Gibt es Unterschiede in der mikrochemischen Natur des Casparyschen Streifens bei verschiedenen Pflanzengruppen?

Von

ADAM WODZICZKO.

Die gründliche Kenntnis des Casparyschen Streifens in den Endodermiszellen verdanken wir der Marburger Schule, die unter Leitung des Professors Arthur Meyer die physiologischen Scheiden, speziell die Endodermen bei allen Pflanzengruppen systematisch erforscht hat (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10).

Diese Untersuchungen brachten u. a. zur Kenntnis, dass der Casparysche Streifen der Angiospermen sich mit Rutheniumrot leicht färben lässt, wogegen bei den Gymnospermen und Pteridophyten diese Färbung nicht zu erzielen ist (vergl. besonders die Zusammenstellung v. Altens, 1, p. 156). Auch das Verhalten des Casparyschen Streifens gegenüber anderen Farbstoffen und Reagentien soll bei verschiedenen Pflanzengruppen nicht gleich, doch für grössere systematische Einheiten charakteristisch sein.

Diese Behauptungen sind als gut gestützte Tatsachen in allbekannte Lehrbücher, wie Tunmann (13, p. 603), Strasburger-Körnicker (12, p. 300, 316), Schneider-Zimmermann (11, p. 276) und andere übergegangen. Wir lesen z. B. bei Schneider-Zimmermann: „Rutheniumrot färbt bei Angiospermen die Casparyschen Streifen deutlich rot, bei Gymnospermen und Pteridophyten nicht. Methylenblau färbt sie bei allen drei Gruppen; bei Angiospermen lässt sich diese Färbung nach Eau de Javelle-Behandlung nicht mehr erzielen, bei Farnen wohl“. „Bei Farnen bewirkt Kalilauge starke Gelb-

färbung der Streifen (Rumpf), bei Angiospermen nicht“ (l. c.).

Verfasser hatte schon früher festgestellt, dass der Casparysche Streifen bei allen Pflanzengruppen vollkommen oxydasefrei ist, obgleich andere Membranteile der Endodermiszellen immer eine starke Oxydasereaktion aufweisen (14). Ebenso konnte die ständige Parallelität zwischen dem Vorkommen der Oxydasen und der Pektinsubstanzen in pflanzlichen Zellmembranen nachgewiesen werden (15). Im Lichte dieser Feststellungen schien diese angebliche Differenz in dem Verhalten des Casparyschen Streifens gegenüber Rutheniumrot, einem der besten Pektinfarbstoffe, wenig plausibel zu sein. Verfasser hatte daher seinen Assistenten B. K u n a t o w s k i aufgefordert, diese eventuelle Verschiedenheit in dem Verhalten des Casparyschen Streifens bei verschiedenen Pflanzengruppen nachzuprüfen und auch mit Hilfe anderer Pektinfarbstoffe näher zu erforschen. Da er leider einer Krankheit unterlag (1926), hat Verfasser die aufgenommenen Untersuchungen zu einem gewissen Abschluss gebracht, hauptsächlich was das Verhalten des Casparyschen Streifens gegenüber Rutheniumrot und einigen anderen zu seiner Charakteristik gebrauchten Reagentien anbelangt.

Es wurden in dieser Hinsicht folgende Pflanzen untersucht: *Athyrium filix femina*, *Pteridium aquilinum*, *Equisetum hiemale*, *E. palustre*, *E. arvense*, *Taxus baccata*, *Thuja gigantea*, *Taxodium distichum*, *Pinus silvestris*, *P. cembra*, *P. montana*, *Abies concolor*, *Abies Nordmanniana*, *Honckenya peploides*, *Helleborus niger*, *Caltha palustris*, *Mercurialis perennis*, *Hippuris vulgaris*, *Sium angustifolium*, *Linaria vulgaris*, *Menyanthes trifoliata*, *Limnanthemum nymphaeoides*, *Vincetoxicum officinale*, *Lobelia Dortmanna*, *Petasites albus*, *Tussilago farfara*, *Bidens tripartitus* (im Stengel anormale Ausbildung des C. Streifens), *Sagittaria sagittifolia*, *Zea Mays*, *Acorus calamus*, *Hemerocallis fulva*, *H. flava*, *Convallaria majalis*, *Iris germanica*, *I. pumila*, *Canna indica*, *Epipactis rubiginosa*. Es wurden also Vertreter der Angio- und Gymnospermen, sowie auch der Pteridophyten untersucht, immer Wurzel, doch bei Equiseten, Wasser- und Sumpfpflanzen auch Stengel, falls dort eine Endodermis mit Casparyschen Streifen zu finden war.

Die Resultate sind folgende:

Bei keiner der untersuchten Pflanzen (frisches oder in Alkohol aufbewahrtes Material) ist eine positive Färbung des Casparyschen Streifens mit Rutheniumrot zu erhalten. Weder bei den Representanten der Angiospermen, noch bei denen der Gymnospermen und Pteridophyten

war mittels Rutheniumrot eine stärkere Färbung des Casparyschen Streifens, als die der anderen Teile der Endodermismembran zu erzielen. Die Untersuchungen wurden bei allen Sicherheitskautelen was die Zusammensetzung und Reaktion der Lösungen, Färbungsdauer usw. anbelangt, ausgeführt und das Resultat war immer das gleiche: Rutheniumrot färbte den Casparyschen Streifen beim frischen Material niemals! Alle entgegengesetzten Angaben müssen als Irrtum bezeichnet werden.

Diese falschen Angaben, wenn sie auch von einem so gewissenhaften und erfahrenen Mikroskopiker, wie es Arthur Meyer war, stammen, sind leicht zu verstehen, wenn man die Kleinheit des Objektes (Dicke des C. Streifens bei *Iris* 1.5—1.6 μ) und die Schwierigkeiten der Untersuchung am frischen Material infolge der Verhüllung des Streifens mit dem stark angehefteten Protoplasten bedenkt. Es ist manchmal wirklich fast unmöglich zu entscheiden, ob der Casparysche Streifen gänzlich ungefärbt oder doch ganz schwach gefärbt ist, da sich das anheftende Protoplasma leicht mitfärbt. Besonders das in Alkohol längere Zeit aufbewahrte Material ist in dieser Hinsicht weniger brauchbar. Niemals ist aber diese Färbung intensiver, als die der anderen Endodermiswände und es liessen sich absolut keine Unterschiede bei den verschiedenen Pflanzengruppen feststellen.

Die Behauptung, dass sich der Casparysche Streifen bei *Iris* mit Rutheniumrot färben lässt, finden wir zuerst bei Rumpf (10, p. 22): „Dagegen haben wir in Rutheniumrot einen Farbstoff, welcher den Casparyschen Streifen (der Farnwurzel) nicht färbt. Versuche mit dieser Färbung an Wurzeln von *Iris* zeigten merkwürdigerweise ein umgekehrtes Verhalten des Casparyschen Streifens, der sich hier stark färbte“. A. Meyer bestätigt diese Färbbarkeit bei *Iris*-Wurzeln in seinem Praktikum (II. Aufl. 1907, III. Aufl. 1915, p. 57). Eine von H. von Alten (1) stammende Verallgemeinerung und Gegenüberstellung dieser Ergebnisse denen der Gymnospermen und Pteridophyten gegenüber, ist indessen auch nicht ganz richtig, da, was den Streifen in den Wurzeln der Sellaginellaceen anbelangt, H. Mager (5, p. 28) schreibt: „Sein Verhalten deckte sich mit dem der Angiospermen-Streifen“, wobei zwischen den Farbstoffen, die zu seiner Charakterisierung dienten, auch Rutheniumrot genannt wird. Aus dem Sammelreferat H. von Altens ist der Irrtum weiter in die Literatur und Lehrbücher übergegangen.

Was das Verhalten des Casparyschen Streifens gegen Rutheniumrot nach der Maceration in Eau de Javelle betrifft, so ist im

allgemeinen auch ein bei allen Pflanzengruppen gleiches Verhalten festzustellen und zwar: nach einer genügend langen Maceration ist immer eine deutliche Färbung des Streifens zu bemerken. Besonders in der Flächenansicht kommt der gefärbte Casparysche Streifen schön zum Vorschein. Dauert aber die Maceration noch länger, so verschwindet allmählich immer mehr die Fähigkeit des Streifens sich mit Rutheniumrot zu färben, bis sie endlich gänzlich verloren geht. Gleichzeitig ist auch die Fähigkeit der verholzten Wände und des Casparyschen Streifens mit Phlorogluzinsalzsäure zu reagieren, verloren gegangen.

Alle Angaben über die Dauer der Maceration sind mit grösster Vorsicht zu betrachten, da sie in sehr weiten Grenzen von der Macerationsflüssigkeit (Frische, Herstellungsweise usw.), teilweise auch von den individuellen Eigenschaften des Casparyschen Streifens bei einzelnen Pflanzen (doch unbeachtet ihrer systematischen Zugehörigkeit) abhängen. Bei Verwendung einer von G. Grübler (Leipzig) stammenden Lösung, war eine deutliche Färbung des Streifens erst nach einer 2 Tage dauernden Maceration zu erreichen (*Equisetum*, *Limnanthemum*, *Iris*); nach einer 3—4-tägigen Maceration war die Färbung am stärksten; nach 5-tägiger Maceration war in der Flächenansicht keine Färbung des Streifens mehr zu sehen und nur im Querschnitt waren die Casparyschen Punkte noch zu bemerken; nach 8-tägiger Maceration war überhaupt eine Färbung des Streifens (und der Punkte) nicht mehr zu erzielen. Dagegen war bei Verwendung einer frisch hergestellten Lösung (nach Vorschrift von A. Meyer: Erstes mikroskopisches Praktikum. III. Aufl. Jena, 1915) die Färbung schon nach einstündiger Maceration zu erreichen, konnte aber nach 2-tägiger Maceration nicht mehr erhalten werden.

Es wurde also bei allen Pflanzengruppen gleiches Verhalten des Casparyschen Streifens gegen Rutheniumrot festgestellt: am frischen Material lässt er sich niemals färben, bei nicht zu stark maceriertem dagegen wohl. Dauert aber die Maceration zu lange, so geht diese Fähigkeit verloren.

Das ganze Untersuchungsmaterial wurde mit Hilfe der Phlorogluzinsalzsäurereaktion kontrolliert: am frischen Material gab der Casparysche Streifen, gleich allen verholzten Wänden, immer eine positive Reaktion. Mit Rutheniumrot konnten am frischen Material die verholzten Wände niemals gefärbt werden, was schon Mangin behauptete und ich nur bestätigen kann. Das oben angeführte Verhalten des Casparyschen Streifens zeugt also auch zu Gunsten der Auffassung, dass er „verholzt“ ist.

Die angebliche stoffliche Verschiedenheit des Casparyschen Streifens bei verschiedenen Pflanzengruppen wurde auch mit Hilfe einiger anderer Reagentien und Farbstoffe untersucht.

Gegen Kalilauge war das Verhalten des Casparyschen Streifens sehr verschieden, doch liessen sich dabei keine charakteristischen Züge für einzelne Pflanzengruppen bemerken, da selbst die verschiedenen *Equisetum*-Arten kein gleiches Verhalten zeigten. Bei der Mehrzahl der untersuchten Pflanzen beim frischen Material bewirkte kalte Kalilauge eine mehr oder weniger deutliche Gelbfärbung des Streifens. Probeweise wurde auch die Wirkung der Erwärmung in KOH geprüft. Bei *Equisetum arvense* wurde der gelbgefärbte Streifen bei Erwärmung farblos oder fast farblos, ebenso z. B. bei *Linaria vulgaris*, dagegen blieb bei *Menyanthes trifoliata* die gelbe Färbung erhalten. Waren die Schnitte der genannten Pflanzen längere Zeit (1 Monat) in Eau de Javelle liegen geblieben, so bewirkte kalte Kalilauge keine Färbung, warme dagegen nur bei *Menyanthes trifoliata*.

In dem Verhalten des Casparyschen Streifens gegenüber Congorot und Methylenblau konnten ebenfalls keine Unterschiede festgestellt werden. Mit Congorot (in Wasser, Alkohol, auch in Ammoniak gelöst) lässt sich der frische Streifen nicht färben, der macerierte dagegen wohl. Methylenblau färbt bekanntlich am frischen Material den Casparyschen Streifen bei allen Pflanzengruppen, doch nach der Maceration war die Färbung nicht nur bei den Pteridophyten, sondern auch bei einigen probeweise untersuchten Angiospermenwurzeln (*Bidens* u. a.) zu erzielen.

Eine besondere Erklärung benötigt die von M. Plaut (8) empfohlene Doppelfärbung der Endodermiswände, bei welcher die in Javellscher Lauge kurz macerierten Schnitte zuerst mit Rutheniumrot und nachher mit Methylenblau gefärbt werden (Zellwände rot, Streifen blau). Es ist doch oben vom Verfasser festgestellt worden, dass sich der kurz macerierte Streifen mit Rutheniumrot rot färbt! Verfolgt man aber die Stufen dieser Doppelfärbung, so beobachtet man, dass mit Rutheniumrot der Streifen immer deutlich gefärbt wird, viel stärker jedenfalls als die anderen Wände. Gelangt aber ein so gefärbter Schnitt nachher in eine Methylenblaulösung, so nimmt der Casparysche Streifen (gleich wie die verholzten Gefässwände) den blauen Farbstoff so gierig ein, dass die rote Färbung bald verdeckt wird und der Streifen inmitten der rosagefärbten Wände blau erscheint. Dieselbe schnelle Farbenänderung in einer Methylenblaulösung ist auch bei dem durch Phlorogluzinsalz-

säurereaktion noch intensiver rotgefärbten Streifen zu beobachten. So ist der scheinbare Widerspruch gelöst.

Zuletzt will ich hervorheben, dass an den Casparyschen Streifen auch die von Raciborski eingeführte Nitrit- und Diazoreaktion zu erzielen ist.

Nach Untersuchungen von Fr. Poznański (9) dürfen zwar diese Reaktionen weder als spezifische Eiweiss-, noch als Holzstoffreaktionen betrachtet werden, da auch manche Zellulosemembranen eine Reaktion zeigen, doch zeugt der positive Ausfall dieser Reaktionen zu Gunsten der stofflichen Einheitlichkeit des Casparyschen Streifens bei allen untersuchten Pflanzengruppen.

Auf Grund obiger Untersuchungen sind die behaupteten Unterschiede in dem mikrochemischen Verhalten des Casparyschen Streifens bei verschiedenen Pflanzengruppen entschieden zu verneinen. Die stoffliche Natur des Casparyschen Streifens scheint sehr einheitlich zu sein, da die beobachteten Unterschiede nur untergeordneter Natur und an einzelne Pflanzengruppen nicht gebunden sind. Die Untersuchungen unterstützen im allgemeinen die Ansicht, dass der Casparysche Streifen „verholzt“ ist.

Da aber in physiologischer Hinsicht der Casparysche Streifen ein „plasmaähnliches“ Verhalten zeigt, d. h. eine auslesende Wirkung für Hydrosole ausübt (3, 16), so soll der Schlüssel zum Verständnis seiner Funktion nicht nur in seiner „Verholzung“ gesucht werden. Wenn auch die früher vom Verfasser geäußerte Vermutung über die Anwesenheit von Plasma in dem Casparyschen Streifen bis jetzt nicht einwandfrei bewiesen werden konnte, so entspricht sie doch vollkommen den physiologischen Tatsachen und wird, wenn auch indirekt, durch einige der oben angeführten Reaktionen unterstützt.

Poznań, Botanisches Institut der Universität.

Literatur.

1. Alten, H. von. Über den systematischen Wert der physiologischen Scheiden und ihrer Verstärkungen bei den Wurzeln. Bot. Zeitung II. Abt. Bd. 68. 1910.
2. Bäsecke, P. Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Scheiden der Filicinen-Achsen und Wedel, sowie über den Ersatz des Korkes bei dieser Pflanzengruppe. Bot. Ztg. Bd. 66. 1908.
3. Colin, H. et Ruz de Lavison. Du mode de pénétration de quelques sels dans la plante vivante. Rôle de l'endoderme. Rev. Gen. de Bot. 1910.
4. Kroemer, K. Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzeln. Bibl. Botan. H. 59. 1903.

5. Mager, H. Beiträge zur Anatomie der physiologischen Scheiden der Pteridophyten. Bibl. Botan. H. 66. 1907.
 6. Müller, H. Über die Metakutisierung der Wurzelspitze und über die verkorkten Scheiden in den Achsen der Monocotyledonen. Bot. Ztg. 1906.
 7. Mylius, G. Das Polyderm. Eine vergleichende Untersuchung über die physiologischen Scheiden, Polyderm, Periderm und Endodermis. Bibl. Bot. H. 79. 1913.
 8. Plaut, M. Untersuchungen zur Kenntnis der physiologischen Scheiden bei den Gymnospermen, Equiseten und Bryophyten. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 47. 1910.
 9. Poznański, Fr. Über die Raciborskische Nitrit- und Diazoreaktion der pflanzlichen Zellmembranen. Bull. Acad. Polon. Ser. B. 1929.
 10. Rumpf, G. Rhizodermis, Hypodermis und Endodermis der Farnwurzel. Bibl. Bot. H. 62. 1904.
 11. Schneider-Zimmermann. Die botanische Mikrotechnik. Jena 1922.
 12. Strassburger-Körnicker. Das botanische Praktikum. 7 Aufl. Jena 1923.
 13. Tunmann, O. Pflanzenmikrochemie. Berlin, 1913.
 14. Wodziczko, A. Über eine chemische Reaktion der lebenden Endodermiszellen. Bull. Acad. Cracovie. Ser. B. 1916.
 15. — Badania nad rozmieszczeniem fermentów utleniających u roślin. Prace Nauk. Uniw. Poznań, 1921.
 16. Ziegenspeck, H. Über die Rolle des Casparyschen Streifens der Endodermis und analoge Bildungen. Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. 39. 1921.
-