

34. Arthur Meyer: Zu der Abhandlung von G. Krabbe: Untersuchungen über das Diastaseferment unter specieller Berücksichtigung seiner Wirkung auf Stärkekörner innerhalb der Pflanze; Pringsheim's Jahrbücher 1890, XXI, S. 520.

Eingegangen am 29. Juli 1891.

Da ich jetzt auch die makrochemische Untersuchung über die Stärkesubstanz beendet habe, soweit sie für das Verständniss der Bildung und Lösung der Stärkekörner in Betracht kommt, hoffe ich in nächster Zeit eine zusammenfassende und beweisende Darstellung meiner Anschauungen über das Wachstum und die Structur der Stärkekörner geben zu können, über welche ich bisher nur einige vorläufige Mittheilungen machen konnte. Um die spätere Arbeit möglichst von Polemik frei zu halten, will ich auch KRABBE's Abhandlung hier besprechen und zwar so kurz wie möglich, da ich auf die Thatsachen, welche KRABBE bringt, später doch näher eingehen werde.

Wenn man die ersten Abschnitte der Arbeit KRABBE's, welche die Lösung der Stärkekörner durch „Porenkanäle“ schildert, d. h. grobe Kanäle, welche nicht mit den „Intermicellarräumen“ identisch sind, so erhält man den Eindruck, als würden alle intacten Körner der in diesen Abschnitten genannten Pflanzen (z. B. *Adoxa*, *Hyacinthus*) unter Bildung solcher „Porenkanäle“ gelöst, durch deren Entstehung schliesslich ein Zerfall der Stärkekörner in kleine Stückchen herbeigeführt würde, als sei der bei den Gramineen vorkommende Vorgang der normale Fall der Stärkeauflösung auch für die genannten Pflanzen.

In der That verhält sich die Sache nicht so, vielmehr ist bei allen nicht austrocknenden Pflanzentheilen eine Porenlösung nur immer an einer Anzahl der Stärkekörner zu beobachten, während die anderen in normaler Weise, nur von aussen, gelöst werden. Bei *Adoxa* werden unter gewissen Umständen alle Stärkekörner eines Rhizomes ohne Porenkanäle gelöst.

Ferner scheint es so, als meine der Verfasser, die Porenkanäle träten stets in der intacten, homogenen Substanz der Stärkekörner auf, ohne dass also vorher, vor dem Beginne der Lösung der Körner, Risse, Poren oder Spalten vorhanden wären, welche, grösser als die „Intermicellarräume“, dem Fermente relativ bequeme Wege zum Eindringen bieten könnten.

Im Gegensatz zu dieser Auffassung KRABBE's verhält sich die Sache nach meiner Untersuchung so, dass bei den Stärkekörnern der austrocknenden Endosperme höchst wahrscheinlich, bei den Stärkekörnern der Rhizome und Zwiebeln sicher schon vor Beginn der Lösung Risse und Spalten in den Stärkekörnern vorhanden sind, die nur in ganz normaler Weise durch das Ferment erweitert werden und so Veranlassung der Porenkanäle KRABBE's werden.

KRABBE wirft bei der Besprechung der „Porenkanäle“ zwei ganz verschiedene Dinge zusammen, einmal nämlich die Lösungserscheinungen, welche durch eine der Richtung der leichtesten Spaltbarkeit folgende Rissbildung in der Substanz der einzelnen Stärkesubstanzsphärokrystalle bedingt ist, andererseits Lösungserscheinungen, welche durch Spalten entstehen, die an der Berührungsfläche zweier oder an den Berührungsflächen mehrerer später von gemeinsamen Schichten umschlossenen Sphärokrystalle naturgemäss vorhanden sein müssen. Als Repräsentant der Lösungserscheinungen ersterer Art können die Lösungserscheinungen der Stärkekörner des Gramineenendosperms dienen, als Beispiel für den zweiten Fall mögen die Stärkekörner von *Hyacinthus* erwähnt werden.

In seiner Beschreibung der Lösungserscheinungen der Gramineenstärke zeigt KRABBE, dass sich bei der Lösung dieser Stärkekörner Porenkanäle in den Körnern bilden, deren Wandung ungefähr so eingekerbt ist, wie die innere Wandung einer Schraubenmutter. Die Porenkanäle scheinen deshalb nur von einer queren Schichtung durchzogen zu sein, sind es in der That nicht. KRABBE behauptet letzteres, aber ich sehe an keiner Stelle einen exacten Beweis dafür, dass die zarten, dichten Schichten nicht durch die Porenkanäle quer hindurchlaufen, dass also in allen Fällen ein von vornherein völlig offener Kanal entsteht. Die Kerbung der Begrenzungslinie des optischen Querschnittes ist doch kein Beweis dafür, dass keine geschlossene Lamelle dichter Substanz die Kanäle vorübergehend oder dauernd durchsetzt! Das Fehlen dieses Beweises ist um so merkwürdiger, als es KRABBE in seiner Arbeit wesentlich darauf ankommt festzustellen, dass solche Lamellen niemals erhalten bleiben.

Mir ist die Existenz von vornherein offener Kanäle in den Stärkekörnern der Gramineenendosperme längst bekannt; ich habe solche Kanäle auch schon nebenbei für gewöhnliche Stärkekörner, in einer vorläufigen Mittheilung (Seite 345 des Jahrganges 1886 dieser Zeitschrift) abgebildet und kurz beschrieben, die über die sich mit Jod roth färbenden Stärkekörner handelt, welche in ihrer Structur ganz den blauen gleichen. In Fig. 3 ist z. B. ein derartiges Stärkekorn abgebildet, welches von radialen Kanälen durchzogen ist, die theilweise noch von Resten der dichtesten Schichten erfüllt sind, und in Fig. 12

habe ich ein Korn mit Kanälen dargestellt, welche durch Speichel entstanden sind.

KRABBE hat für diese und alle anderen Porenkanäle keine Erklärung geben können, wie dies besonders klar aus dem letzten Capitel seiner Abhandlung hervorgeht. Es ist das auch leicht verständlich, wenn man berücksichtigt, dass KRABBE an den Anschauungen NÄGELI's über die Structur der Stärkekörner festhält.

Für mich lag zuerst die Erklärung der Erscheinung für die Stärkekörner der Gramineen auf der Hand, als ich die durch Jod roth werdenden Stärkekörner der Gramineen untersucht hatte, die leichte Spaltbarkeit der kugelförmigen Körner in radialer Richtung, die vollkommene Uebereinstimmung ihrer Structur mit denen der kugelförmigen Sphärokrystalle anderer Kohlehydrate und das Zerfallen der Körner in Stäbchen, unter dem Einflusse der Fermente, beobachtet hatte. Jede Wasserentziehung oder stärkere Wasseraufnahme bringt radiale, kanal-förmige, äusserst feine, kaum sichtbare oder auch stärkere, deutlich sichtbare Risse in den kugelförmigen oder fast scheibenförmigen Körnern hervor. Das wässrig-flüssige, die Körner durchtränkende Ferment greift die Stärkekörner allseitig, also auch von den Rissen aus an, und die Lösungserscheinungen sind dann weiter bedingt durch die Energie des Fermentes, die Schnelligkeit, mit welcher die Lösungsproducte aus den Poren auswandern können, und durch die grössere oder geringere Grobporigkeit (Dichte) der verschiedenen Schichten der Stärkesubstanzsphärokrystalle.

Einen kleinen, besonderen Abschnitt widmet KRABBE der Porenlösung der Stärkekörner der Zwiebel von *Hyacinthus orientalis*. Ich habe die Entwicklungs- und Lösungsgeschichte der Stärkekörner dieser Pflanze schon 1881 untersucht und jetzt nochmals controlirt. Die „Porenkanäle“ sind hier alle schon in den intacten Körnern, vor dem Eintritt der Lösung deutlich sichtbar; sie sind aber hier Anfangs niemals an der Peripherie der Körner offen, sondern sind, vor dem Eintritt der Lösung, von geschlossenen Schichten umhüllt, nach deren Lösung sie erst einseitig oder von beiden Seiten geöffnet werden. Es sind diese „Porenkanäle“ Flächenrisse, welche zwischen den Berührungsflächen zweier oder mehrerer in einem Chromatophoren erwachsenen Stärkesphärokrystalle, die später von gemeinsamen Schichten umhüllt wurden, vorhanden sind oder entstehen, und bei der energischen Lösung des Kornes, durch die Thätigkeit des Fermentes erweitert werden, wie die Risse der Gramineenstärke. Es würde mir ganz unerklärlich sein, wie KRABBE diese Thatsache übersehen konnte, wenn ich nicht aus Bemerkungen KRABBE's ersähe, dass KRABBE die Stärkekörner von *Hyacinthus* nur oberflächlich untersucht hat. KRABBE findet nämlich, dass die Körner von *Hyacinthus* nicht geschichtet sind. Seite 547 sagt er: „... so scheinen die Stärkekörner von *H. orientalis* in Wirk-

lichkeit homogen zu sein, wenigstens weder Schichtung im NÄGELI'schen Sinne, noch Lamellirung zu besitzen“. Nun giebt es aber kein Stärkekorn der Hyacinthenzwiebel, welches ohne Schichtung ist, wenn letztere auch hie und da zart ist, und es giebt in jeder Zwiebel sehr zahlreiche Körner, deren Schichtung äusserst auffallend und grob ist.

KRABBE konnte bei den von ihm untersuchten Lösungsvorgängen keine Erscheinung beobachten, welche für eine auslaugende Thätigkeit der Diastase sprach. Er sagt Seite 528: „Was nun die Anlage und successive Verlängerung der fraglichen Porencanäle nach dem Innern eines Kornes betrifft, so will ich schon hier in Kürze die wichtige Thatsache hervorheben, dass hierbei von einer auslaugenden Thätigkeit der Diastase nichts zu beobachten ist. Dies folgt schon aus der scharfen Umgrenzung der Poren in allen Entwicklungsstadien derselben. Während der Entwicklung der Canäle erfährt die Stärkesubstanz ausserhalb derselben keinerlei Veränderungen, weder im Lichtbrechungsvermögen, noch im Verhalten beliebigen Reagentien gegenüber. Quellungsmittel rufen an corrodirtten Körnern dieselben Veränderungen hervor, wie an intacten. Was speciell die Jodlösung betrifft, so färbt dieselbe die Substanz corrodirtter Körner bis zum Lumen der Canäle in derselben Weise blau, wie vom Ferment nicht angegriffene Körner.“

Wenn nun auch KRABBE während der in einigen Tagen erfolgenden Entwicklung der Kanäle der Gramineenstärke keinerlei Veränderung des Lichtbrechungsvermögens, sowie des Verhaltens gegen Jod und Quellungsmittel sehen konnte, so ist er doch keineswegs berechtigt, den Schluss zu ziehen: „Aus diesen und anderen Thatsachen“ (das Verhalten der Diastaselösung gegen poröse Körper, von welchem wir nachher reden werden) „folgt meiner Meinung nach mit aller Bestimmtheit, dass das Diastaseferment ausser Stande ist, in die intermicellaren Räume eines Stärkekornes einzudringen, und dass darum auch von einer auslaugenden Wirkung derselben nicht die Rede sein kann“; denn, wenn man sich genau überlegt, was eintreten wird, wenn eine innere Lösung durch die in den äusserst feinen Poren der Stärkesphärokrystalle sitzende Diastase erfolgt, so wird man einsehen, dass durch die nur einige Tage währende Einwirkung der Diastase nichts weiter hervorgerufen werden kann oder wenigstens hervorgerufen zu werden braucht, als eine geringe Abnahme des Lichtbrechungsvermögens der Gesamtschubstanz der Stärkekörner. Man muss dabei berücksichtigen, dass die Substanz, aus welcher die Stärkekörner bestehen, eine einheitliche ist, und dass die Diastasewirkung durch die Entstehung der sehr langsam aus den feinen Poren auswandernden Lösungsproducte in den Poren sehr verlangsamt wird. Ein Bild des Vorganges bietet folgender Versuch. Legt man einen kleinen Würfel von feinkrystallinischem, porösem Rohrzucker (Hut-

zucker), den man mittelst einer scharfkantigen Nadel durchbohrt hat, in nicht völlig gesättigte Zuckerlösung (Zuckersyrup der Apotheken), so sieht man den Zuckerwürfel langsam kleiner werden, während der Kanal sich erweitert. Ist die Concentration des Syrups gross genug, die Structur des Hutzuckers passend, was allermeist der Fall ist, so tritt bis zum Ende der Lösung kein Zerfall des Würfels in Kryställchen ein. Eine auffällige Veränderung des Lichtbrechungsvermögens tritt dabei nicht ein, obgleich doch hier der Zuckersyrup sicher die Substanz des Hutzuckers von den Poren aus angreift.

Was KRABBE über die Lösung der Stärkekörner sagt, welche ohne Porenbildung gelöst werden, bietet nichts principiell Neues und kann deshalb hier übergangen werden.

Wichtig für den Grundgedanken der Abhandlung KRABBE's ist das Capitel über den Durchgang der Diastase durch Pergamentpapier, engporige Thonzellen und Cellulosewände (S. 584). KRABBE glaubt in diesem Capitel den Beweis geführt zu haben, dass Diastase nicht durch Thonzellwände zu diffundiren vermöge, was ihm wichtig scheint, da er damit zugleich als bewiesen erachtet, dass Diastase auch nicht in Stärkekörner eindringen könne.

Ich finde in den Thatsachen, welche KRABBE angeibt, einen Beweis dafür, dass Diastase enge Poren zu passiren vermag, keinen Beweis dafür, dass sie nicht durch Thonzellen zu diffundiren vermag.

KRABBE legt Gläschen, welche Diastaselösung (Malzauszug) enthalten, in Stärkekleister und findet, dass die Diastase durch das Pergamentpapier hindurchgeht. Auch durch Bacterienfilter wandert die Diastase in Spuren hindurch. Füllt man Diastaselösung in 20 cm hohe Thonzellen und stellt diese in Bechergläser, so filtriren bemerkbare Mengen der Diastase durch die Wände der Thonzellen. Wird Diastaselösung unter einem Drucke von 1 Atmosphäre durch Edeltannenholz gepresst, so findet ein Austritt von Diastase haltiger Flüssigkeit statt, der nach 5—10 Minuten aufhört, „offenbar in Folge von Verunreinigung und Verstopfung der Schnittfläche“. Wenn nun in Versuchen, bei denen mit Malzauszug gefüllte Thoncyliner so in Wasser gesetzt wurden, dass das Wasser gleich hoch stand wie die Diastaselösung, keine Diastase aus den Thonzellen austrat, so ist das nur ein Beweis für die bald eintretende Verstopfung der Poren durch Verunreinigungen der Diastaselösung oder auch durch Bacterien, die sich schnell in den Malzauszügen entwickeln, keineswegs ein Beweis dafür, dass Diastase nicht durch die reinen Poren zu diffundiren vermag. Es wäre ja höchst auffallend, wenn ein Diastasemolecül nicht durch Poren der Thonzelle diffundiren könnte, durch welche es ein Druck von 20 cm Wasser hindurchzupressen im

Stande ist. KRABBE lässt zur Erklärung des Widerspruches die „Micellen“ der Diastase „Micellarverbände“ bilden. An „Micellarverbände von Diastase-micellen“ glaube ich nicht.

Nach diesen Auseinandersetzungen darf wohl die Berechtigung des Ausspruches von KRABBE (S. 599) nicht mehr anerkannt werden:

„Wenn aber durch meine Untersuchungen etwas sicher bewiesen ist, so ist es in erster Linie die Thatsache, dass die Diastase nicht in die Stärkesubstanz eindringt.“

Vorzüglich auf Grundlage der in dem Vorhergehenden geschilderten Folgerungen und Thatsachen wendet sich KRABBE, im vorletzten Capitel seiner Arbeit, direct gegen meine vor 10 Jahren geschriebene vorläufige Mittheilung (Bot. Zeitung 1881, S. 841). Ich stellte in dieser kurzen Abhandlung eine Theorie der Entstehung der Schichten der Stärkekörner auf, die sich folgendermassen aussprechen lässt: „Schwankungen in den äusseren Krystallisationsbedingungen veranlassen stets Schichtenbildung der Sphärokrystalle, und sie veranlassen auch, ganz in derselben Weise und von vornherein, Schichtenbildung in den Stärkekörnern, welche Gebilde wesentlich wie Sphärokrystalle wachsen und gebaut sind. Die periodischen Schwankungen der Intensität der Zufuhr des Krystallisationsmaterials der Stärkekörner, durch die Pflanze, sind die hauptsächliche Ursache der Schichtenbildung der Stärkekörner.“ Nur zur Erklärung der von NÄGELI als bei allen Stärkekörnern vorhanden hingestellten, centripetal abnehmenden Dichtigkeit der Stärkekörner (welche thatsächlich nicht überall vorhanden ist, was, nebenbei bemerkt, sehr gegen NÄGELI's Anschauung spricht), habe ich dann ferner darauf hingewiesen, dass eine solche stets in Erscheinung treten muss, wenn das Lösungsmittel der Stärke in die Körner, während des Heranwachsens der Körner, einzudringen vermag, und wenn die Schichten alle bei ihrer Entstehung gleich dicht sind.

Diese „Ansicht über das Wachstum und die Schichtenbildung der Stärkekörner“ erscheint, nachdem KRABBE seine Abhandlung veröffentlicht hat, noch eben so haltbar, wie vor der Veröffentlichung der Abhandlung KRABBE's; ich bin durch KRABBE's Thatsachen und Auseinandersetzungen nicht zur Zurücknahme eines einzigen Satzes der von KRABBE angegriffenen Abhandlung gezwungen. Dass ich eine eingehendere Begründung der in meiner vorläufigen Mittheilung angezeigten Theorie für nöthig halte, ist selbstverständlich; es lag an äusseren Verhältnissen, dass das Erscheinen einer solchen Begründung so lange verzögert worden ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Arthur

Artikel/Article: [Zu der Abhandlung von G. Krabbe: Untersuchungen über das Diastaseferment unter specieller Berücksichtigung seiner Wirkung auf Stärkekörner innerhalb der Pflanze; Pringsheim's Jahrbücher 1890, XXI, S. 520 238-243](#)