

XI.

Ueber das Wachsthum von *Metzgeria furcata* und *Aneura*.

Von

K. Goebel.

(Hierzu Tafel VII.)

Metzgeria furcata ist bekanntlich ein Object, das schon lange zur Untersuchung der Wachstums- und Zelltheilungsvorgänge gedient hat. Seit NÄGELI (Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik II. pag. 438 ff.) die Grundzüge der Scheitelzellsegmentirung dieser Pflanze klar gelegt hatte, haben sich HOFMEISTER (vergl. Unters. pag. 22), KNY (Pringsheim's Jahrb. IV. pag. 67 ff.) und LEITGE (Unters. üb. die Lebermoose Heft III. pag. 34) wiederholt mit den Einzelheiten des Metzgeriavegetationspunktes beschäftigt. Der letztgenannte Forscher erklärt demgemäss auch (a. a. O. pag. 34): Das Scheitelwachsthum von *Metzgeria* sei in allen seinen Einzelheiten durchaus klar gelegt. Dies trifft nun auch zu in Bezug auf die Art und Weise der Scheitelzellsegmentirung und die Bethheiligung der Segmente am Aufbau der Pflanze. Was aber den eigentlichen Wachstumsmodus der Pflanze betrifft, so schien er nach den neuen, von SACHS aufgestellten Principien (Arb. des pfl.-physiol. Inst. II. Bd. pag. 46 ff.) eine bestimmte exceptionelle Stellung einzunehmen, worauf unten zurückzukommen sein wird. Es musste sich bei einer Neuuntersuchung darum handeln, zu constatiren, ob bei *Metzgeria* das Princip der rechtwinkligen Schneidung Anwendung findet, wie sich hier die Anordnung der Anti- und Periclinen gestaltet, und in welchem Verhältniss überhaupt die Scheitelzelle zum Wachsthum des ganzen Thallus steht. Die erste Frage, die sich in letzterer Beziehung aufdrängt, ist die: ist die Scheitelzelle der stärkst wachsende Theil der Pflanze? Diese Frage ist bekanntlich von HOFMEISTER bejaht worden (Lehre von der Pflanzenzelle pag. 432) und diese Annahme bildet auch bei den übrigen genannten Botanikern die stillschweigende Voraussetzung ihrer ganzen Schilderung des Wachstums. So sagt HOFMEISTER schon in den vergl. Untersuchungen pag. 22: »das Längenwachsthum des bandähnlichen Stengels erfolgt durch in der Scheitelzelle andauernd sich wie-

derholende Bildung rechts und links spreizender Scheidewände«. KNY a. a. O. 67: »die Scheitelzelle, welche allein das Längenwachsthum des Sprosses vermittelt. Auch LEITGEB drückt sich an verschiedenen Stellen seiner »Untersuchungen über die Lebermoose« z. B. II. 10 ganz ähnlich aus. Wie SACHS (a. a. O. pag. 94) gezeigt hat, beruht diese Ansicht auf zwei Voraussetzungen: erstens darauf, dass durch die andauernde Segmentirung (»Verjüngung«) der (als permanent gedachten) Scheitelzelle das gesamte Gewebe der Pflanze entsteht, und zweitens darauf, dass sie der am ausgiebigsten wachsende Theil des Vegetationspunktes sei. Was den ersten Punkt betrifft, so ist er eine an älteren Sprossen leicht zu constatirende Thatsache. Es fragt sich, ob auch bei der ersten Anlage eines Sprosses schon eine Scheitelzelle vorhanden ist. Nach den Abbildungen LEITGEB's von *Aneura* (a. a. O. III. Taf. 4), der sich *Metzgeria* in allen wesentlichen Punkten gleich verhält, tritt die zweireihige Segmentirung der Scheitelzelle erst ein, nachdem sich aus der Spore ein in mehrere Zellen gegliederter Faden entwickelt hat. Auch bei der Entstehung der zahlreichen marginalen Adventivsprosse der *Metzgeria* ist keineswegs immer die zum Adventivsprosse auswachsende Randzelle direct die Scheitelzelle des sich bildenden Adventivsprosses, wie dies nach älteren Angaben der Fall sein soll (cf. HOFMEISTER a. a. O. pag. 22). Es hängt dies davon ab, welche Neigung die erste Wand in der zur Bildung eines Adventivsprosses bestimmten Randzelle hat. Diese Zelle wölbt sich über die Aussengrenze des Randes hervor. Die erste in ihr auftretende Wand ist zu dieser Hervorwölbung stets senkrecht, kann aber in verschiedenen Fällen verschiedene Neigung zur Längsaxe des jungen Sprosses haben. Ist sie schief zu letzterer, so erscheint die dadurch nach aussen abgegrenzte Tochterzelle als Scheitelzelle des jungen Sprosses. Die nächste Theilung ist nämlich die, dass sowohl die äussere als die innere Zelle sich durch eine, der ersten entgegengesetzte Wand theilen. So erhalten wir eine zweischneidige Scheitelzelle am Scheitel des jungen Sprosses. Nun kommt aber auch der Fall vor, dass die erste Theilungswand in Richtung der Axe des jungen Sprosses liegt. Die beiden Tochterzellen theilen sich jede durch eine der ersten Wand senkrecht aufgesetzte Anticline. Den Scheitel des vierzelligen Sprosses nehmen jetzt also zwei Scheitelzellen ein. Von diesen wächst die eine stärker als die andere, die zur Seite gedrängt wird, und erfährt nun die gewöhnliche Segmentirung. Zwischen beiden beschriebenen Fällen lassen sich bei der Durchmusterung zahlreicher Präparate die Uebergänge auffinden. Der Theilungsvorgang in der Randzelle ist im Grunde in beiden Fällen derselbe, ob man die Randzelle selbst oder eine ihrer Tochterzellen nach der herkömmlichen Terminologie als Scheitelzelle bezeichnet, hängt, wie gezeigt, von der Neigung der ersten Wand ab. Es mag hier bemerkt werden, dass man, allerdings nur sehr selten, ältere Sprosse findet, bei denen die Scheitelzelle in Folge äusserer Verletzung

abgestorben ist, und wo nun eine Randzelle die Funktionen und den Segmentirungsmodus der Scheitelzelle übernommen hat.

Bei *Metzgeria* tritt aufs Deutlichste hervor, dass die Volumzunahme gerade am Scheitel und speciell in der Scheitelzelle am Geringsten ist. Dies zeigen Bilder wie Fig. 2 aufs Deutlichste. Die Scheitelzelle ist annähernd überall von derselben Grösse, bei jungen Sprossen fand ich sie im Allgemeinen etwas grösser als bei älteren. In Fig. 2 ist die Scheitelzelle nahe daran, ein neues Segment zu bilden, sie ist annähernd so gross wie die noch nicht lange segmentirte Scheitelzelle in Fig. 3 plus dem ersten Segmente derselben. Da nun die neu entstehenden Segmente ebenfalls annähernd von der gleichen Grösse sind, so dürfte Segment 4 höchstens 3mal so gross als Segment 1 sein, wenn die Scheitelzelle ebenso rasch wüchse, als die Segmente. Der Augenschein lehrt aber, dass Segment 4 etwa 6mal so gross ist als Segment 1, das ausserdem nicht ein eben abgechiedenes, sondern ein schon beträchtlich gewachsenes Segment repräsentirt. Folglich ist Segment 4 mindestens zweimal so rasch als die Scheitelzelle gewachsen. Die Segmentirungswände der Scheitelzelle stehen im status nascendi senkrecht auf der Aussenwand der letzteren. Verfolgt man die Segmentwände der älteren Segmente, so zeigt sich, dass sie — abgesehen von den Brechungen — eigenthümliche Veränderungen erfahren haben. Sie sind nämlich im Verlaufe des Wachsthums so herumgebogen worden, dass sie die rechtwinkelige Schneidung beibehalten haben. In Betreff der Erklärung dieses und analoger Verhältnisse ist auf die Abhandlung VIII von Sachs in diesem Hefte zu verweisen.

Wie Fig. 2 zeigt, ist die erste pericline Wand des ersten Segmentes nicht rechtwinkelig zur Wand der Scheitelzelle (wie dies nach Kny allgemein der Fall sein soll, a. a. O. pag. 69. — Kny giebt an, die erste Theilungswand in der Randzelle ersten Grades sei stets dem Rande parallel, müsste dann also senkrecht auf der Segmentwand stehen, da diese ihrerseits den Rand rechtwinkelig schneidet). In Fig. 3 dagegen ist die erste pericline Wand des zweiten Segmentes wirklich rechtwinkelig auf der Anticline. Jene schiefe Aufsetzung der ersten Pericline findet sich namentlich bei flachen und eingesenkten Scheiteln (vergl. Fig. 1). Da sonst überall das Princip der rechtwinkeligen Schneidung bei *Metzgeria* durchgeführt ist, so ist es angezeigt, die schiefe Stellung der ersten Pericline auf eine frühzeitige Verschiebung zurückzuführen.

Schon in dem, in Fig. 2 abgebildeten jungen Adventivsprosse tritt nun des Weiteren hervor, dass auch in dem Vegetationspunkte von *Metzgeria* die Anti- und Periclinen sich rechtwinkelig schneiden. Dass die Construction des Vegetationspunktes eine *confocale* ist, ist hier aber deshalb nicht so leicht ersichtlich, weil namentlich bei den Anticlinen die die Mittellinien des Sprosses schneidenden Stücke fehlen. Vollständiger sind die Anticlinen in Fig. 3, sie sind hier aber ziemlich stark gebrochen.

Viel weniger ist dies der Fall in Fig. 4, welche den Scheitel eines kräftig wachsenden, älteren Sprosses darstellt. Es zeigt sich hier aufs Deutlichste, dass die Zellwände im Vegetationspunkte von Metzgeria sich in zwei Kurvensysteme anordnen: solche, die rechtwinkelig auf dem Umfange stehen: die Antielinen, und solche, die ihm gleichsinnig laufen: die Perielinen. Beide sind natürlich keineswegs im mathematischen Sinne Kurven. Nicht nur haben sie keine genau geometrisch definirbare Gestalt, sie sind überhaupt keine wirklichen Kurven, sondern mehr oder minder gebrochene Linien. Diese Brechungen sind am Geringsten in der Nähe der Scheitelzelle. Sie entstehen, wie dies Sachs (a. a. O. pag. 56) als wahrscheinlich angegeben hat, dadurch, dass die perielinen Wände sich nicht direct an einander ansetzen. Es bleibt zwischen ihnen noch ein kleines anticlines Wandstück eingeschaltet. Dieses wird geknickt und wird später grösser, wodurch die Brechungen noch auffälliger werden. Nie aber konnte ich an einem wachsenden Vegetationspunkte ein Bild finden, wie das von Kny (a. a. O. Taf. V. Fig. 2) gegebeno. Ist diese Figur, wie ich nicht bezweifle, naturgetreu, so stellt sie den Scheitel eines Sprosses dar, dessen Wachstum längst sistirt ist. Es kommt dies bei Metzgeriapflanzen, die nicht an besonders feuchten Standorten stehen, im Sommer nicht selten vor. Dann findet man am Scheitel ähnlich starke Brechungen, wie Kny sie abbildet. Setzt man das Ausdehnungsbestreben dreier aneinander stossender Zellen als gleich, so werden die Ecken der betreffenden Zellen Winkel von 120° mit einander bilden. So ist es z. B. bei drei aneinander stossenden Zellen eines Hydrodictyonnetzes. In alten Sprossen, die ihr Wachstum ganz eingestellt haben, findet man die Scheitelzelle in nichts mehr von den Randzellen verschieden, auch sie hat durch den Druck der benachbarten Zellen polyedrische Form angenommen. Die Zellen eines wachsenden Sprosses aber zeigen, wie schon oben hervorgehoben wurde, in der Nähe des Scheitels diese starken Veränderungen nicht.

Schon die Wände der Scheitelzelle selbst gehören in das System der Antielinen. Sie sind der Form des Umfangs und der Forderung der rechtwinkelligen Schneidung entsprechend steil aufgerichtet. Zugleich zeigt sich aber auch, dass nicht die zwei antielinen Wände, durch welche eine Scheitelzelle begrenzt wird, zu einer antielinen Kurve zusammengehören. Je eine Wand der Scheitelzelle gehört vielmehr mit der ersten antielinen Wand des gegenüberliegenden Segmentes zusammen. Zwischen den so gebildeten Antielinen werden neue eingeschaltet, und so kommt es, dass die Grenzen der Segmente bald verwischt werden. Sie unterscheiden sich durch nichts von den anderen Antielinen. Doch gelingt es zuweilen an älteren Sprossen aus der Anordnung der Zellen der Mittelrippe die Segmentgrenzen zu erkennen. Jedes Segment theilt sich bekanntlich durch eine perieline Wand in eine innere und eine äussere Zelle. Die erste wird zum Aufbau der Mittelrippe verwendet, und erfährt keine perielinen Thei-

lungen mehr. Dagegen erfahren sie, entsprechend den Theilungen der Aussenzellen, Theilungen durch anticline Wände. So besteht das zu Segment 2 gehörige Stück der Mittelrippe aus einer, das zu 3 gehörige aus 2, die zu 4 und 5 gehörigen aus je vier Zellen. Diese Abzählung der Segmente wird auch noch durch andere Daten bestätigt. So zeigen die zwischen die ersten Anticlinen eines Segmentes eingeschalteten secundären Anticlinen anfangs milder starke Brechungen, als die primären Anticlinen. Ferner stimmt die Anordnung der bekannten »Keulenhaare« damit überein. Dass nicht in allen Fällen die Theilung der Zellen der Mittelrippe eine so regelmässige ist, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden. Es ergibt sich aus der in der Figur angedeuteten Begrenzung der Segmente, wie rasch die Volumzunahme derselben vom Scheitel ab erfolgt. Eine Folge dieser Volumzunahme ist die Einschaltung neuer Anti- und Periclinen. Zuweilen treten auch Wände auf, die zum Umfang in keiner bestimmten Beziehung zu stehen scheinen, z. B. in der zweiten anticlinen Zellreihe des 4. Segments in der der Mittelrippe angrenzenden Zelle. Derartige Störungen sind aber selten und, auch wo sie vorhanden sind, tritt der confocale Bau des Vegetationspunktes deutlich hervor. Dass dieser Bau nicht zusammenfällt mit dem von Kny in einem bekannten Schema (Taf. V Fig. 4) für *Metzgeria* angenommenen, ergibt sich aus dem Gesagten von selbst. Nach Fig. 4 ist der Weg, welchen der Focus der Anti- und Periclinen während des Wachstums beschreibt, in der That die Axe der als Parabeln gedachten Anti- und Periclinen. Nach Kny's Schema würde es, wie Sachs gezeigt hat, im Gegentheil der Parameter der Anticlinen sein, der mit der Wachstumsaxe zusammenfällt. Dem Vegetationspunkt von *Metzgeria* würde in diesem Falle ein ganz exceptioneller Bau zukommen. Dass das Kny'sche Schema von den in der Natur sich findenden Verhältnissen abweicht, rührt daher, dass in demselben auf den Umfang keine Rücksicht genommen ist. Das ganze Wachsthum ist hier als eine Einschaltung neuer Wände in die als stabil gedachten ersten Segmente dargestellt. Ein solches treppenartiges Ineinandergreifen der Segmente findet aber nirgends statt, selbst nicht in Fällen, wo wie in Fig. 2 die Segmentgrenzen so deutlich erhalten bleiben. Hat man erkannt, dass alle neu auftretenden Wände nicht zu den Segmentwänden, sondern zum Umfang in Beziehung stehen, so gestaltet sich das Bild des Wachstums gar nicht so abweichend von dem sonst Bekannten, z. B. dem typischen *Dictyotavegetationspunkt*. Die Curvenanordnung der Zellen bei *Metzgeria* konnte übrigens einem Beobachter wie Kny nicht entgehen. Er erwähnt dieselbe bei Besprechung des Mittellappens bei der Gabelung der *Metzgeriasprosse*. »In diesem Mittellappen lassen sich die Kurven, welche auf die gesetzmässige Entstehung der Zellen hindeuten, besonders schön und deutlich verfolgen.« a. a. O. pag. 74. Hier ist es sehr auffallend, wie die Anticlinen des Mittellappens, die rechtwinkelige Schneidung beibe-

haltend, steil sich aufrichten. Diejenige, welche den Mittellappen symmetrisch theilt, nimmt dabei oft die Form einer von der Geraden nicht allzuweit abweichenden Linie an. Eigenthümlich sind die Vorgänge bei Bildung des Mittellappens von *Aneura*. Von diesem Genus wurde *Aneura multifida* untersucht. Es ist bekannt, dass das erste Anzeichen einer auftretenden Verzweigung das Vorhandensein mehrerer (2—3) Scheitelzellen in dem abgeflachten Scheitel ist. Vgl. LEITGEN a. a. O. II. pag. 42. Taf. I, Fig. 4 u. 2.

Sind die Scheitelzellen gebildet, so tritt ein rasches Wachsthum ein. Aber nicht etwa in den Scheitelzellen, sondern in den zwischen ihnen gelegenen Partien, den sogenannten Mittellappen. Fig. 4 zeigt drei Scheitelzellen und zwei Mittellappen von verschiedenem Alter, m eben erst in Bildung begriffen, m_2 nahezu ausgewachsen. Wie der »Mittellappen« sich bildet, zeigt m_1 . Es wölbt sich eine Gruppe von Zellen über den Scheitel hervor, ganz ähnlich, wie es z. B. bei der Bildung einer Auszweigung einer *Pellia* oder eines *Osmundaprothalliums* der Fall ist. Der so sich bildende Mittellappen erfährt, wie m_2 zeigt, eine beträchtliche Vergrößerung. Er hat sich gebildet durch einen von der Scheitelzelle ganz unabhängigen Wachsthumsvorgang. v_3 ist ein zur Seite gedrängter Sprossscheitel, ebenso würde im weiteren Wachsthum des Sprosses v_1 von v zur Seite gedrängt worden sein.

Die Erklärung der Figuren ist grösstentheils schon im Texte gegeben. Sie sind mit dem Zeichenprisma entworfen bei ca. 400facher Vergrößerung. Fig. 4—3 beziehen sich auf *Metzgeria furcata*, Fig. 4 auf *Aneura multifida*.

Fig. 1. Scheitel eines erwachsenen Sprosses.

Fig. 2 u. 3. Scheitel junger Adventivsprosse.

Fig. 4. Scheitel eines in Verzweigung begriffenen Aneurathalluslappens.

Anmerkung. Nachdem meine Arbeit längst abgeschlossen war, erschien ein Aufsatz PRANTL's (über die Anordnung der Zellen in flächenförmigen Prothallien) in der Flora No. 32, 34, 35. Darin wird auch die Anordnung der Zellen im Metzgeriascheitel kurz berührt. PRANTL's Ansicht darüber stimmt, wie es scheint, mit den oben dargelegten Thatsachen überein. Die Ausdrucksweise, dass jede Wand der Scheitelzelle vorne antielin, weiter rückwärts perielin sei (a. a. O. pag. 534), halte ich für keine allgemein gültige. Es mag dies in einzelnen Fällen zutreffen, bei *Metzgeria* aber ist es entschieden nicht der Fall.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Goebel Karl [Eberhard] Immanuel

Artikel/Article: [Ueber das Wachsthum von Metzgeria furcata und Aneura 285-290](#)