

Über den plastidogenen Ursprung der Aleuronkörner.

Dr. V. Vouk.

Über die Entstehung der Aleuronkörner bestehen zur Zeit drei verschiedene Anschauungen bzw. Hypothesen. Als erste ist zu nennen die alte von Maschke, Gris, Wakker u. a. begründete und in den Lehrbüchern als allgemein geltende Ansicht, nach welcher die Aleuronkörner als mit Eiweiss gefüllte Zellsaftvakuolen anzusehen sind. Von Arthur Meyer werden sie als »sehr eiweissreiche Zellsaftante« genannt.¹ Auch die neueren von P. Dangeard² entwickelten Ansichten über die Entstehung von Aleuronkörner schliessen sich eigentlich dieser älteren Anschauung an. P. Dangeard hat nur neue Beweise für die Richtigkeit dieser Ansicht von dem vakuogenen Ursprung der Aleuronkörner zu bringen versucht, indem er bei der Keimung von Ricinus — diesem klassischen Objekte für das Studium der Aleuronkörner — die entgegengesetzten Prozesse der Bildung der Aleuronkörner beobachten konnte. Die Aleuronkörner kehren nämlich während der Keimung in den Vakuolenzustand zurück. Die Deutung des ganzen Entwicklungsvorganges im Sinne der theoretischen Auffassung der Zellstruktur von P. A. Dangeard d. h. im Sinne der Vakuomtheorie ändert an der Sachlage nichts. Es handelt sich also wieder um den vakuogenen Ursprung der Aleuronkörner. Dieser älteren fast allgemein vertretenen Ansicht über die Entstehung der Aleuronkörner stehen in neuester Zeit zwei neue Hypothesen entgegen, von denen die letztere unbedingt in den Vordergrund treten muss. Zunächst aber nur einige Worte über die erstere.

¹ A. Mayer, Morphologische u. physiol. Analyse der Zelle. I. p. 173.

² P. Dangeard, Sur la formation des grains d'aleuron dans l'albumen du Ricin (Comptes rendus t. 172. 1921. p. 857.).

Peklo¹ behauptete die Entstehung der Aleuronkörner auf der Oberfläche der symbiotischen Pilzhyphen in der Aleuronschicht gesehen zu haben. Diese ganz eigenartige Hypothese über den mykogenen Ursprung der Aleuronkörner wurde zunächst von Netolitzky² einer Kritik unterzogen und ist dann später von Z. Arnold³ endgültig durch Nachprüfung widerlegt worden.

Die neueste Ansicht über die Entstehung der Aleuronkörner, der wir uns eigentlich mit unseren Beobachtungen anschliessen wollen, ist von David M. Mottier⁴ entwickelt worden. Nach Mottier's Auffassung, die wir kurzweg als Theorie von dem plastidogenen Ursprung nennen wollen, sollen die Aleuronkörner aus Plastiden bzw. Chondriosomen ihren Ursprung nehmen und zwar ganz analog wie die Stärkekörner aus Leukoplasten und gewisse Oelkörper aus Elaioplasten. Mottier nahm als Ausgangspunkt seiner Betrachtung eigene Untersuchung über die Funktion der Leukoplasten, in welcher er die alte Schimpersche Lehre bestätigen konnte. Er äusserst sich diesbezüglich folgendermassen: »In addition to leucoplasts and chloroplasts having their origin in definite primordia, which are permanent organs of the cell, the writer feels justified in adding proteinplastids and perhaps also oil plastids.« Auf einzelne Ausführungen Mottiers werden wir im weiteren Darlegungen zurückkommen, da wir zunächst eigene Beobachtungen und theoretische Überlegungen über dasselbe Thema bringen wollen.

Während der ersten Betrachtung der mikroskopischen Präparate, die Herr Ing. Arnold zum Zwecke der Nachprüfung der obenerwähnten Peklo's Hypothese auf meine Anregung in meinem Institute angefertigt hatte, war ich durch das mikroskopische Bild auf den Gedanken geführt, dass die Aleuronkörner eventuell plastidogenen Ursprung sind. Zu dieser Zeit war mir Mottier's Unter-

¹ Peklo J., Über die Zusammensetzung der sogenannten Aleuronschicht. Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft. 1913. Bd. XXXI. p. 370—384.

² Netolitzky F., Anatomische Beobachtungen an Zerealienfrüchten. Oesterr. bot. Zeitschrift, 1914. 64, p. 268.

³ Arnold Z., Peklova hipoteza o mikogenom podrijetlu aleurona. Acta botanica inst. botan. Zagreb. 1925. Vol. I. p. 31.

⁴ Mottier M. D., On certain plastids, with special reference to the protein bodies of Zea, Ricinus, and Conopholis. Annals of botany. Vol. XXXV. No. 139, 1921, p. 349.

suchung nicht bekannt. Herr Ing. Arnold untersuchte die allerjüngsten Entwicklungsstadien der Aleuronschicht des Weizenkornes (*Triticum vulgare*) und er konnte schon feststellen, dass in den jüngsten Aleuronzellen und zwar in der mehr oder weniger feinswabigen Struktur des Zellplasmas sehr distincte Körnchen zu beobachten sind, die man ohneweiters als Chondriosomen bestimmen kann. In den etwas älteren Entwicklungsstadien änderte sich dieses einfache mikroskopische Bild insofern, als die zuerst feinswabige Struktur mehr oder weniger schaumigen Charakter zeigte, so dass das ganze Plasma als mit kleinen Vakuolen gefüllt anzusehen war. Was noch interessanter und wichtiger ist, dass diese scheinbare Vakuolen nicht ganz leer waren, sondern in jeder je ein chondriosomenartiges Körnchen zu sehen war. Man wäre geneigt anzunehmen, dass diese Körnchen die jungen Aleuronkörner darstellen und die ganze Frage nach der Entstehung der Aleuronkörner wäre damit im Sinne der alten Wackerschen Lehre von der vakuogenen Entstehung der Aleuronkörner beantwortet. Die kleinen chondriosomenartigen Körnchen, welche in diesen Vakuolen erscheinen, sind aber der Färbung nach zu urteilen dieselben Chondriosomen bzw. Plastiden, die auch in den ersten Entwicklungsstadium zu sehen sind. Dieses zweite Entwicklungsstadium, in welchem man die chondriosomenartigen Gebilde mit einem hellen Hof bzw. Saum umgeben sieht, gab mir den Anlass zu der Auffassung über den plastidogenen Ursprung der Aleuronkörner. Diese vakuolenartigen Gebilde sind im Anfang mehr oder weniger sehr schwach begrenzt und erst später tritt die scharfe Kontur des ganzen Gebildes hervor. (Fig. 1.) Der lichte Saum nimmt die Farbstoffe im Anfang gar nicht oder sehr schwach auf, so dass das dunkelgefärbte in das Gebilde

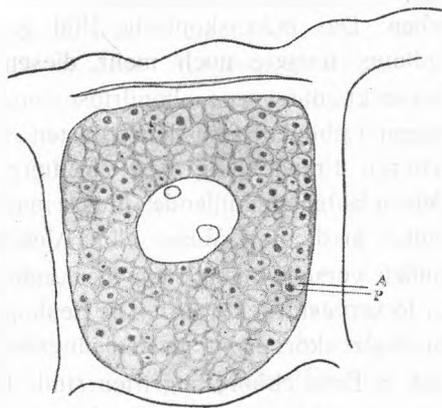


Fig. 1.

A = Aleuron, P = Plastid (gez. Arnold).

eingebettete Körnchen sehr stark sich ausnimmt. Diese vakuolenartigen Gebilde sind meiner Ansicht nach die eigentlichen Aleuronkörner. Ich stelle mir nun den ganzen Vorgang der Aleuronbildung in folgender Weise vor.

Zunächst finden sich in den jüngsten Entwicklungsstadien der Aleuronzellen zahlreiche kleine Plastiden auf. Während des Reifungsprozesses des Samens strömen gewisse lösliche Eiweissubstanzen bzw. Aufbaustoffe der Eiweisskörper zu der Aleuronschicht. Hier werden die eigentlichen Eiweissubstanzen des Aleurons an der Oberfläche der Plastiden mit Hilfe von spezifischen Enzymen gebildet bzw. kondensiert, ganz analog wie z. B. Stärkekörner durch Leukoplasten oder gewisse Oelkörper durch Elaioplasten entstehen. Auch vom physikalisch-chemischen Standpunkte war sehr naheliegend zu denken, dass Plastiden Organisationskerne darstellen, an welchen durch gewisse Oberflächenreaktionen die hochmolekularen Reservesubstanzen ausfallen. Die Bildung der Stärke, des Oels und auch Aleuroneiweisses ist doch nicht allein ein chemischer, sondern vielmehr ein physikochemischer Prozess. Nach den neuesten von Willstätter und Stoll (1915) entwickelten Ansicht entsteht die Assimilationsstärke durch Mitwirkung des Enzymes an der Berührungsschicht der Chloroplasten mit dem Plasma. Möglicherweise handelt es sich auch bei der Funktion der Leukoplasten und Elaioplasten um ähnliche Oberflächenreaktionen? Wenn es Leukoplasten und Elaioplasten gibt, warum soll es nicht Aleuoplasten geben. Die Eiweissubstanzen der Aleuronkörner könnten durch analoge Oberflächenreaktionen mit Hilfe von Aleuoplasten entstehen. Das mikroskopische Bild des beschriebenen Entwicklungsstadiums festigte noch mehr diesen Gedanken und ich bin nun überzeugt, dass jene chondriosomenartigen Körnchen in vakuolenartigen Gebilden als Aleuoplasten zu deuten sind. Während der weiteren Entwicklung bzw. Reifung der Aleuronkörner wird die Aleuoplasten umhüllende Masse nach und nach dichter, so dass endlich in dichter Masse der Aleuoplast ganz verschwindet. So ähnlich verschwinden auch die Leukoplasten in den älteren Stadien der Reservestärkekörnern. Die Leukoplasten kann man im Endosperm der Weizenkörner nur in den jüngsten Zellen finden, wo Stärkekörner noch in Entwicklung begriffen sind. In den vollkommen entwickelten Zellen der Aleuronschicht sieht man keine Aleuoplasten und es treten auf deren Stelle die fertiggebildeten Aleuronkörner.

Als ich das charakteristische vakuolenartige Stadium der Aleuronkörner zum ersten Male zu Gesicht bekam, erinnerte mich das vorhandene Bild auf ein schönes käufliches Präparat der Aleuronschicht des Weizenkörnes aus der Sammlung von Dr. F. Sig-

m u n d.¹ In der Fig. 12 der Erläuterung ist auch die Zeichnung des Präparatenbildes beigegeben. Die Zeichnung entspricht ziemlich gut dem wahren mikroskopischen Bilde. Man sieht im Präparate die durchsichtigen vakuolenartigen Aleuronkörnchen, die deutlich differenziert sind, und in jedem Aleuronkorn erscheint deutlich je ein intensiv rot gefärbter Aleuoplast, welcher in der Erläuterung falschlich als Eiweisskrystalloid bezeichnet wird. In den Endosperm-schichten, die knapp unterhalb der Aleuronschicht sich finden, sind die Leukoplasten an oder in den jungen Stärkekörner deutlich zu sehen und zwar sind sie ebenso rot gefärbt, wie die Aleuoplasten. Dieses Präparat ist also als Beweis für die oben ausgeführte Anschauung über plastidogenen Ursprung der Aleuronkörner mit Recht herangezogen.

Als ich später die im Anfang erwähnte Abhandlung von Mottier in die Hand bekam, war ich in meiner Anschauung vollkommen gefestigt. Mottier gebührt jedenfalls das Recht der Entdeckung der Aleuoplasten, die er als »Protein plastids« nennt. Er beschreibt die Plastiden in der Aleuronschicht bei *Zea Mais*, *Ricinus* und *Conopholis*. Den Fall von *Zea Mais* können wir mit *Triticum* vergleichen. Betrachten wir die Zeichnungen von Mottier, so sieht man, dass er das charakteristische vakuolenartige Stadium genau gesehen und gezeichnet hat, wenn auch seine Deutung des Bildes mit unserer Anschauung nicht vollkommen übereinstimmt. Mottier meint, dass der Plastid eigentlich zum Aleuronkorn heranwächst und nach unserer Auffassung wächst der Plastid nicht, sondern er wird durch die auf ihm gebildete Eiweissmasse umschlossen und verschwindet schliesslich im fertigen Aleuronkorn.

Auch die Darstellung Mottier's der Entstehung der Aleuronkörner von *Ricinus* ist nicht ganz klar dargestellt. Die Plastiden können nicht in den Vakuolen stehen, wie dies Mottier darstellt. Meiner Meinung nach könnte man Mottier's Abbildung 8. in anderer Weise deuten. Einzelne nebenanderstehenden Plastiden bilden grössere Massen von halbflüssigen kolloidalen Eiweiss, dass um Plastiden gebildeten Tröpfchen untereinander verschmelzen und grössere Aleuronkörner bilden, in denen auf diese Weise mehrere Plastiden nachzuweisen sind. Die Bildung des Krystalloids und

¹ Sigmund F., Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Phanerogamen. Dargestellt in mikroskopischen Präparaten Lief. 1. Allgemeine Anatomie. Geschäftsstelle des Mikrokosmos. Stuttgart. (Fig. 12.)

Globoids ist ein weiteres und letztes Entwicklungsstadium des Aleuronkornes. Jedenfalls ist auch durch Mottier's Untersuchung die Bildung der Aleuronkörner bei Ricinus nicht vollkommen erläutert, so dass weitere Untersuchungen in dieser Richtung wünschenswert sind.

P. Dangeard (1922) lehnt Mottier's Auffassung ab, und bleibt bei seinem früher erwähnten Anschauung von dem vakuogenem Ursprung der Aleuronkörner, die er durch seine vermittels Vitalfärbung gewonnenen Präparate zu stützen versuchte. Zu solchen Untersuchungen taugen aber Vitalfärbungen nicht. Vergleicht man die Zeichnungen Mottier's mit denen von Dangeard, so kann man dem letzteren Forscher nicht beipflichten.

Schliesslich möchte ich noch hinzufügen dass auch Guignard² ähnliche »Proteinplastiden« bei einigen Asklepiadaceen (1922.) beobachten konnte. Es handelt sich um spindelförmige Proteinkörper, welche in grösseren Plastiden ihren Ursprung nehmen. Es ist also nicht ausgeschlossen, dass auch die verschiedenartigsten Proteinkörper, die bisher in verschiedenen Pflanzen beobachtet sind, (Molisch u. a) denselben plastidogenen Ursprung sind.

Zum Schlusse noch einige allgemeine Bemerkungen über die Natur der plastidogenen Bildungen. Wiesner bezeichnete Stärke und Aleuron als Bildungen der Zelle, die eine spezifische und erbliche Gestalt haben und deshalb »organoider« Natur sind. »Der Organismus bringt auch Gebilde hervor, welche vom Momente der Entstehung an tot sind und demnach durch erbliche Gestalt ausgezeichnet sind« (Wiesner³ p. 451). Die Einteilung Wiesner's in organoide Gebilde zum Unterschiede von organisierten Gebilden wurde eigentlich allgemein nicht angenommen. Meiner Ansicht nach hat Wiesner diese Einteilung richtig getroffen und er hat auch diese Gebilde richtig charakterisiert. Auch gewisse Oelkörper, welche durch Elaïoplasten gebildet werden gehören eben zu den organoiden Bildungen an. Die Definition Wiesner's können wir nun auf Grund neueren Tatsachen erweitern und in folgender Weise aussprechen: »Die organoiden Gebilde der Zelle sind jene Ge-

¹ P. Dangeard, Sur l'évolution des grains d'aleuron pendant la germination du Ricin. Comptes rendus, t. 173, 1921, p. 1401.

² Zitiert nach Schürhoff, Plastiden. Handb. d. Pflanzenanatomie von Linsbauer, p. 66—67.

³ Wiesner J., Die organoiden Gebilde der Pflanze, Festschrift A. Lieben, 1906.

bilde, welche vom Momente der Entstehung an tot sind, jedoch durch erbliche Gestalt ausgezeichnet und plastidogenen Ursprunges sind.« Nach dieser erweiterten Definition gehören zu dieser Gruppe der Zelleinschlüsse Stärke, Aleuron und andere formierte Proteinkörper und schliesslich auch gewisse Oelkörper. Wir sehen also, wie diese hier erörterte Frage nach dem plastidogenen Ursprung der Aleuronkörper, welche hier im bejahtem Sinne beantwortet wird, auch eine allgemeinere Bedeutung für die Auffassung des morphologisch-physiologischen Aufbaues der Zelle hat.