Ueber Veränderungen der Aussenwandungen der Epidermiszellen von Euphorbia cyparissias, palustris und mauritanica.

Von

C. Frommann.

Die im Folgenden mitgetheilten Beobachtungen über Veränderungen der Cuticula und der Aussenwand der Epidermiszellen von Euphorbia Cyparissias, palustris und mauritanica liefern einen weiteren Beleg für die Richtigkeit der von mir durch frühere Untersuchungen [1]) gewonnenen Ansicht, dass die Zellmembranen aus einer Umwandlung des Protoplasmas hervorgehen und dass die in denselben eingeschlossene lebende Substanz fähig ist, unter Zufuhr neuen plasmatischen Materials, mannichfache weitere Veränderungen, unter Schwund oder Metamorphose der Cellulose und des Cutins hervorzurufen.

Die Veränderungen der Cuticula bestehen in eng begrenzten oder ausgedehnteren Verdickungen derselben, wobei ihre Substanz ihr homogenes Aussehen bewahrt oder sich zu Körnchen und Körnern, Fäden und Fasern differenzirt hat, in dem Auftreten isolirter körniger, knotiger oder faseriger Auswachsungen und in der Bildung umfangreicher, umschriebener buckliger, kolbiger oder papillenförmiger Hervorragungen, die aus der Umwandlung umschriebener homogener Schwellungen oder auch aus Auswachsungen solcher nach ihrer körnigfädigen Differenzirung hervorgegangen sind. Die veränderten Abschnitte der Cuticula haben sehr häufig eine blass oder gesättigt grüne Färbung angenommen.

---

1) Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellsch. für Medicin und Naturwissensch. v. 21. Febr. 1879, vom 1. Aug. 1879; Beobachtuntungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen, Jena 1880; Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. 17 u. 18.

1) Verdickungen der Cuticula ohne Verlust ihrer homogenen Beschaffenheit.

An Durchschnitten erscheint die Cuticula bei Euphorbia Cyparissias bald nur im Bereiche der Aussenwand einzelner Zellen verdickt und stärker glänzend, bald erstreckt sich die Verdickung continuirlich über mehrere Zellen. Im ersteren Fall treten vereinzelte oder reihenweise, über eine oder mehrere Zellen sich hinziehende halbkugelige oder ovale wie stäbchen-, spindel- oder keulenförmige glänzende Verdickungen auf; im anderen Fall erscheint die Cuticula als eine fortlaufende derbe Faser oder als ein schmales Band und erstreckt sich bei häufig etwas wechselndem Durchmesser über die Aussenwand einzelner oder mehrerer benachbarter Zellen, mitunter über Reihen von 5—10 derselben. Die verdickten Abschnitte gehen allmählig in benachbarte, nicht verdickte über oder fallen steiler gegen die letzteren ab. Dickere, umschriebene Schwellungen erreichen den Durchmesser der Aussenwand oder übertreffen denselben noch, meist ist aber innerhalb der die Aussenwand an Dicke übertreffenden Schwellungen schon eine körnig-fädige Differenzirung ihrer Substanz eingetreten. Einige Male war die Substanz der verdickten Cuticula sehr schwach brechend und dieselbe nur in der Peripherie zu einem glänzenden, im Durchschnitt als Faser vertretenden Saum verdichtet.

An Flächenansichten lässt sich bei einer und derselben Einstellung, je nach der grösseren oder geringeren Convexität der Aussenwandungen, nur ein grösserer oder geringerer Theil der Membranoberfläche übersehen. Neben einzelnen körnigen und knotigen Verdickungen treten Erweichungsheerde der Cuticula auf, wie ich sie von der gleichen Beschaffenheit, aber häufig in viel grösserer Ausdehnung und Mächtigkeit an den Aussenwandungen der Epidermiszellen und an den Membranen der Haare von Pelargonium Z. angetroffen hatte. Sie erscheinen als runde, ovale oder unregelmässig begrenzte, mitunter in Fortsätze auslaufende und an ihrem stärkeren Glanz leicht kenntliche Abschnitte der Cuticula, die sich von den angrenzenden, nicht oder in geringerem Grade veränderten Abschnitten derselben mehr oder weniger scharf, mitunter durch eine dichtere Randzone abgrenzen. Sie treten bald nur vereinzelt an der Oberfläche der Zellfelder auf, bald sind die letzteren mit ihnen wie bepflastert und enthalten mitunter Vakuolen oder neben denselben bereits körnige aus Dif-

ferenzirung der Vakuolenwandungen hervorgegangene Substanz; andere Male erweisen sich Heerde, die auf den ersten Blick ganz homogen zu sein scheinen, als sehr fein, gleichmässig und dicht granulirt und scheint die feinkörnige Substanz sich direkt, ohne vorausgegangene Vakuolisirung, aus der anfänglich homogenen Substanz differenzirt zu haben. Einzelne Heerde sind ganz licht gelbbraun, andere gelbgrün oder rein und gesättigt grün gefärbt. Eine homogene, gesättigt grüne Schwellung erreichte $^2/_3$ des Höhendurchmessers der unterliegenden Epidermiszelle.

2) Körnig-fädige Differenzirung der verdickten Cuticula.

Sehr häufig ist an Stelle der Cuticula über einzelnen Zellen oder über Gruppen und Reihen derselben körnige, körnig-kurzfädige oder netzförmige Substanz getreten.

An Durchschnitten finden sich hie und da Stellen, wo statt einer fortlaufenden Cuticula kurze oder längere einfache, perlschnurartige Reihen glänzender, dicht gestellter, scharf umschriebener Körnchen auftreten, deren Dicke die der continuirlichen Cuticula in benachbarten, unveränderten Abschnitten derselben nicht übertrifft. Weit häufiger sind dagegen an Stelle der Cuticula halbmondförmige ovale oder spindelförmige Auflagerungen von körniger, körnigfädiger oder netzförmiger Substanz auf die Aussenwand vereinzelter oder zahlreicher Zellen getreten, welche die gleiche oder eine beträchtlichere Dicke als die homogenen Schwellungen besitzen. Sie bedecken die Aussenwandungen von einzelnen oder von ein paar benachbarten Zellen ganz oder theilweise und finden sich namentlich häufig in den Vertiefungen zwischen benachbarten Zellen und füllen dieselben dann ganz oder theilweise aus. Ausgedehntere, wahrscheinlich aus verschmolzenen Erweichungsheerden hervorgegangene Schichten körnig-fädiger Substanz erstrecken sich, ebenfalls unter theilweiser oder völliger Ausfüllung der Vertiefungen zwischen den Aussenwandungen benachbarter Zellen, continuirlich oder mit nur geringen Unterbrechungen über ganze Zellreihen, bilden Bänder, die Reihen von 5—30 und mehr Zellen überziehen und deren an verschiedenen Stellen wechselnde Dicke die der Aussenwandungen häufig mehr oder weniger beträchtlich übertrifft.

Entsprechend dem Befund von Durchschnitten zeigt sich bei Flächenansichten, dass bald nur im Bereiche der rinnenartigen, den Zellgrenzen entlang verlaufenden Vertiefungen sich an Stelle der Cuticula körnig-fädige, in Form glänzender, schmaler oder

breiterer, nicht scharf begrenzter Leisten vortretende Substanz findet und die Rinnen ganz oder theilweise ausfüllt oder dass die körnig-fädige Substanz auch die Oberfläche der von den Rinnen eingegrenzten Felder theilweise oder vollständig bedeckt. Andere Male sind die Rinnen frei und die Auflagerungen auf die mittleren Abschnitte der Felder beschränkt. Beträchtliche Dickendifferenzen der körnig-fädigen Cuticularschichten lassen sich auch an Flächenbildern beim Wechsel der Einstellung leicht nachweisen; es kann durch Ausfüllung der Rinne die Membranoberfläche geebnet werden oder im Bereiche der Rinnen die körnigfädige Masse das Niveau der Oberfläche der betreffenden Aussenwände noch überragen oder umgekehrt die Dicke der körnig-fädigen Schicht innerhalb der Felder eine beträchtlichere werden.

Nach der Beschaffenheit ihrer Formelemente zeigen die körnig-fädigen Schichten ein etwas wechselndes Verhalten. Sie bestehen meist aus dicht gestellten derberen und feinen, mehr oder weniger glänzenden Körnchen und aus sehr kurzen, mit den letzteren vielfach, bald zur Bildung engmaschiger Netze, bald unter zickzackförmigem Verlauf, zu einem Reiserwerk verbundenen kurzen Fäden. Mitunter schliessen etwas derbere Körnchen und die mit ihnen zusammenhängenden Fäden relativ weitere Lücken ein und dieselben werden dann ausgefüllt durch eine überaus blasse und zarte, feinkörnig-kurzfädige Substanz; andere Male enthalten die Schichten auch vereinzelt eingelagerte glänzende Körner oder derbere und längere Fäden, die bald parallel neben oder über einander verlaufen, bald sich überschneiden oder mit einander unter Bildung knotiger Verdickungen verbinden. In dünneren Schichten verlaufen diese Fäden meist in der Membranoberfläche mehr oder weniger paralleler Ebenen, in dickeren Schichten auch schräg oder senkrecht zur Oberfläche.

Der Contour der Schichten an Durchschnitten ist sehr häufig ein glatter, gleichmässig und geradlinig oder bogenförmig fortlaufender und wird mitunter durch die homogene, frei etwas nach aussen vortretende Substanz gebildet, in welche die Formelemente eingebettet sind, häufiger durch die letzteren selbst. Im letzteren Falle ist er entweder continuirlich fädig oder es wird der im Durchschnitt gerade vortretende begrenzende, fortlaufende Faden oder die zu einem solchen vereinigten Fadenstücke durch einzelne Körnchen, resp. Fadendurchschnitte, oder durch Reihen derselben unterbrochen. Andere Male wird der Contour unregelmässig durch mehr oder weniger tiefe Einkerbungen, durch buckel-

förmige Vorragungen oder durch einzelne frei nach aussen vorragende ausgewachsene Fäden, Fasern oder fasrige Fortsätze.

Die Abgrenzung der körnig-fädigen Schichten von der benachbarten, unveränderten oder nur verdickten Cuticula ist bei Flächenansichten häufig keine scharfe, indem vielfach einzelne Körnchen, Gruppen und Reihen von solchen oder Streifen der körnig-fädigen Substanz in die benachbarten Cuticularabschnitte ausgreifen; in den letzteren treten ausserdem häufig kleinere Heerde erweichter, noch homogener oder sich bereits körnig-fädig differenzirender Substanz auf, die mit den grösseren, in ihrer ganzen Ausdehnung und Dicke differenzirten, zusammenhängen. An Durchschnitten sieht man an der Grenze der Schichten ihre Körnchen und Fäden meist unmittelbar an die nicht veränderte oder nur verdickte Cuticula stossen, mit der sie durch sehr geringe Mengen einer schwach brechenden Zwischensubstanz verbunden sind, oder es scheint von der Ueberragungsstelle die etwas verdickte Cuticula sich in 2 oder mehr Fäden oder Fasern zu spalten, die in die Schichten einstrahlen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass dieselben nicht der alten, unveränderten Cuticula angehören, sondern aus der Differenzirung des geschwellten Abschnitts der Cuticula hervorgegangen und bei ihrer Bildung an dem einen Ende mit der angrenzenden, homogenen, nur verdickten Cuticula verschmolzen sind. In ganz entsprechender Weise sieht man bei Flächenansichten, wie die aus der Substanz von Erweichungsheerden differenzirten Fasern am Umfange der letzteren in die Substanz der den Heerd begrenzenden Cuticula auslaufen.

Wie die homogenen Schwellungen zeigen auch häufig die körnig-fädigen Schichten theilweise oder in ihrer ganzen Ausdehnung eine gelbliche, gelbgrüne oder eine rein und gesättigt grüne Färbung von vollkommen dem gleichen Farbenton wie die der Chlorophyllkörper. Gelbe Färbungen treten meist nur in beschränkter Ausdehnung und an Stellen auf, wo die wenig verdickte Cuticula sich zu einer einfachen Lage von Körnern und Körnchen oder zu einer dünnen Schicht von solchen gesondert hat. Die zwischen den Körnern und Körnchen befindliche helle Substanz war ungefärbt geblieben. Die gelbgrüne oder rein grüne Färbung findet sich dagegen sowohl an Schichten von beschränkterer Ausdehnung als an solchen, die sich über Reihen von 3—6 und mehr Zellen hinziehen, betrifft dieselben theilweise oder in ihrer ganzen Ausdehnung. Die grüne Färbung haftet meist

ebenfalls nur an den geformten Theilen, den Körnchen, Körnern und Fäden, etwas grössere Lücken zwischen denselben erscheinen ganz ungefärbt, während einzelne gefärbte Fäden von den gefärbten Abschnitten in die anstossenden ungefärbten vorspringen, wie auch vielfach innerhalb sonst ganz ungefärbter Schichten sich ganz vereinzelt oder zu kleinen Gruppen vereinigt grüne Körnchen finden. Einige Male waren dagegen nicht blos die geformten Theile, sondern gleichzeitig auch die Zwischensubstanz deutlich gefärbt, wie sich namentlich deutlich an Durchschnitten durch Schichten zeigte, deren Begrenzung nicht durch Körnchen und Fäden, sondern durch eine schmale Zone vollkommen homogener grüner Substanz gebildet wurde.

Noch auffallender als die Schichten körnig-fädiger Substanz auf den Aussenwandungen sind die umschriebenen durch die erstere gebildeten Hervorragungen. Schon die unveränderte oder nur geschwellte, aber noch homogene Cuticula ist mitunter mit vereinzelten oder zahlreicheren und dichter gestellten körnigen, fädigen, knotigen oder warzenförmigen Vorragungen besetzt oder mit glänzenden, runden, vortretenden Tropfen vergleichbaren Gebilden, die, wie die ersteren, mitunter gelb oder grün gefärbt sind. Ziemlich häufig bildet aber die körnig-fädige Substanz umfangreichere Prominenzen die nach Form und Grösse ziemlich beträchtliche Verschiedenheiten zeigen, bald flacher gewölbte Buckel darstellen, bald steiler ansteigend eine papillenartige Form besitzen. Ihr Höhendurchmesser übertrifft häufig den der zugehörigen Epidermiszellen und mit ihrer Basis sitzen sie bald nur einem Theil der Oberfläche der Aussenwand einer Zelle oder der zweier benachbarter Zellen auf, bald der Oberfläche der Aussenwand einer oder 2—3 benachbarter Zellen in ihrer ganzen Ausdehnung.

In ihrer Umgebung ist die Cuticula bald unverändert, bald nur verdickt oder gleichfalls körnig-fädig. Bezüglich ihrer Contouren und der Beschaffenheit ihrer Formelemente zeigen sie die gleichen Verschiedenheiten wie die schichtweise auftretende körnig-fädige Substanz, sind häufig theilweise oder ganz grün gefärbt, schliessen mitunter nur vereinzelte grüne Körnchen und ungefärbte oder grüne homogene oder granulirte Körner ein, enthalten aber verhältnissmässig häufig auch in den Schichten körnig-fädiger Substanz hie und da vorkommende helle, ziemlich scharf contourirte, runde, ovale oder schmalspindelförmige Gebilde, die den Durchmesser derberer Netzknotenpunkte besitzen oder noch übertreffen, meist ungefärbt, zum Theil aber blass oder gesättigt grün gefärbt

sind. Durch Behandlung mit Jod nehmen sie, die grünen nach vorgängiger Entfärbung durch Alkohol, eine braune Färbung an.

Manche der Schichten und Prominenzen enthalten statt der grün gefärbten licht oder dunkel braune Körnchen, Körner und Fäden bald nur vereinzelt oder in Gruppen und streifigen Zügen, bald bestehen sie in ihrer grössten Ausdehnung oder ganz aus solchen. Auch die grünen Schichten und Prominenzen schliessen häufig vereinzelte braune Körner und Körnchen, die letzteren mitunter in grösserer Zahl ein, so dass sie ein schmutzig olivengrünes Aussehen erhalten. Vereinzelte Schichten enthalten braunschwarzes oder fast reinschwarzes, feinkörniges Pigment.

Die beschriebenen Veränderungen der Cuticula trifft man bald vertheilt an verschiedenen Stellen der Blattober- und Unterfläche, bald gehen mehr und weniger veränderte Abschnitte continuirlich in einander über. Die braunen und grünen Färbungen der körnig-fädigen Substanz finden sich sowohl an der Ober- als an der Unterseite der Blätter.

Werden Schnitte durch getrocknete, durch Gummi zusammen und übereinandergeklebte Blätter in Wasser gebracht und dann untersucht, so zeigt sich, dass die Zahl der körnig-fädigen Schichten und Prominenzen eine auffallend geringe ist, man trifft meist nur einzelne knospige oder spindelförmige, zum Theil grün gefärbte, homogene oder körnig-fädige differenzirte Schwellungen, aber fast gar keine dickeren, ausgedehnteren, über eine Reihe von Zellen sich erstreckenden Schichten. Die letzteren haben sich bei der Aufquellung der Schnitte meist abgelöst und man sieht Schollen, welche treue Abdrücke der Aussenwandungen einzelner, mehrerer oder ganzer Gruppen von — 12 Epidermiszellen darstellen, eine concave Innen- und eine convexe Aussenfläche besitzen, in ziemlicher Anzahl frei in der Zusatzflüssigkeit herumschwimmen. Manche sind nur theilweise abgelöst und haften zum Theil noch der Aussenwandung an oder sie sind einseitig mit der angrenzenden, nicht oder wenig veränderten Cuticula in Verbindung geblieben. Die gleichen Ablösungen finden Statt nach Behandlung der Schnitte durch getrocknete Blätter mit Terpentinöl. An den abgelösten Lamellen tritt in Folge ihrer Aufhellung an Flächenansichten die fädig-körnige Struktur nur als eine sehr blasse hervor, sehr deutlich dagegen bei der Profilansicht. Ob die Aufhellung der Lamellen und das Verblassen ihrer Formelemente nur Folge ihrer Tränkung mit Terpentinöl ist oder zum Theil auch davon, dass mikroskopisch nicht wahrnehmbare Theilchen von in

Terpentinöl löslichen Substanzen in die Lamellen eingelagert waren, muss dahingestellt bleiben. Mitunter treten Ablösungen schon ein, wenn die Schnitte von frischen Blättern aus 1proc. Zuckerlösung in Glycerin übertragen worden sind; aus der Continuität grüner Schichten ausgelöste aber an der einen Seite continuirlich in die letzteren auslaufende, längs ihres äusseren Randes durch einen fortlaufenden glatten Contour begrenzte Streifen oder Bänder grüner, feinkörnig-fädiger Substanz flottiren mitunter frei über den Aussenwandungen von 3—5 und mehr Zellen und es lässt sich die Stelle deutlich unterscheiden, wo ihr freies Ende sich aus der zugehörigen Cutikularschicht ausgelöst hat. Der ausgelöste Theil der Schicht passt genau in die durch die Auslösung entstandene Lücke.

Ganz analoge Veränderungen der Cuticula wie an den Blättern von Euphorbia cyparissias finden sich an denen von Euphorbia palustris und in grosser Häufigkeit an denen von Euphorbia mauritanica; die Blätter der letzteren Pflanze sind ausserdem wegen ihrer beträchtlicheren Grösse zur Untersuchung sehr geeignet.

Ausser der Cuticula zeigten in einigen Fällen auch die Aussenwandungen eine Beschaffenheit, die auf den Eintritt ähnlicher Veränderungen wie in der ersteren hinwies. Dieselbe hatte an Stellen, wo die Cuticula verdickt oder körnigfädig differenzirt war, unter Verlust ihres Glanzes mitunter in ihrer ganzen Dicke oder nur in ihrem mittleren oder äusseren Abschnitt eine dicht und fein granulirte oder eine netzförmige Beschaffenheit angenommen und war gleichzeitig in ein paar Fällen grün oder braun gefärbt. Die veränderten Abschnitte gehen bald allmählig in benachbarte und scharf veränderte über, bald sind sie ziemlich umschrieben und machen den Eindruck von in die Aussenwand eingesprengten gefärbten Knoten; einmal war gleichzeitig im Bereiche eines solchen die Aussenwand verdickt, so dass sie nach aussen buckelförmig vorgetrieben erschien. Die gleiche grüne oder gelb-dunkelbraune Färbung wie die Cuticularschichten zeigt mitunter auch der protoplasmatische Inhalt der Epidermiszellen ganz oder theilweise und wie in den ersteren finden sich auch hier in manchen Zellen innerhalb grüner Protoplasmaschichten braune Körnchen und Körner eingelagert.

An feinen Durchschnitten sieht man an einzelnen Epidermis- und Mesophyllzellen Membranlücken, die theils leer sind, theils körnig-fädiges Protoplasma enthalten. An Schnitten durch getrocknete Blätter kommen ausserdem rein quere Brüche, vor die nicht mit präformirten Lücken zu verwechseln sind und sich durch

ihre scharfrandige Begrenzung wie dadurch auszeichnen, dass sich die Bruchenden häufig etwas gegen einander verschoben haben, mitunter so weit, dass das Ende des einen Bruchstücks ganz über dem des anderen liegt.

Färbungen. Im Hansteinschen alkoholischen Anilingemisch färben sich die Schwellungen und die körnig-fädigen Schichten der Cuticula hell bis dunkelviolett, aber nicht immer vollständig.

In Alaunkarmin werden im Verlaufe von $\frac{1}{4}$ Stunde nur die Zellmembranen und einzelne Kerne gefärbt und erst nach längerem Liegen der Schnitte in der Lösung nehmen auch die Schwellungen und die körnig-fädigen Cuticularschichten ganz oder theilweise eine licht oder dunkelviolette Färbung an.

Nach zweistündigem Liegen der Schnitte in Boraxkarmin sind die Zellmembranen gar nicht, in den Zellen meist nur die Kerne lebhaft gefärbt, das Protoplasma wenig oder gar nicht. Die körnig-fädigen Schichten sind zum Theil gar nicht, zum Theil blass oder dunkel, ebenso dunkel wie die Kerne gefärbt. Nach vorgängiger Alkoholbehandlung werden auch die grünen Cuticularschichten roth gefärbt. Ein ähnliches Verhalten zeigten die Schnitte nach Behandlung mit Lithionkarmin, nur traten hier innerhalb der rosa gefärbten Cuticularschichten die in dieselben eingelagerten runden oder nur unregelmässig begrenzten Körner durch ihre lebhaft rothe Färbung auffallend hervor.

Übersicht der Befunde.

Die Befunde von Durchschnitts- und Flächenansichten haben ergeben, dass die Cuticula bald nur verdickt und mit einzelnen körnigen, knotigen oder warzenförmigen Auftreibungen, hie und da auch mit kurzfädigen Auswachsungen besetzt, bald in geringerer oder grösserer Ausdehnung beträchtlicher geschwellt und erweicht ist. Aus der Substanz der Erweichungsheerde differenziren sich feine Körnchen und Fäden, die vielfach, mitunter unter Bildung sehr engmaschiger Netze, untereinander zusammenhängen, ferner derbere und längere, parallele oder sich durchkreuzende oder zu einem Gerüst verbundene Fäden sowie glänzende Körner. Mitunter geht der Bildung der geformten Bestandtheile die von Vakuolen voraus. Es entstehen auf diese Weise sowohl umschriebenere Anhäufungen körnig-fädiger Substanz über einzelnen Aussenwandungen als continuirliche, aus verschmolzenen Erweichungsheerden hervorgegangene, über eine grössere Zahl von Zellen sich er-

streckende Schichten und es laufen die ersteren wie die letzteren unter allmähliger Dickenabnahme oder unter steilerem Abfall in die angrenzende nicht veränderte oder nur etwas verdickte Cuticula aus. Daneben finden sich auch umschriebene, in Form von Buckeln oder Papillen über das Niveau der Aussenwandungen stark prominirende Anhäufungen körnig-fädiger Substanz. Kleinere solche Prominenzen gehen gleichfalls aus Differenzirung homogener, umschriebener Schwellungen hervor, in Betreff der grössten muss es dahingestellt bleiben, da ihnen an Höhe gleichkommende Schwellungen nicht beobachtet wurden. Es bleibt dabei die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass körnig-fädige, aus homogenen Schwellungen hervorgegangene Prominenzen sich nachträglich durch fädige Auswachsungen vergrössern, wie sie mitunter längs ihres Contours auftreten oder dass die Grössenzunahme unter Bildung nach aussen frei vortretenden homogenen Plasmas erfolgt, aus dem sich dann neue geformte Theile differenziren und den bereits vorhandenen anlegen. In dieser Beziehung ist einmal der an manchen grünen Schichten gemachte Befund bemerkenswerth, deren Begrenzung im Durchschnitt nicht durch Fäden oder Körnchen, sondern durch eine schmale Schicht frei vortretender, homogener, grüner Substanz gebildet wurde, ausserdem aber wurden an Durchschnitten an der Oberfläche ungefärbter Schichten in einzelnen Fällen ihnen anhaftende runde, helle, homogene, tropfenartig vortretende Gebilde beobachtet.

Kleinere homogene Schwellungen und aus ihnen hervorgegangene Anhäufungen körnig-fädiger Substanz sind mitunter gelb, häufiger dagegen und ebenso umfangreichere Schwellungen wie Prominenzen und Schichten körnig-fädiger Substanz ganz oder theilweise gelbgrün oder rein grün, seltener licht bis dunkelbraun gefärbt und zwar sind meist nur die geformten Theile, seltener auch die Zwischensubstanz grün gefärbt. Ziemlich häufig sind auch braune Körnchen und Körner in wechselnder Menge in grüne Schichten eingelagert.

Auch in den Aussenwandungen der Epidermiszellen fanden sich Stellen, die darauf hinweisen, dass ähnliche Vorgänge wie in der Cuticula in ihnen stattgefunden haben, indem hie und da ihre Substanz unter Verlust ihres Glanzes eine dicht granulirte oder netzförmige Beschaffenheit und gleichzeitig mitunter eine grüne oder bräunliche Färbung angenommen hatte. Auch in den Epidermiszellen war das Protoplasma ziemlich häufig ganz oder theilweise grün oder braun gefärbt.

Den geschilderten zum Theil ganz analoge Veränderungen habe ich früher[1]) von der Cuticula und von den Membranen der Haare und der Epidermiszellen von Pelargonium z. beschrieben. Es fanden sich hier umschriebene oder ausgedehntere Verdickungen der Cuticula, Erweichungen derselben, die unter weiterem Austritt von Bildungsmaterial aus den Membranen zur Bildung massiger, die letzteren umscheidender Plasmaschichten führen, die sich nach oder ohne vorausgegangene Vakuolenbildung zu körnig-fädiger, sehr häufig netzförmiger Substanz differenziren, ferner fasrige Auswachsungen, die bald nur der verdickten Cuticula in Form eines dichten oder dünnen Rasens aufsitzen, bald sich zur Bildung umschriebener warzen-, schollen- oder papillenförmiger Prominenzen weiter entwickelt haben. Ebenso waren mitunter auch die Aussenwandungen selbst in auffallender Weise verändert, hatten unter Verlust ihres Glanzes stellenweise ein trübes Aussehen bekommen und ein netzförmiges Gefüge erhalten, während die gleiche braune Färbung, wie sie die meisten geschwellten oder körnig-fädig, resp. netzförmig differenzirten Abschnitte der Cuticula darboten, auch häufig das Zellprotoplasma ganz oder theilweise angenommen hatte. Eine mehr oder weniger gesättigt grüne Färbung fand sich an manchen der körnigen, knotigen, plattenförmigen Verdickungen der Cuticula, an einzelnen fasrigen Auswachsungen wie an umschriebenen grösseren faserigen Prominenzen und an genetzten Erweichungsschichten. Auch hier waren, wie bei Euphorbium die veränderten Abschnitte der Cuticula und die neuen aus ihnen hervorgegangenen Formelemente ganz oder nur zum Theil grün gefärbt, mitunter die Färbung auf einzelne Körnchen und Fäden beschränkt.

Bei der verhältnissmässig grossen Häufigkeit des Auftretens grüner Cuticularschwellungen und Schichten bei Euphorbia Cyparissias und maurit. konnten dieselben einer Prüfung rücksichtlich ihres chemischen und physikalischen Verhaltens unterzogen werden.

Dass durch Alkohol veränderte, grün gefärbte Abschnitte der Aussenwandungen und der Cuticula entfärbt werden, hatte ich schon früher in Betreff der Epidermiszellen von Dracaena festgestellt[2]).

Die Schnitte von Euphorbia c. waren nur in so viel 1 proc.

1) Jenaische Zeitschrift für Naturwissensch. Bd. 18, 3. Heft.

2) Untersuchungen über Struktur, Lebenserscheinungen und Reaktionen thierischer und pflanzlicher Zellen. Jena 1884. S. 328.

Zuckerlösung eingelegt worden als genügte, um sie völlig einzuschliessen, vom Rande des Deckgläschens wurde dann nach Einstellung einer grünen Cuticularschicht einmal oder wiederholt Alkohol absolutus zugesetzt. Die Entfärbung erfolgte sofort oder innerhalb einer Minute oder erst nach 1—3 Minuten und nach wiederholtem Alkoholzusatz. Rein grüne Schichten werden vollständig entfärbt und nur selten bleibt eine gelbe, einzelnen derberen Körnchen anhaftende Färbung zurück, die auch bei wiederholtem Alkoholzusatz nicht schwindet. In schmutzig braun-grünen Schichten schwindet die grüne Färbung vollständig und die braune bleibt rein zurück.

Die Chlorophyllkörper der Epidermis- und Mesophyllzellen entfärben sich etwas später als die grünen Cuticularschichten und zuerst im Bereiche der dünneren Abschnitte der Schnitte, die zum Theil erst nach $\frac{3}{4}$ Stunden vollständig entfärbt waren.

Die Entfärbung der grünen Schichten durch Terpentinöl erfolgte nach anhaltend wiederholtem Zusatz des letzteren, nachdem die auf dem Objektträger etwas abgetrockneten Schnitte zunächst in Glycerin eingelegt worden waren.

Das Grün einer 2 Zellen überziehenden Cuticularschicht war im Verlauf von 2 Stunden nur etwas verblasst, wurde aber rasch und vollständig gebleicht, als nach Entfernung des Deckgläschens und Verlagerung des Schnittes von neuem Terpentinöl zugesetzt worden war. Ein anderer Schnitt mit einer grünen continuirlich über 4 Zellen sich erstreckenden Cuticularschicht war nach dem Abtrocknen 2 Tage in dem zugesetzten Glycerin geblieben und die grüne Schicht entfärbte sich nach Entfernung des letzteren und nach Zusatz von Terpentinöl in 20 Minuten vollständig, während in den Epidermiszellen das Chlorophyll erst stellenweise verblasst und in den Mesophyllzellen noch ganz unverändert war. Erst im Verlaufe einer Stunde hatte sich, unter immer erneutem Zusatze von Terpentinöl, das Chlorophyll der Epidermiszellen ganz entfärbt, während das des Mesophylls auch dann noch unverändert geblieben war.

Rascher, schon im Verlauf von 10 Minuten, erfolgte die Entfärbung grüner Cuticularschichten, wenn den mit etwas Glycerin befeuchteten abgetrockneten Schnitten wiederholt Schwefeläther zugesetzt wurde. In der gleichen Zeit waren die in den Zellen enthaltenen Chlorophyllkörper nicht oder nur an den dünnsten Stellen der Schnitte entfärbt worden.

Grüne Cuticularschichten von mit etwas Glycerin und Mohnöl

benetzten Schnitten werden, wie die Chlorophyllkörper, nach erneutem Zusatz von Schwefelkohlenstoff im Verlaufe einer Minute gleichmässig gelbbraun, entfärben sich aber erst unter fortgesetztem Zusatz von Schwefelkohlenstoff im Verlaufe einer Stunde mehr oder weniger vollständig.

Auf Zusatz von Essigsäure zu in 1proc. Zuckerlösung befindlichen Schnitten hellen sich die grünen Cuticularschichten auf und nehmen im Verlauf von 1—3 Minuten eine schwach gelbliche, gelbgrünliche oder bräunliche Färbung an, die erst im Verlauf von weiteren 8—10 Minuten schwindet. Mitunter geht eine anfangs bräunliche Färbung nachträglich in eine gelbe über oder es wird eine anfänglich gelbliche Färbung allmählig gelbbräunlich. Während der Einwirkung der Säure wurde in den meisten Fällen die Struktur der Schichten nicht erheblich geändert, einige Male trat dagegen in ihrer Peripherie oder in ihrer ganzen Ausdehnung an Stelle der körnig-fädigen Struktur eine sehr dichte, feine und gleichmässige Granulirung auf, die in einem Falle wieder undeutlich wurde und schwand. Während oder nach Entfärbung der Schichten entfärben sich auch die Clorophyllkörper, nachdem sie zunächst heller oder dunkler braun oder gelbbraun geworden sind.

Nach Zusatz von Phosphorsäure nehmen im Verlauf von 2—15 Minuten die grünen Schichten eine gelbe, braungelbe oder braune Färbung an. Mitunter ist die Färbung erst braun und wird nachträglich braungelb oder erst gelb und wird dann braun. Die Chlorophyllkörper wurden braungelb oder braungrün gefärbt.

Durch Salzsäure werden die grünen Schichten rasch gelb gefärbt und nehmen im weiteren Verlauf von 5 Minuten zum Theil eine licht gelbbraune Färbung an. Die Chlorophyllkörper wurden rasch braun und meist dunkler als die Cuticularschichten gefärbt.

Im Mikrospektrum bewirken grüne Cuticularschichten (von Euphorbia Cyp. u. maurit.) einen ihrer Ausdehnung im Spalte des Spektrums entsprechenden Absorptionsstreifen im Roth, zwischen B u. C, der etwas weiter nach dem rothen Ende des Spektrums gerückt ist als es bei den Chlorophylllösungen der Fall und je nach der lebhafteren und gesättigter grünen Färbung der Schichten mehr oder weniger dunkel ist. Hinter E beginnt ein dunkler, in der gleichen Ausdehnung wie der Absorptionsstreif zwischen B und C sich durch den ganzen blauen Theil des Spektrums continuirlich hinziehender Absorptionsstreif. Stellt man

den Spalt des Spektrums so, dass sich in demselben gleichzeitig eine grüne Cuticularschicht und Chlorophyll des Inhalts der Epidermiszellen befindet, so überzeugt man sich, dass die durch das letztere bewirkte Absorption vollständig der durch das Grün der Cutikularschichten bewirkten Absorption entspricht.

Es kann somit bei der Uebereinstimmung, welche die grünen Abschnitte veränderter Cuticula rücksichtlich ihres chemischen und spektroskopischen Verhaltens mit den Chlorophyllkörpern zeigen, keinem Zweifel unterliegen dass der grüne in den ersteren enthaltene Farbstoff mit dem Chlorophyll identisch ist.

An im Herbst gelb gewordenen Blättern von Euphorbia C. waren auch die gefärbten Cuticularschichten und Schwellungen meist gelb oder braun und nur in den seltensten Fällen grün und dann auch meist gelbgrün gefärbt. So fanden sich an 40 Schnitten nur 9 grün gefärbte Stellen der veränderten Cuticula, während an noch grünen Blättern die gefärbten Cuticularabschnitte der grossen Mehrzahl nach grün gefärbt sind und es auch an den noch grünen Blättern derselben Pflanze waren, von welcher die gelben Blätter stammten.

Bei Beurtheilung der Befunde an der Cuticula und den Aussenwandungen der Epidermiszellen und an den Membranen der Haare von Pelargonium z. waren es hauptsächlich 2 Umstände, welche mich zu der Annahme bestimmten, dass die beobachteten Veränderungen unter dem Einfluss lebender, in den Membranen und in der Cuticula enthaltener Substanz zu Stande gekommen seien. Rein mechanisch erfolgende, erst zähflüssige und dann erhärtende Abscheidungen könnten zur Bildung von schichtweise abgesetzten oder von ovalen, spindel- oder kegelförmigen, der Cuticula auflagernden soliden Massen führen, aber schon die Bildung einzelner, in der Cuticula nur wurzelnder längerer Fäden und Fasern würde einer Erklärung in diesem Sinne erhebliche Schwierigkeiten darbieten und noch mehr das Auftreten von Verästelungen und das Abtreten feiner Fäden von Knoten, zu welchen sich mitunter eine Faser längs ihres Verlaufs oder an ihrem Ende verdickt hat. Ganz unverständlich bliebe ferner das Anastomosiren der Fasern unter Bildung derberer Knotenpunkte, von denen neue ebenfalls anastomosirende Fasern sich entwickeln und mit den bereits vorhandenen sich zur Bildung weit- und engmaschiger, gegen Druck ziemlich resistenter Gerüste vereinigen, von deren Um-

fang häufig wieder einzelne Fäden und Fasern frei nach aussen abtreten.

Für das Zustandekommen der Veränderungen der Cuticula und Membranen unter dem Einfluss lebender, in derselben enthaltener Substanz sprechen dagegen in ganz unzweideutiger Weise die Vorgänge, welchen an manchen erweichten und geschwellten Cuticularschichten und an den in ihnen enthaltenen geformten Theilen beobachtet wurden. Sowohl die Bewegungserscheinungen als die Um- und Neubildung von Netzabschnitten (Abschnürungen, Sonderung der Fäden zu Körnchen, Verschmelzung von Körnchen und Fäden, Bildung von Körnchen, Fäden und Netzen aus homogener Substanz, Schwund und Rekonstruktion ganzer Netzabschnitte) sind von mir in ganz entsprechender Weise auch im Innern lebender Zellen beobachtet worden; es kann auch dabei gar nicht die Rede davon sein, dass die eintretenden Veränderungen etwa eine Folge der Einwirkung der Zusatzflüssigkeit seien, da es sich gar nicht um blosse Verflüssigung geformter Theile handelt, sondern auch um Bildung geformter Substanz aus homogener und die zunächst eingetretenen Aenderungen in der Beschaffenheit der Theile keine dauernden sind oder es nicht zu sein brauchen, sondern während einer $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$stündigen Beobachtungsdauer sich unausgesetzt ein Wechsel im Entstehen neuer Formelemente und im Vergehen vorhandener sowie Aenderungen in der Beschaffenheit der bereits vorhandenen vollziehen. Die gleichen Vorgänge, wie sie bei Benutzung von 1proc. Zuckerlösung oder Quittenschleim als Zusatzflüssigkeit beobachtet wurden, vollziehen sich aber auch, wenn als Zusatzflüssigkeit Mohnöl benutzt wird, also ein Einfluss wässriger Flüssigkeit ganz ausgeschlossen ist, entwickeln sich mit grösserer Schnelligkeit und laufen rascher und unter Betheiligung einer grösseren Anzahl Formelemente ab, wenn inducirte Ströme eingeleitet werden. Der fernere, an den Blättern von Euphorbia geführte Nachweis, dass der grüne Farbstoff veränderter Cuticularabschnitte identisch mit dem Chlorophyll innerhalb der Zellen ist, liefert einen weiteren Beleg für die Richtigkeit der von mir zuerst vertretenen und begründeten Ansicht, dass protoplasmatische Theile in die Zusammensetzung der Membranen eingehen und dass dieselben sich auch an dem Zustandekommen von Um- und Neubildungsvorgängen betheiligen und dasselbe überhaupt erst ermöglichen.

Die sehr häufig grosse Mächtigkeit der weichen, homogenen

oder geformte Theile einschliessenden Massen, wie sie bei Pelargonium u. Primula s. die Epidermiszellen überziehen und die Haare umscheiden, setzt voraus, dass durch ein System feiner, nur zum geringsten Theil durch die optischen Hülfsmittel wahrnehmbarer Spalten und Kanäle fortwährend plasmatische Flüssigkeit den veränderten Membranabschnitten zugeführt und das Material für die stickstofffreien und stickstoffhaltigen Bestandtheile derselben geliefert wird, während gleichzeitig der ganze Vorgang, sobald die Schwellung eine gewisse Grenze überschritten hat, einen sekretorischen Charakter erhält.

Von Hanstein [1]), de Bary [2]) und A. wird bekanntlich die Ansicht vertreten, dass es sich bei Pelargonium, Primula sin. und anderen Pflanzen bei den in Rede stehenden Vorgängen von Anfang an um einen Sekretionsprozess handelt und dass der secernirte Körper an der Grenzfläche zwischen Cuticula und Zellmembran auftritt. „Bei gleichbleibender Form und Turgescenz der Zelle hebt er in dem Maasse, als er an Menge zunimmt, die Cuticula blasig empor, entweder indem diese in gleichem Maasse und unter gleichbleibender oder zunehmender Dicke mitwächst, oder mit der Vermehrung des Sekrets in ihrem Flächenwachsthum nicht Schritt hält, daher stark gedehnt und schliesslich leicht gesprengt wird. Von dem nach der Sprengung frei werdenden flüssigen Sekret rührt die Klebrigkeit der Oberfläche her. Die zersprengte Cuticula kann (nach Hanstein) an jungen Theilen selbst zu wiederholten Malen regenerirt werden.“ (de Bary)

Bei Euphorbia führen die Schwellungen der Cuticula überhaupt nicht zur Bildung von Sekretmassen, aber auch bei Pelargonium und Primula sin. ist von einem derartigen Modus der Sekretbildung nicht das Geringste wahrzunehmen, überall gehen die Veränderungen, die bei der Primel denen bei Pelargonium ganz analog sind, von der Cuticula selbst aus und an den Köpfchen der Haare, an denen, wie an den meisten Endgliedern, eine Cuticula überhaupt nicht zu unterscheiden ist, von ihren sehr zarten Membranen, welche im Durchschnitt knopf-, linsen- oder spindelförmige, homogene und glänzende oder körnig-fädig differenzirte Abschnitte einschliessen oder derartige Bildungen auf ihrer äusseren Fläche

---

1) Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderungen in den Laubknospen. Bot. Zeitung Nr. 43. 1868.

2) Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877. S. 94.

tragen. An den Köpfchen der Drüsenhaare von Pelargonium sind die Membranen etwas stärker als bei Primula und spalten sich mit Eintritt der in Rede stehenden Veränderungen mitunter in 2 Lamellen, von denen zunächst nur die äussere der Sitz der letzteren ist. Kleinere oder grössere homogene, nach aussen prominirende Erweichungsschichten erscheinen zwar häufig im Durchschnitt durch einen fasrigen Contour vollständig oder mit einzelnen Unterbrechungen abgegrenzt, derselbe entspricht aber nicht der abgehobenen Cuticula, sondern ist aus einer Verdichtung der peripheren Schicht hervorgegangen und neugebildet. Gleichzeitig beginnt sich häufig auch der homogene Inhalt solcher Prominenzen zu differenziren, es treten in demselben einzelne Vakuolen sowie einzelne Körnchen und Fäden oder kleine Anhäufungen derselben auf oder es erstrecken sich von der verdichteten Randzone einzelne Fäden nach dem Innern der homogenen Masse.

Wie bei Pelargonium so finden sich auch bei Primula s. umfangreichere, der Membran aufgelagerte weiche, glänzende, homogene oder körnig-fädig oder netzförmig differenzirte Massen, in Betreff deren es dahingestellt bleiben muss, in welcher Weise sie sich entwickelt haben, da sie der unveränderten Cuticula, an den Köpfchen und Endgliedern der äusseren Membranfläche, nur aufliegen. Es ist hierbei einmal die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass ein Erweichungsprozess der Cuticula oder Membran nur in sehr beschränkter Ausdehnung stattgefunden und mit der reichlichen Zufuhr von Bildungsmaterial der Vorgang einen sekretorischen Charakter angenommen hat, worauf die neugebildeten Massen sich über die umgebenden unveränderten Membranabschnitte ausgebreitet haben; auf der anderen Seite lässt sich aber auch die Möglichkeit nicht ausschliessen, dass es auch durch die nicht oder nur wenig veränderte Cuticula oder Membran hindurch zu einer Sekretion kommen kann.

Für die Redaction verantwortlich:
Carl Bardeleben Jena.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft

Jahr/Year:

Band/Volume: NF_13_Supp_I

Autor(en)/Author(s): Frommann C.

Artikel/Article: Ueber Veränderungen der Aussenwandungen der Epidermiszellen von Euphorbia cyparissias, palustris und mauritanica. 74-90