als an den nachfolgenden; hier reichlich. Anthocyan fehlt. Behaarung gegen den Scheitel zunehmend, nicht stark.

Ich wende mich zu den abnormalen Formen. Sie lassen sich in zwei Gruppen theilen, wovon die eine die Zimmer-, Dunst- und Gaslichtform als Lichtformen umfasst, während die andere die Kasten- und Kellerform als Dunkelformen in sich begreift. Was nun die Lichtformen, und zwar die Zimmer- und Gaslichtform anlangt, so sind ihre Triebe sehr kurz und gedrungen und haben eine relativ grosse Zahl von Internodien, besonders die der Gaslichtform. Doch ist die Zu- und Abnahme derselben, so weit sie sich wegen der Kürze derselben verfolgen lässt, eine sehr ungleichmässige, so dass jene Gesetzmässigkeit im Verlaufe der Curve der Internodienlänge ganz verwischt erscheint. Die Blätter sind klein, schuppenförmig. Die Axillarknospen sind überall angelegt, überragen aber nirgends die Stützblättchen an Länge.¹⁾ Die Wurzeln treten zahlreich auf, ohne aber über die Form von mehr weniger stark hervorragenden Papillen hinauszugehen. Sie finden sich bis zum zweiten Drittel des Stengels hinauf, fast durchgehends in der Dreizahl, und derart angeordnet, dass je eine neben dem Blättchen des betreffenden Internodiums, die dritte aber darüber steht.

Chlorophyll in der Form von Chlorophyllkörnern ist in beiden Fällen vorhanden, nur dass es in der Zimmerform reichlicher als in der Gaslichtform auftritt. Anthocyan kommt in beiden Formen in den Blättchen, besonders gegen den Scheitel hin, vor, so dass sie manchmal ganz dunkelviolettfärbt erscheinen. Nur in je einem Falle trat Anthocyan über den ganzen unteren Theil des Stengels (in den subepidermalen Grundgewebszellen) verbreitet auf, und zwar bei jenen Exemplaren, die sich gleichzeitig durch eine sehr starke Behaarung auszeichneten, während diese bei den übrigen Trieben nur sehr spärlich war oder makroskopisch gar nicht wahrgenommen werden konnte. Endlich tritt noch bei beiden Formen in gleicher Weise die Erscheinung der Ausbildung zahlreicher, heller gefärbter Papillen auf, die besonders an den tieferen Internodien deutlich sind. Diese Papillen, auf die ich noch zu sprechen kommen werde, sind durch Wucherung des die Spaltöffnungen umgebenden Parenchyms entstandene Erhebungen.

In manchen Punkten verschieden von der Zimmer- und Gaslichtform verhalten sich die im Dunstraum gezogenen Pflanzen. War dort die Gedrungenheit der Triebe, die relativ grosse Zahl von Internodien, die Menge kleiner, papillenförmiger Wurzeln, die grüne und violette Färbung charakteristisch, so erscheinen die Triebe dieser Form etwas schlanker, die Zahl der Internodien

¹⁾ Mehrere Wochen später entwickelten sich indessen kräftige Seitensprosse, die in einzelnen Fällen so lang waren, dass die Pflanze breiter als hoch erschien. Sie hatten ganz den Charakter des Hauptstammes.

ist im Verhältniss zur Länge des Stengels viel geringer, diese nimmt gleichmässiger zu und ab, die Wurzeln entwickeln sich an den untersten Internodien kräftiger, sind reich mit Wurzelhaaren versehen, werden bis 15 Cm. lang und können auch an dem dritten oder vierten Internodium noch 1 Cm. erreichen. Während aber die Wurzelbildung mehr als bei den beiden ersten Formen gefördert erscheint, tritt die Blattbildung noch mehr zurück, indem die Blättchen viel kleiner sind, und so wie die in ihren Achseln gelegenen Axillarknospen in kurzer Zeit absterben. Die Behaarung ist auch hier, wie in den meisten Fällen bei den früher besprochenen Formen eine sehr mässige, oft makroskopisch kaum wahrnehmbare. Der grösste Unterschied aber zwischen der Zimmer- und der Gaslichtform einerseits und der Dunstform andererseits, und zugleich der bezeichnendste liegt in dem im Eingange erwähnten Auftreten von Lenticellen, deren austretende Füllzellen die unteren Stengeltheile wie mit einem weissen, sehr feinen Pulver überdecken.

Im Allgemeinen zeigt sich also, dass die Dunstform eine Ausnahmstellung gegenüber den beiden anderen Lichtformen einnimmt, die sie in manchem Punkte der einen der Dunkelformen, der Kellerform, nämlich nahe rückt.

Noch viel grösser aber, als die Differenzen zwischen den Lichtformen, sind diejenigen, welche uns an den beiden Dunkelformen entgegentreten. Es sind dies Differenzen, die so weit gehen, dass die Keller- und die Kastenform in mehr als einer Hinsicht geradezu die Extreme der hier ins Spiel kommenden Erscheinungen zeigen, eine Thatsache, die noch mehr bei der mikroskopischen Untersuchung ins Auge fällt.

Die meiste Aehnlichkeit hat die Kastenform mit der Gasform, nur erscheint die erstere etwas kräftiger, sie besitzt längere Triebe, eine grössere Zahl von Internodien (die grösste, die überhaupt vorkommt); die Zu- und Abnahme der Internodienlänge ist dagegen, wie dort schwankend und die Blätter und Axillarknospen sind gleich schwach entwickelt. Die Wurzeln treten in einzelnen Fällen bis zum siebenten, ja achten Internodium auf, ohne aber die Länge eines Millimeters viel zu überschreiten, und halten dieselbe Anordnung ein, wie z. B. jene der Zimmerform. Das Chlorophyll fehlt natürlich und die Triebe sind farblos oder in den Blättchen, besonders gegen den Scheitel mit Anthocyan gefärbt. Die Behaarung fehlt oder ist sehr schwach; die Papillen endlich sind ebenfalls in grosser Zahl und in derselben Weise, wie bei der Gaslichtform, ausgebildet. Es schliesst sich also in der That die Kastenform der Gaslichtform ziemlich nahe an. Desto greller sticht sie von der zweiten etiolirten Form, der Kellerform ab. Diese zeigt nämlich jene Entwicklung, die man an vergaigten Kartoffeltrieben zu finden gewohnt ist.

Es sind schlanke Triebe mit sehr langen und relativ sehr wenigen Internodien, die meist schon im zweiten Internodium das Maximum ihrer Länge erreichen. Die Blätter sind besser, als bei den übrigen abnormalen Formen entwickelt; manchmal ist ganz deutlich ein kurzer Blattstiel und eine Spreite zu unterscheiden. Die Axillarsprossen sind aber noch unentwickelt, wie bei den anderen Formen. Die Wurzeln sind auf die zwei ältesten Internodien beschränkt,

treten aber im ersten kräftig entwickelt auf, indem sie eine bedeutende Länge bis zu 19 Cm. erreichen und zahlreiche Wurzelhaare besitzen. Nur bezüglich der Chlorophyll- und Anthocyanbildung stimmen beide Dunkelformen überein. Die Behaarung fehlt in manchen Fällen für das unbewaffnete Auge ganz, in anderen Fällen ist der Trieb mit senkrecht abstehenden Haaren reich bedeckt. Papillenartige Erhebungen fehlen ganz; statt derselben treten aber zahlreiche, parallel gestellte, weisse Strichelchen auf, als Ausdruck der lufthaltenden Inter-cellulargänge in dem um die Spaltöffnungen liegenden Gewebe.

Um das über die Internodien Gesagte an concreten Beispielen zu zeigen, sei eine Tabelle mit den Resultaten einiger diesbezüglichen Messungen beigegeben.

Name der Form	Länge der Internodien (in Mm.)	Zahl der Internodien	Länge der Internodien in der Reihenfolge von unten nach oben (in Mm.)
Zimmerform	10	7	3, 0·75, 0·75, 1, —, —, —
	9	7	—, —, —, —, —, —, —
	9	8	—, —, —, —, —, —, —, —, (die längsten: 1·5)
Gaslichtform	15	11	} Die Länge der Internodien ziemlich gleichmässig, höchstens: 1·5; Mittel: 1
	13	11	
	7	7	
Dunstform	30·5	6	3, 6, 4·5, 7, 7·5, 2·5
	29	6	4, 5, 4, 4, 8, 4
	26	6	8·5, 5·5, 6, 3, 1, 2
Kastenform	22	12	—, 3, 2, 3, 3·5, 4, 3, 2·5, 1, —, —, —
	13	9	—, —, —, —, 3, 1·5, 1, —, —
	11·5	11	—, 1·5, 1·5, —, 2, 1, 2, 2, 1·5, —, —
Kellerform	62	4	27, 27, 5·5, 3
	53	5	7, 30, 8·5, 6, 2
	58	4	18, 36, 4, —, —

Bevor ich zur Darlegung der Differenzen im Baue der einzelnen Gewebe übergehe, mag es am Platze sein, zweier Beobachtungen zu erwähnen, die sich ebenfalls nur auf die äusseren, morphologischen Eigenthümlichkeiten der bezüglichen Pflanzen beziehen und zugleich zeigen, wie rasch sich die Wirkung des Einflusses geänderter Vegetationsbedingungen auf die Formbildung der Kartoffeltriebe äussert.

Durch Zufall war eine Kartoffel der Kellerform in einer Lade liegen geblieben, in der ungefähr dieselben Verhältnisse, wie in dem Dunkelkasten herrschten. Als ich sie einige Wochen später wieder zu Gesicht bekam, hatten sich neben den alten Trieben, die im Keller gewachsen waren, neue entwickelt, die alle Charaktere der Kastenform zeigten, ja an den langen, schlanken Sprossen waren Seitensprossen entstanden, die mit ihrem gedrungenen Bau und den vielen,

deutlich hervortretenden Papillen grell von der Hauptaxe abstachen. Sie stimmten ebenfalls ganz mit der Kastenform überein.

Ein anderer Fall war folgender: in einem Keller unter einem Acker waren Kartoffeln in grosser Menge auf einem Haufen zusammengeworfen und den Winter, Frühling und Vorsommer über liegen gelassen worden. Als man sie im Juli wegräumte, kam ich zufällig dazu und fand die Augen der Kartoffeln ausgewachsen, und zwar zu Sprossen, die selbst Kartoffeln darstellten, die unmittelbar auf den Mutterknollen aufsassen. Ich nahm einige mit mir, gab sie in ein Kistchen, und als ich sie einige Wochen später ansah, waren zahlreiche, neue Sprosse entstanden, die wiederum ganz der Kastenform glichen. Nur wenige waren an den Enden kugelig angeschwollen, wie, um eine junge Kartoffel zu bilden, und noch wenigere hatten sich unmittelbar zu Kartoffeln ausgebildet, darunter ein Spross, der aus der Mitte einer Kartoffel, die durch einen Hieb mit einer Haue über die Hälfte gespalten war, hervorbrach.

II. Anatomische Unterschiede.

A. Epidermis.

Normale Form:

Die Zellen¹⁾ sind langgestreckt, polyedrisch. Die absoluten und relativen Werthe der Dimensionen siehe Tabelle. Cuticula über den Zellen deutlich entwickelt, mit stark körnig erscheinendem Relief. Cuticularisierung fehlt, die Cellulosereaction reicht von dem Inneren der Wand bis an die Cuticula. Spaltöffnungen zerstreut, in der Richtung der Längsaxe des Stengels gestreckt von länglich elliptischer Form. Die absoluten und relativen Werthe der Dimensionen der Stomata siehe Tabelle. Die Schliesszellen sind schwach halbmondförmig gekrümmt, reich mit Stärke gefüllt und chlorophyllhaltig. Athemböhle klein, Intercellularräume führendes Parenchym wenig mächtig und nach innen begrenzt von einem mehrreihigen Mantel collenchymatischer Zellen. Behaarung an den jüngeren Internodien stark, nach unten bis zum Verschwinden abnehmend. Es treten drei verschiedene Haarformen auf, nämlich: 1. Gliederhaare mit 5—6 oder mehr übereinanderstehenden, cylindrischen Zellen und einer oder zwei Basalzellen; 2. Köpfchenhaare mit Chlorophyll; 3. Köpfchenhaare mit Krystalloiden. Beide Formen der Köpfchenhaare haben in ihren äusseren Umrissen viele Aehnlichkeit, allein ihr innerer Bau und der Inhalt der Zellen sind sehr verschieden. Die Köpfchenhaare der ersten Form besitzen eine Basalzelle, einen dreizelligen Stiel und ein Köpfchen. Der Eindruck, den der Bau desselben macht, ist derart, als würden zwei einen Kegel bildende Zellen von der Basis in das Lumen des Köpfchens hineinragen; bei scharfer Einstellung aber zeigt sich, dass ausserdem noch zwei aufeinander senkrecht stehende und in der Längsaxe des Haares zusammenstossende Querwände die Mutterzelle theilen. In den dadurch gebildeten vier Zellen finden sich in dem wandständigen Protoplasma

¹⁾ Es sind die Epidermiszellen des Stengels gemeint; denn auf diesen allein kommt es an.

eingebettet Chlorophyllkörner, während die Centralzelle von Chlorophyll gleichmässig tingirt erscheint.

Auffallender als das Auftreten von chlorophyllhaltigen Haaren, die ja Weiss¹⁾ an nicht wenigen grünen, Professor Wiesner²⁾ sogar bei scheinbar ganz chlorophyllfreien Pflanzen nachgewiesen hat, war die Erscheinung der Krystalloide führenden Köpfchenhaare. Diese bestehen aus einer Basalzelle, einer Stielzelle und einem länglich runden Köpfchen, das gewöhnlich 4—6 bald ganz lose, bald theilweise oder ganz zusammenhängende Zellen enthält. Im Inneren dieser Zellen finden sich, zwar nicht immer, aber doch meist, würfelförmige Körper, die nach Form und Lichtbrechungsvermögen und nach den Reactionen, die sie geben, sich als Krystalloide erweisen. Diese Haare kommen in grosser Zahl an den jungen Internodien und an den Blättern, sowohl auf beiden Seiten der Blattspreite, als auch an den Blattstielen, vor. Näher darauf einzugehen würde mich zu weit von dem gesteckten Ziele abführen.

Abnormale Formen:

Name der Form	Epidermiszellen							Spaltöffnungen					
	Länge		Breite		Tiefe		Zahl auf 1 □ Cm.	Länge		Breite		Zahl auf 1 □ Cm.	Zahl der auf 1 Sp. entfall. Ep.-Zellen
	Abs. Werth in Mkm.	Rel. Werth	Abs. Werth in Mkm.	Rel. Werth	Abs. Werth in Mkm.	Rel. Werth		Abs. Werth in Mkm.	Rel. Werth	Abs. Werth in Mkm.	Rel. Werth		
Norm. F. .	117	100	25	21	29	25	34500	41	100	28	68	754	46
Zimmerf. ³⁾	57	100	28	49	29	51	62000	45	100	38	85	381	163
Gaslichtf. .	41	100	32	78	29	71	76000	43	100	41	95	373	204
Dunsth. . .	56	100	35	63	31	56	50000	48	100	47	97	1008	50
Kastenf. . .	35	100	33	93	35	100	87000	47	100	51	108	671	129
Kellerf. . .	217	100	28	13	28	13	16000	45	100	29	64	160	103

Ich wende mich zunächst zu den Lichtformen. Entsprechend ihrem gedrungenen Habitus sind auch die Epidermiszellen kürzer, gewissermassen gedrungen, doch herrscht noch immer eine Streckung parallel der Längsaxe des Stengels vor. Diese Form wird vorzugsweise auf Kosten der Längenausdehnung erreicht, doch nimmt auch andererseits die Verbreiterung der Zellen Einfluss darauf, ohne dass sie aber im Stande wäre, den Verlust in der Länge auszugleichen. Daher ändert sich mit der Form auch die Grösse. Sie werden kleiner, so dass sie bei der Gaslichtform, die die grösste, absolute Verkürzung der

¹⁾ Weiss, die Pflanzenhaare, Botan. Untersuch. herausg. von Karsten, Berlin 1867.

²⁾ Wiesner, Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. VIII. p. 575.

³⁾ Da die im Monate März angesetzten Kartoffeln während der mikroskopischen Untersuchung zu Grunde gingen, wurden an ihrer Stelle Triebe von grösserem Alter untersucht, die reich an Haaren und an Anthocyan waren.

Zellen (65 Procent) erleidet, mehr als doppelt so viel auf die Flächeneinheit kommen, als bei der normalen Form. Dagegen steht die Dunstform diesen am nächsten, wie sie denn auch am stärksten an absoluter Breite der Zellen zunimmt (40 Procent). Schliesslich mag noch hervorgehoben werden, dass die Tiefe der Zellen ganz constant bleibt. Ihre relativen Werthe ändern sich natürlich bei den verschiedenen Formen bedeutend.

Bezüglich der Verdickung der Zellwände tritt bei der Zimmerform eine Abweichung von der normalen Form insoferne ein, als sowohl Aussen- als Innenwände stark, manchmal sehr stark verdickt erscheinen, während dies bei den Aussenwänden der Zellen der Gaslichtform nur in geringem Maasse eintritt und die Dunstform gar keinen Unterschied gegenüber der normalen Form zeigt. Sie weist auch bezüglich der Cellulosereaction keine Differenz auf und ebenso verhält es sich mit der Zimmerform. Nur die Zellwände der Gaslichtform erfahren, wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben, eine Cuticularisirung, die zuletzt ihre sämtlichen Schichten ergreift.

So wenig die Spaltöffnungen bei der normalen Pflanze eine regelmässige Anordnung zeigen, so wenig ist das bei einer der normalen Formen der Fall, nur hie und da, besonders bei der Dunstform treten sie in Gruppen von zwei oder drei zusammen. Wie sich die Gestalt der Epidermiszellen geändert hat, so ändert sich auch die der Spaltöffnungen. Sie sind bei allen drei Lichtformen breiter, und erscheinen daher gewöhnlich mehr weniger kreisrund. Dabei nehmen bei der Dunstform die Schliesszellen zuletzt eine ganz eigenthümliche Gestalt an, indem die Enden jeder Schliesszelle sich gegeneinander krümmen, bis sie zusammentreffen, und das eine Stoma zwei getrennte Oeffnungen besitzt. Die Zunahme der Breite aber geschieht nicht, wie man erwarten sollte, auf Kosten der Länge; diese nimmt vielmehr auch zu, d. h. es werden die Spaltöffnungen überhaupt grösser, besonders bei der Dunstform. Die Schliesszellen führen in allen Fällen Stärke und mehr weniger Chlorophyll. Von grösserem Interesse ist aber die Menge der Spaltöffnungen, die auf 1 □ Cm. entfallen und ihr Verhältniss zu den Epidermiszellen. Die Zimmer- und Gaslichtformen entwickeln kaum halb so viel Spaltöffnungen (absolut genommen), als die normale Form, während die Dunstform ganz im Gegensatze dazu eine bedeutend grössere Zahl entwickelt. Vergleicht man aber die Zahl der Stomata mit der der Epidermiszellen, so ergibt sich, dass die Zimmer- und Gaslichtform beiläufig drei- bis viermal weniger Epidermiszellen zu Spaltöffnungen ausbilden, als die normale Form, während die Dunstform der normalen sehr nahe steht.

Die auffallendste Erscheinung aber tritt hervor, wenn man das weitere Verhalten der Spaltöffnungen und der darunter liegenden Gewebe bei der Dunstform betrachtet. Bei den übrigen Formen findet sich eine kleine Athemhöhle und ein ziemlich dichtes Parenchym in der Umgebung, das nach innen durch eine collenchymatische Schicht begrenzt ist. Anders ist es bei der Dunstform. Hier ist die Athemhöhle gross und das Parenchym darunter reich an Inter-cellulargänge. Erreicht nun die Spaltöffnung ein gewisses Alter, so wandelt sie sich zu einer Lenticelle um, die eine ganz ungewöhnlich grosse Menge von

Füllzellen erzeugt. Diese treten, wenn die Epidermis über ihnen gerissen ist, heraus und überstreuen den Stengel, wie mit einer feinen, weissen, pulverigen Masse. Doch treten diese Lenticellen nie zu einer Peridermbildung in Beziehung und ermangeln auch einer ausgesprochenen Verjüngungsschicht.

Um schliesslich auch noch die Behaarung zu berühren, so sei nur erwähnt, dass nur Gliederhaare, meist von der einfacheren Form mit einer Basalzelle, beobachtet wurden.

Wie die Dunkelformen gegen einander gehalten, schon in ihrem Habitus die schärfsten Gegensätze zeigen, so auch in dem Bau der einzelnen Gewebe, besonders der Epidermis. Die Zellen der Kastenform sind kurz, fast isodiametrisch, die der Kellerform langgestreckt, die Breite an Länge um das Achtfache übertreffend; nur die absolute Tiefe bleibt auch hier ziemlich constant; die Kastenform zählt 87,000 Zellen auf 1 □ Cm., die Kellerform nicht ganz den fünften Theil; dort schreitet die Cuticularisirung der Zellenwand schliesslich bis zur Innenwand vor, hier tritt niemals eine solche ein. Nur in dem Punkte der Verdickung ist der Unterschied kein grosser, da sie bei beiden Formen eine ziemlich starke ist, stärker als bei der normalen Form. Entsprechend der Kürze der Epidermiszellen sind auch die Spaltöffnungen der Kastenform kreisrund bis quergestreckt, jene der Kellerform dagegen sind länglich-elliptisch, etwas mehr gestreckt als die der normalen Pflanze. Die Länge bleibt aber bei beiden Formen gleich, nur die Breite nimmt bei der Kastenform zu. Bei der letzteren werden 671 Spaltöffnungen auf 1 □ Cm. ausgebildet, bei der Kellerform nur der vierte Theil. Da aber bei der ersteren die Zahl der Epidermiszellen fünf Mal grösser ist, so nähern sich die Werthe, welche angeben, wie viel Epidermiszellen auf eine Spaltöffnung kommen, ziemlich. Aus dem Gesagten ergibt sich also, dass in beiden Fällen ungefähr gleich viel Epidermiszellen zu Stomata werden, dass aber der Effect bei der Kastenform ein viel grösserer sein muss. Dazu kommt noch, dass bei der Kellerform nicht selten functionslose Spaltöffnungen auftreten. Bezüglich der Athemhöhle und der Intercellulargänge in dem umgebenden Parenchym ist kaum ein Unterschied nachzuweisen. Zwar bildet die Kastenform durch Wucherung des Parenchyms Lufträume führende Höcker, allein die Kellerform entwickelt dieses Parenchym auch, nur dehnt es sich hier vorzugsweise parallel der Längensaxe des Stengels aus, und ruft so die Erscheinung jener weissen Strichelchen hervor.

Auf die Inconstanz der Behaarung wurde bereits hingewiesen. Es wäre nur hinzuzufügen, dass es grösstentheils Gliederhaare sind, die man hier findet; nur die Kellerform zeigt auch Köpfchenhaare mit Krystalloiden. Diese waren indess, wie ich mich nachträglich überzeugte, schon von Vogl im Jahre 1869 an etiolirten Trieben beobachtet worden. Verhandl. d. k. k. zool.-bot. Gesellsch. 1869, p. 462 ff.

B. Grundgewebe.

Normale Form:

a) Hypoderm und Rindenparenchym. Unter der Epidermis zieht sich ringsum ein Mantel zartwandiger, Chlorophyll führender Zellen hin. Er ist

in radialer Richtung nur eine Zelle mächtig, mit Ausnahme jener Stellen, wo die Blattspuren herablaufen. Die durch dieselben gebildeten Vorsprünge sind von den Chlorophyll führenden Zellen, die ausserdem hier weitlumiger sind und Intercellularräume zwischen sich lassen, ausgefüllt. An diesen Mantel schliesst sich ein zweiter an, der gewöhnlich aus vier Reihen collenchymatischer, langgestreckter Zellen gebildet ist. Unter den Blattspuren ist das Collenchym entweder ganz unterbrochen, oder es ist die Verbindung nur durch eine Reihe schwach in den Ecken verdickter Zellen hergestellt. Auf das Collenchym folgt ein weitmaschiges Rindenparenchym mit wässrigem oder protoplasmatischem Inhalte und wenigen, ganz kleinen Stärkekörnchen. Zerstreut treten im Rindenparenchym Zellen auf, welche oft vollständig von Krystallsand erfüllt sind. Lässt man Salzsäure darauf einwirken, so löst sich der Krystallsand ohne Gasentwicklung; Schwefelsäure ruft die Bildung langer, feiner Gypsnadeln hervor. Allem Anschein nach hat man es mit oxalsaurem Kalke zu thun.

b) Markgewebe. Die Zellen sind weitlumig, zartwandig und ohne besonderen Inhalt; nur dass auch hier mitunter Zellen mit reichlichem Krystallsand vorkommen.

In vielen Punkten abweichend gestalten sich die Verhältnisse der abnormalen Formen. Bei keiner der Lichtformen tritt ein Mantel Chlorophyll führender Zellen auf, sondern es kommt das Chlorophyll bei der Zimmerform reichlich, bei den beiden anderen Formen spärlich im Rindenparenchym vor. So wie sich aber die Chlorophyll führenden Zellen der ersteren zu verdicken beginnen, um collenchymatischen Charakter anzunehmen, verschwindet allmählich das Chlorophyll und nur einige Zellen an der Peripherie, bald einzeln, bald in tangentialen Reihen gestellt, bleiben unverdickt und führen nun Anthocyan. Dagegen kommt es bei den zwei anderen Lichtformen überhaupt zu keiner Collenchymbildung.

Das Rindenparenchym aber weicht der Form nach von dem normalen nicht ab, höchstens dass die Dimensionen der einzelnen Zellen etwas kleiner werden. Dagegen charakterisirt es sich bei allen drei Lichtformen durch einen grossen Reichthum an Stärke. Die einzelnen Stärkekörnchen sind denen der Knollen in der Form ganz ähnlich, aber kleiner, Zellen mit Krystallsand treten jedoch nirgends auf. Das Mark zeigt auch nur insoferne eine Verschiedenheit der normalen Form gegenüber, als es stärkereich und frei von Krystallsand ist.

Anschliessend daran sei die Peridermbildung erwähnt, wie sie bei der Gaslichtform auftritt. Sie geht von dem Rindenparenchym aus, indem dessen äussere Zellen in Phellogen umgewandelt werden, und zwar geschieht dies in der Regel zuerst an jenen Stellen, wo die Würzelchen durchbrechen. Von da aus rückt die Phellogen- und mit ihr die Peridermbildung tangential und centripetal weiter, bis schliesslich ein ununterbrochener Mantel von Periderm gebildet ist, der auch die Spaltöffnungen von dem inneren Gewebe abschliesst.

Die etiolirten Formen stimmen auch hier nicht überein. Der Chlorophyllmantel wird zwar bei beiden Formen nicht entwickelt, allein der Kastenform fehlt auch das Collenchym, welches, wengleich schwächer ausgebildet, die

Kellerform besitzt. Die erstere führt ferner reichlich Stärke in ihrem Grundgewebe, die letztere ist dagegen arm daran, besonders im Rindenparenchym. Die Kastenform entwickelt ein Periderm, welches bald von der Epidermis, bald von dem Rindenparenchym seinen Ausgang nimmt und in einem Falle sogar den Basttheil ergriff; bei der Kellerform kommt nichts Aehnliches vor. Krystall-sand fehlt bei beiden.

C. Gefässbündelgewebe.

Normale Form:

Das Gefässbündel der Kartoffel besteht, wie schon Unger¹⁾ gezeigt hat, aus einem doppelten Basttheil und einem Holztheil. Der Basttheil besteht aus wenigen, schwach verdickten Bastfasern, die beim Aussenbast gegen die Peripherie, beim Innenbast gegen das Centrum hin liegen. Der Weichbast besteht aus parenchymatischem Gewebe, dem Bündel von Siebröhren eingelagert sind. Der Holztheil weist Gefässe in grosser Zahl, Holzzellen und Parenchym auf. Die nach innen liegenden Gefässe mit engem Lumen, besitzen einfache, spiralförmige Verdickung, darauf folgen nach aussen behöft getüpfelte Gefässe und weite Netz- und Treppengefässe. Die Holzzellen sind mässig verdickt und zeigen keine Verdickungsleisten, und ebenso fehlen auch in der Regel Tüpfel. Die aneinander stossenden Parenchymzellen zeichnen sich durch Porenkanäle aus.

Die Vergleichung der abnormalen Formen wird sehr erschwert dadurch, dass besonders bei der Gaslicht- und Zimmerform eine Verzerrung einzelner Theile der Gefässbündel eintritt, so dass namentlich der Weichbast arg gedrückt erscheint. Dabei werden die Bastfasern kürzer, verdicken die Zellwände mehr und nehmen unregelmässige Formen an. Die Gefässe des Holztheiles werden ebenfalls kurz, englumig und dickwandig. Doch sind sie zahlreicher im Vergleich zu den mehr zurücktretenden Parenchym- und Holzzellen. Die Dunstform dagegen erfährt jene Verzerrungen nicht oder nur im sehr geringen Grade. Ihre Gefässbündel sind bis auf das engere Lumen der Gefässe und die Verkürzung der einzelnen Zellen ziemlich normal.

Wie bei der Zimmer- und Gaslichtform ist auch in ganz ähnlicher Weise bei der Kastenform eine Deformation der Gefässbündel bemerkbar, während die andere etiolirte Form sich sehr nahe an die normale Form anschliesst, nur dass die Bastfasern stärker verdickt und die Gefässe englumiger sind.

Ich will nun im Folgenden versuchen, die Resultate der geschilderten Beobachtungen in Kurzem zusammenzufassen; ich bemerke aber nochmals, dass jede Erklärung aus dem Spiele bleiben soll, dass also keine der zu nennenden Beziehungen von mir als eine causale hingestellt wird.

1. Die Längenentwicklung der Kartoffeltriebe ist dort am grössten, wo das Licht ausgeschlossen ist und die äusseren Transpirationsbedingungen sehr ungünstige sind (Kellerform), dagegen am geringsten dort, wo Tageslicht oder continuirliches Gaslicht herrscht und die Transpiration durch die äusseren

¹⁾ Unger, Grundlinien d. Anat. u. Phys. d. Pflanzen. 1866. p. 53.

Factoren begünstigt ist (Zimmerform, Gaslichtform); herrscht aber Tageslicht und sind die äusseren Transpirationsbedingungen so gut wie aufgehoben, oder ist das Licht ausgeschlossen, dagegen die Transpiration von aussen begünstigter, so bleibt das Längenwachsthum auf einer Mittelstufe stehen (Dunstform, Kastenform).

2. Was von der Längenentwicklung der ganzen Triebe gilt, gilt auch von dem Längenwachsthum der einzelnen Internodien, nur in höherem Grade.

3. Die Zahl der Internodien ist am grössten bei continuirlichem Gaslicht und sehr günstigen äusseren Transpirationsbedingungen, aber auch bei Ausschluss von Licht, wenn dabei die Transpiration begünstigt ist, am geringsten ist sie im Dunkeln und bei für die Transpiration ungünstigen äusseren Verhältnissen.

4. Die an der normalen Pflanze auftretende Gesetzmässigkeit in der Zu- und Abnahme der Länge der einzelnen Internodien ist bei allen abnormalen Formen mehr minder verwischt.

5. Wo die äusseren Bedingungen für die Transpiration am vorteilhaftesten sind, finden sich die meisten Internodien mit Wurzelanlagen; zur vollen Entwicklung gelangen diese aber nur dort, wo die genannten Bedingungen die ungünstigsten sind (Kellerform, Dunstform).

6. Die Blattbildung ist im Dunklen begünstigter, als im Lichte.

7. Mit dem Kleinerwerden der Triebe ist ein Kleinerwerden der Epidermiszellen verbunden, aber in verschiedenen Verhältnissen.

8. Die Spaltöffnungen bleiben in allen Fällen gleich gross oder werden grösser.

9. Bei vollständig gehemmter Transpiration wird die grösste Zahl von Spaltöffnungen (auf die Flächeneinheit bezogen) gebildet; bei sehr begünstigter Transpiration eine bedeutend geringere; die geringste dort, wo die grösste Streckung vorkommt.

10. Je mehr die Transpiration gehindert ist, desto mehr Dermatogenzellen erscheinen zu Spaltöffnungen umgebildet.

11. Ist die Transpiration aufgehoben, so entwickeln sich die Spaltöffnungen zu Lenticellen.

12. Die Behaarung ist sehr inconstant; unter gleichen Verhältnissen kommen stark behaarte Exemplare neben kahlen vor.

13. Das Grundgewebe ist bei sämtlichen abnormalen Formen einfacher gebaut; indem der Mantel chlorophyllhaltender Zellen verschwindet, das Collenchym aber nur schwach (Kellerform), oder sehr unregelmässig (Zimmerform) entwickelt ist oder gar fehlt, so dass in letzterem Falle das ganze Grundgewebe zwischen Epidermis und Gefässbündelscheide gleichartig ist.

14. Wo eine bedeutendere Hemmung des Längenwachsthums eintritt, erscheinen die Zellen des Grundgewebes reich mit grosskörniger, transitorischer Stärke gefüllt; erfährt der Stengel aber eine lebhaftere Streckung, so sind die Grundgewebszellen sehr arm daran.

15. Mit der Hemmung des Längenwachsthums der Triebe tritt zugleich eine Degenerirung der Gefässbündel ein.

A N H A N G.

Ueber eine merkwürdige Form von Lenticellen.

In der voranstehenden Abhandlung habe ich das Auftreten von Lenticellen an den Stengeln derjenigen Kartoffeln, die im Dunstraume im diffusen Tageslicht gezogen wurden, erwähnt. Es schien mir jedoch, als würde mich dort eine ausführliche, namentlich entwicklungsgeschichtliche Darstellung dieser Gebilde zu weit von meiner Aufgabe abführen. Da die beobachteten Lenticellen aber gewiss einiges Interesse beanspruchen dürfen, will ich hiermit das, was ich damals absichtlich unterliess, nachholen.

Betrachtet man einen Trieb einer Kartoffel, der im Dunstraume im diffusen Tageslicht gezogen wurde, mit freiem Auge, so sieht man an den obersten Internodien eine glatte bleichgrüne Epidermis, die bereits in ihren unteren Theilen lichte, weissliche Flecken aufweist, die um so deutlicher und zahlreicher werden, je weiter sie vom Scheitel entfernt liegen. Schon in dem nächst tiefer gelegenen Internodium treten diese lichten Flecken über die Oberfläche des Stengels hervor und repräsentiren sich als kleine, dicht gedrängt stehende Höcker. Weiter abwärts sind diese noch grösser, bis sie unter einer reichlichen, rein weissen, pulverigen Masse, die die untersten Internodien überstreut, verschwinden.

Zieht man ein Stückchen Epidermis ab und macht man einige Querschnitte, so ist man mit Hilfe des Mikroskopes bald im Stande, jene Flecken und Höcker und die weisse, pulverige Masse zu deuten. Die Epidermis des Stengels besitzt zahlreiche, nicht selten zu zweien oder dreien gruppirte Spaltöffnungen, deren erste Entwicklungsstufen nichts besonders Bemerkenswerthes bieten. Sobald sie aber diese durchgemacht haben, erfahren sie mehrfache Modificationen. Die bis dahin ziemlich halbkreisförmigen Schliesszellen wachsen rasch und krümmen sich, so dass ihr äusserer Bogen bedeutend mehr convex wird; ebenso wird auch die concave Krümmung viel schärfer. Häufig bleibt es nun nicht bei diesen quergezogenen Formen, sondern es wachsen die Schliesszellen weiter, indem sich die Enden jeder derselben nähern, bis sie sich endlich berühren und die Spaltöffnung nun zwei getrennte Oeffnungen hat. Diese Veränderungen der Schliesszellen, die oft zu ganz sonderbaren Formen führen, stehen aber in innigem Zusammenhange mit den Umgestaltungen, die das darunter liegende Parenchym erfährt. Dieses ist unter den jungen Spaltöffnungen noch ziemlich dicht gefügt; bald treten aber mehr und mehr Intercellularräume auf, deren Luft die früher genannten, lichten Flecken veranlasst. Zugleich vermehren sich auch die Parenchymzellen reichlich und veranlassen jene höckerartigen Auftreibungen. Da jedoch nicht selten zwei, auch drei Spaltöffnungen einander sehr nahe liegen, so geschieht es auch, dass eine ganze Gruppe von einem Höcker getragen wird. Damit ist die Einleitung zur Lenticellenbildung

abgeschlossen. Ein Querschnitt gibt uns folgendes Bild: aussen die schwach verdickte Epidermis, den Höcker überziehend; auf dessen Spitze die quergezogenen Schliesszellen, darunter eine geräumige Athemhöhle, nach innen begrenzt von lückenreichem Parenchym, dessen Zellen neben dem Protoplasma noch kleine Stärkekörnchen als Inhalt führen, letztere um so mehr, je weiter die Zellen nach innen liegen, bis endlich ein an grosskörniger Stärke reiches Parenchym kommt. In den an die Athemhöhle stossenden Zellen ist auch wohl da oder dort eine neugebildete Theilungswand zu sehen, der der Zellkern anliegt. Reactionen zeigen, dass nirgend noch eine Cuticularisirung begonnen hat. Nun fangen die neugebildeten Zellen an der Athemhöhle an ihre Zellwände zu verdünnen und sich loszulösen, während ihr Inhalt schwindet und in den nunmehr freien Füllzellen nur ein krummiger Ueberrest bleibt. Jetzt erfahren auch, aber nur sehr allmählich, die Zellwände ihre Metamorphose, d. h. sie verkorken. Wie sich nun die Füllzellen in der Athemhöhle anhäufen, hält die Epidermis dem Drucke nicht mehr Stand und zerreisst. Die Füllzellen treten aus und überstreuen den Stengel. Neue werden gebildet und folgen ihnen nach. Doch geht diese Neubildung durchaus nicht von einer scharf abgegrenzten Schicht, etwa einer „Verjüngungsschicht“ aus, sondern immer die äussersten, an die Oeffnung stossenden Zellen erfahren die Umwandlung in Füllzellen. Jetzt findet man diese in allen Stadien der Verkorkung, aber oft sind selbst die ausgestossenen noch nicht vollständig cuticularisirt. Sind mehrere Spaltöffnungen zu kleinen Gruppen gestellt, so vereinigen sie sich schliesslich zu einer einzigen Lenticelle.

Dass die bereits wiederholt gebrauchte Bezeichnung dieser Gebilde als Lenticellen gerechtfertigt ist, ergibt sich aus der Form und Entwicklung dieser Bildungen, die von den bisher bekannten Lenticellen sich nur durch ungewöhnlichen Reichthum an Füllzellen, durch den Mangel einer ausgesprochenen Verjüngungsschicht und dadurch auszeichnen, dass sich an sie niemals eine Peridermbildung anschliesst.

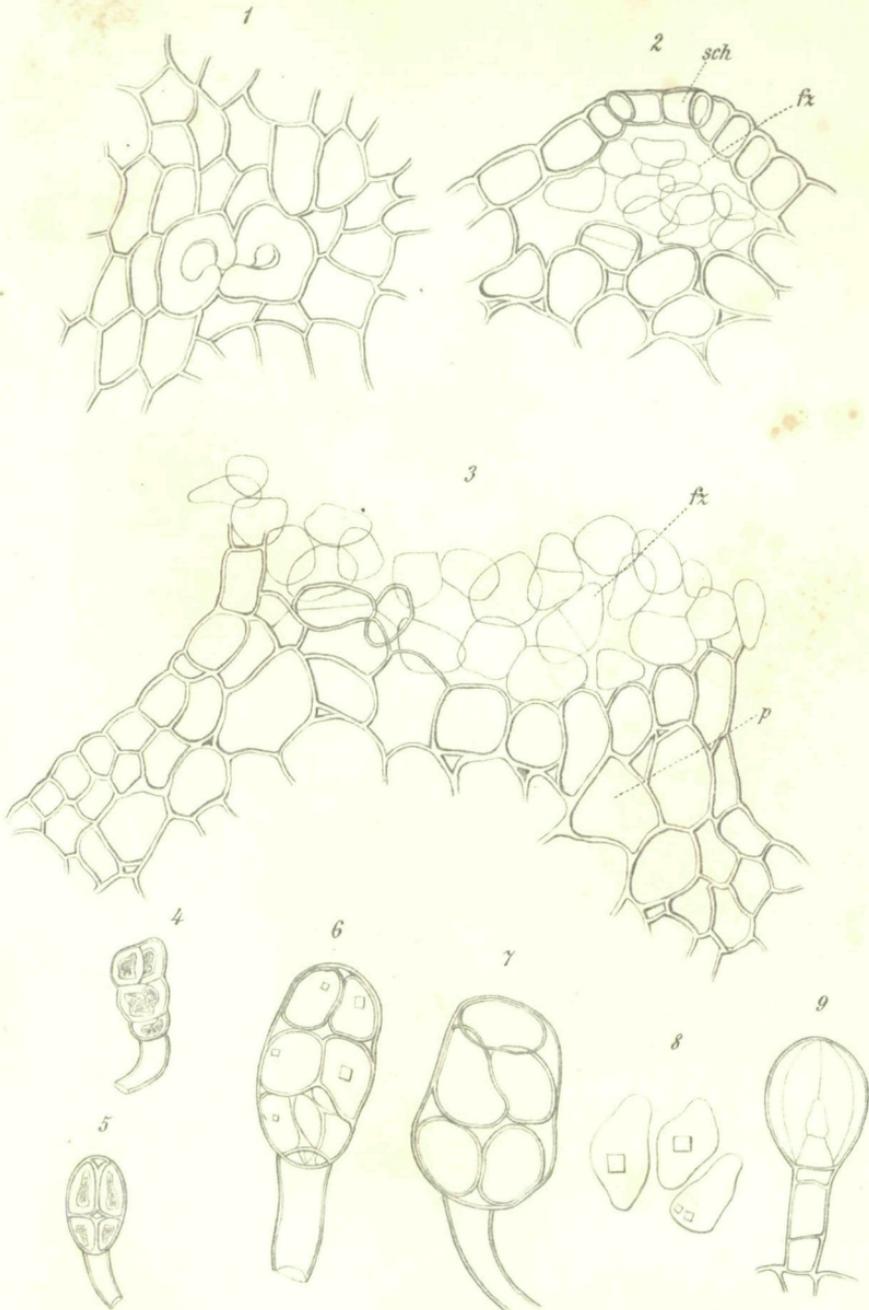
G. Haberlandt¹⁾ hat für die normalen im Verbande mit dem Periderm stehenden und mit ihm zur Entwicklung kommenden Lenticellen die Ansicht ausgesprochen, dass dieselben Anfangs als Schutzmittel gegen zu grosse Transpiration, später als Beförderungsmittel fungirten. Von dieser doppelten Function kann zwar hier nicht die Rede sein, denn die Lenticellen können hier nur dazu dienen, die Transpiration, wenn von einer solchen gesprochen werden darf, zu befördern, oder die inneren Gewebepartien mit dem umgebenden Medium in unmittelbare Berührung zu bringen. Aber dennoch scheinen die hier besprochenen Lenticellen mit den gewöhnlichen, den „Rindenporen“ Stahl's,²⁾ in sehr naher Beziehung zu stehen, nur dass hier ihre Function als Schutzmittel gegen übermässige Transpiration wegfällt und sie von vorneherein die Rolle von Beförderern derselben spielen.

¹⁾ G. Haberlandt, Beiträge zur Kenntniss der Lenticellen. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. LXXII.

²⁾ Stahl, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen. Bot. Ztg. 1873. p. 561 ff.

Figurenerklärung zu Tafel III.

- Fig. 1. Spaltöffnung der Dunstform von oben gesehen (450). Die Richtung der Längsaxe des Stengels geht von oben nach unten.
- „ 2. Beginnende Lenticellenbildung bei der Dunstform. *sch.* Schliesszellen; *fz.* Füllzellen (450).
- „ 3. Lenticelle der Dunstform. *fz.* Füllzellen; *p.* Parenchym (450).
- „ 4. und 5. Köpfchenhaare von der Krystalloide führenden Form in jugendlichen Stadien. Das Protoplasma ist durch Weingeist zur Contraction gebracht (450).
- „ 6. Köpfchenhaare mit sich lösenden Zellen, die Krystalloide führen (1000).
- „ 7. Köpfchenhaare mit losen Zellen ohne Krystalloide (1000).
- „ 8. Durch Druck zum Austreten aus der Mutterzelle gebrachte Tochterzellen mit Krystalloiden (1000).
- „ 9. Köpfchenhaare mit kegelförmiger Zelle im Innern (1000).
-



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Stapf Otto

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntniss des Einflusses geänderter Vegetationsbedingungen auf die Formbildung der Pflanzenorgane, nebst einem Anhang: Ueber eine merkwürdige Form von Lenticellen. \(Tafel 3\) 231-246](#)

