

# Ueber die Harz- und Oelräume in der Pfefferfrucht.

Von Dr. T. F. Hanausek.

(Mit einer lithographierten Tafel.)

## I.

Die Hauptmasse des Samenkernes von *Piper nigrum* L. stellt ein Perisperm dar, das besonders in der peripherischen Schichte eine hornartige Consistenz besitzt. Dem freien Auge verräth sich der wechselvolle Inhalt dieses Gewebes gar nicht; aber schon bei mässiger Vergrösserung lassen sich zweierlei Bestandtheile unterscheiden, nur mit Amylum erfüllte Zellen, und Räume, die einen harzigen Inhalt bergen. Legt man mässig dünne Schnitte, die von einer Durchmesserenebene des Kernes genommen worden sind, zunächst in Wasser, so lehrt die mikroskopische Beobachtung Folgendes: Die meisten Zellen des Eiweiss sind der Richtung des Radius gemäss angeordnet und wohl auch nach dieser Ausdehnung am meisten entwickelt. Mit wenigen Ausnahmen sind sie scharfkantig-vieleckig, besitzen dünne farblose — wie die mikrochemische Reaction beweist — reine Cellulosewände, deren Mittellamelle (Intercellularsubstanz) eine geringe Widerstandskraft gegen die auflösende Wirkung des Wassers äussert. Denn durch mechanische Eingriffe, z. B. durch Druck oder durch Hin- und Herbewegen des Deckgläschens können manche Zellen aus ihrem Verbande gebracht werden. Uebrigens ist letzterer ohnedies ein ziemlich lockerer, wie die leichte Pulverisirbarkeit des Kernes zeigt. Als Inhalt finden wir sehr kleinkörnige Stärke, die die Zellen ohne Zwischenräume dicht erfüllt und mitunter zu kugeligen Conglomeraten sich vereinigt; letztere treten zu zweien und mehreren in einzelnen Zellen auf (Fig. I am).

Nebst diesen Amylumzellen fallen aber dem Beobachter noch andere mehr oder minder häufige, regellos im Gewebe liegende Räume auf, deren Inhalt ein citronengelber Körper ist. Schon sein Vorkommen in Klumpen, dichten Anlagerungen oder in kugeligen Gebilden lässt seinen halbflüssigen Aggregatzustand erkennen und die verschiedenen Reactionen, sowie das Verhalten gegen Temperaturerhöhungen und Lösungsflüssigkeiten beweisen die harzartige Natur desselben. Flückiger<sup>1)</sup> bezeichnet ihn direct als Piperin, während Moeller<sup>2)</sup> in ihm ein Harz sieht, das nur zum geringen Theile Piperin enthält, eine Ansicht, der ich wohl auch zustimmen möchte. Welches Bewandtnis es aber mit den Räumen hat, in denen dieses Harz auftritt, das ist wohl noch Gegenstand der Controverse, die erst durch genaue entwicklungsgeschichtliche Forschung zu entscheiden sein wird. Obwohl es mir nun auch nicht vergönnt war, die Entwicklungsgeschichte der fraglichen Seceträume zu studieren, so

<sup>1)</sup> Pharmakognosie des Pflanzenreiches p. 864.

<sup>2)</sup> Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel p. 227.

bin ich doch in der Lage, durch sehr sorgfältige Beobachtung, die zu verschiedenen Malen gepflogen wurde, mehrere Stadien der Ausbildung dieser Räume fixieren zu können, die uns auf die Natur und die Entstehung derselben einen Schluss ziehen lassen.

Die meisten Arbeiten, die die Anatomie des Pfeffers behandeln, bezeichnen die Seceträume als Zellen. Flückiger<sup>1)</sup> spricht zuerst von „zahlreichen Oelräumen“, dann aber wieder von „Zellen“, die gelbe Klumpen von Piperin enthalten. Nach Vogl<sup>2)</sup> enthalten „zerstreute grössere Zellen“ ein farbloses ätherisches Oel oder Harz. Noch bestimmter drückt sich Moeller<sup>3)</sup> über die Zellnatur dieser Harzräume aus, die nach ihm „regellos vertheilte, weder vergrösserte noch abweichend gestaltete Zellen“ sind. Auch in einer meiner Arbeiten<sup>4)</sup> werden sie als kugelige Oelzellen von 0.053—0.09 mm Durchmesser bezeichnet. Bei einer Revision dieser Untersuchung, deren Resultate in dem im Erscheinen begriffenen Lexikon der Verfälschungen (herausgegeben von O. Dammer) wiedergegeben werden, ist mir das eigentümliche Verhalten dieser Räume aufgefallen und dies gab Veranlassung zu vorliegender Untersuchung.

Als besonders günstiges Object der Beobachtung muss ich weissen Pfeffer, bekanntlich die von Oberhaut und Mittelfruchtschicht befreiten, reifen Pfefferfrüchte, bezeichnen. In dem Eiweiss des schwarzen Pfeffers, der die unreifen Früchte darstellt, sehen thatsächlich die meisten Harzräume wie die umgebenden Amylumzellen aus, zeigen niemals eine distincte Wand oder eine besondere Grenzlamelle und weichen in der Grösse ebenfalls nicht sonderlich von den genannten Zellen ab. Mustert man aber in Querschnitten des Eiweisses vom weissen Pfeffer (also von reifen Früchten) die Secretbehälter, so lassen sich alsbald sehr verschiedene Formen derselben constatieren, die ich in Fig. I—IV bildlich dargestellt habe. In Fig. I ist ein Harzraum *h* dargestellt, dessen Grösse mit jener der umgebenden Amylumzellen nahezu übereinstimmt. Das Harz erfüllt aber nicht den ganzen Innenraum, sondern bildet an den polaren Enden desselben eine starke Anlagerung und breitet sich aber auch noch zwischen den anliegenden Zellen wie eine Intercellularsubstanz aus. Dass dieses Verhalten nicht etwa einem Artefact zukommt, kann dadurch erwiesen werden, dass es in dicken Schnitten, die keinen geöffneten Harzraum besitzen, genügend deutlich zu beobachten ist. Besonders scharf kann dieses Auftreten des Harzes nach Behandlung mit Jod beobachtet werden. Die dunkelblauen Amylumzellen heben sich höchst deutlich von dem Harzraume und den noch mit Harz erfüllten Zwischenzellräumen ab. Dabei kann aber auch schon häufig wahrgenommen werden, dass die an dem Harzraume angrenzende Partie einer Amylumzelle (in Fig. I links) durch starke Gelbfärbung das Fehlen von kleinkörniger Stärke aufweist.

Andere Harzräume erweisen sich wieder in toto mit Harzmasse erfüllt, die aber in diesem Falle niemals homogen erscheint, sondern in lichtgelber Grundmasse dichtere, mehr opake Partikelchen enthält (Fig. I *o'*). Wir werden Gelegenheit haben, dieses Vorkommen bei dem Resumé in seiner Bedeutung zu würdigen. Am häufigsten tritt der Harzraum in der Form auf, die in Fig. II *h* wiedergegeben ist. Wir finden zwischen den Amylumzellen einen theils eckigen, theils rundlichen Raum, in dem das Harz als Anlagerung,

<sup>1)</sup> l. c. p. 863 - 864.

<sup>2)</sup> Arzneikörper aus den drei Naturreichen p. 173.

<sup>3)</sup> l. c. p. 227.

<sup>4)</sup> T. F. Hanausek, Nahrungs- und Genussmittel p. 294.

oft einem wurmförmigen, gelben Körper ähnlich, enthalten ist. Hierbei erweisen sich die angrenzenden Zellen als intact, wenn auch die Zellmembranen an Dicke eine Einbusse zu erleiden scheinen. Nicht selten kommen Harzmassen in Räumen vor, die weitaus kleiner sind, als die angrenzenden Amylumzellen (Fig. III o). Diese machen dann ganz besonders den Eindruck von Intercellularräumen, wenn sie mit keinem benachbarten Secretraum in directer Verbindung stehen. Allerdings kann diese Verbindung dennoch existieren, mag aber durch die Präparation (Schnittführung, Einlegen in die Präparationsflüssigkeit) unkenntlich geworden sein. Es wäre dann dieser Fall des Vorkommens auf den ersterwähnten zurückzuführen und es dürfte dies wohl der Wirklichkeit entsprechen, indem die Eiweisszellen in allen Theilen des Perisperms so dicht aneinandergelagert sind, dass sich keine Intercellularen, die mit Luft erfüllt sind, nachweisen lassen.

Eine weitere, nur selten zu beobachtende Form des Auftretens der Harzräume führt uns Fig. IV vor. Sie erklärt uns die mitunter diametral entgegengesetzten Angaben der Pharmakognosten, von denen die einen behaupten, die Harzräume seien grössere, als die angrenzenden Stärke führenden Zellen, während andere Autoren ausdrücklich hervorheben, dass den Harz- und Stärkezellen fast gleiche Grössen zukommen. In unserem Falle nun ist der Harzraum (IV h) weit grösser, als das Lumen der angrenzenden Amylumzellen; sein Kubikinhalte stellt gewissermassen die Summe der Lumina mehrerer Eiweisszellen dar und dieser Eindruck wird durch die eckige Configuration des Conturs bekräftigt. Der Contur zeigt einspringende Winkel, ist in den meisten Fällen scharf abgegrenzt und der Harzraum könnte durch wenige, entsprechend gelagerte Membranen in Räume zerlegt werden, die den Zell-Lumina der Amylumzellen vollkommen entsprechen. Wir sehen nun, dass die beiden verschiedenen Angaben der Autoren ihre Berechtigung haben, denn es kommen Harzräume vor, die mit den Amylumzellen gleiche Grösse besitzen (in überwiegender Zahl) und solche, deren Rauminhalt weitaus grösser ist. Ich habe oben bemerkt, dass der Contur in den meisten Fällen scharf abgegrenzt ist. Behandelt man einen entsprechenden Schnitt zuerst mit Alkohol, dann mit schwacher Kalilauge, so treten die den Harzraum umschliessenden Membranen der Eiweisszellen, — wo sie vorhanden sind, deutlich hervor; an manchen Stellen fehlen sie jedoch und die angrenzenden Zellen ragen also gewissermassen offen in den Harzraum hinein, oder besser ausgedrückt, ihr Inhalt communicirt direct mit dem des Harzraumes. Noch auffälliger ist dieses Fehlen der Grenzlamelle nach Behandlung mit Chlorzinkjod zu beobachten. Dass diese Erscheinung auf einen lysigenen Entwicklungsmodus hindeutet, ist wohl einleuchtend.

Wir kommen zu der letzten und für uns entscheidenden Art des Auftretens des Harzes im Pfefferperisperm. Wir finden nämlich Zellen, deren Inhalt sich sowohl aus Harz, als auch aus Stärkekörper zusammensetzt. In einer und derselben Zelle finden wir Harz und Stärke, aber allezeit räumlich von einander getrennt und nur an den polaren Enden (Schmalseiten) der Zelle als chemisch vollkommen differente Individuen aufgespeichert. Eine solche Zelle (II am') zeigt etwa ein Drittel des Raumes mit reinem Harz, den übrigen grösseren Theil mit Stärke erfüllt. Dort aber, wo die beiden Körper ineinander übergehen, vermag man weder die scharf umgrenzten Stärkekörner, noch die homogene gelbe Harzmasse wahrzunehmen, sondern wir finden auf der Stärke-seite moleculare Körnchen, auf der Harzseite kleinere oder grössere Bläschen resp. Tröpfchen, an welchen durch Jod keine Blaufärbung hervorgerufen werden kann. In dem eben beschriebenen Falle war noch die ganze Zelle mit Inhalts-

masse erfüllt. Es finden sich aber auch Zellen vor (III am'), in welchen ein ganz erheblicher Antheil des Stärkekörpers verloren gegangen ist und letzterer daher nur mehr auf central gelegene Klumpen reducirt ist. Dafür sind entsprechende Harzmassen an einer Schmalseite aufgetreten (III am') und zeigen sich aus einer compacten homogenen Masse und aus kleinen tropfenähnlichen Gebilden zusammengesetzt.

Dass diese Art des Vorkommens thatsächlich existiert und nicht etwa eine Irreführung durch ein Artefact oder durch mangelhafte Beobachtung vorliegt, ist durch wohl hundertmal wiederholte Untersuchungen und durch die genaueste Behandlung mit Reagentien zweifellos erwiesen. Nimmt man schwache wässerige Jodlösung, so kann man schrittweise die Bläuung der Stärkekörner verfolgen, die dann Halt macht, nachdem sie noch in der letzten Schichte in eine schwachgrünliche Färbung übergegangen ist. Darüber hinaus erscheint das gelbe compacte Harz. Da nicht anzunehmen ist, dass das Harz das primäre Object ist, aus dem Stärke hervorgehen könnte, und auch das gleichzeitige Entstehen von Harz und Stärke nicht plausibel erscheint, indem dann nicht einzusehen ist, warum denn in anderen Zellen gar keine Stärke oder gar kein Harz enthalten ist, so bleibt wohl nur die schon längst als bestehend angenommene Erklärung übrig, das Harz sei aus der Stärke entstanden. Legt man einen noch integren Schnitt in starke Kälilauge, so lösen sich die Stärkekörner allmählich zu Kleister und die Harzkörper erscheinen höchst scharf abgegrenzt; erhitzt man diesen Schnitt, so zerfließt das Harz in blassgelbe Tropfen und die Zellwand löst sich grösstenteils auf.

Dieser Vorgang der Umwandlung der Stärke in Harz auf directem Wege ist auch schon in anderen Pflanzenobjecten theils beobachtet, theils erschlossen worden. In den Harzgängen des Coniferenholzes wird die Vermehrung des Harzes, das sich anfänglich auf Kosten der Zellwände gebildet, durch die Umwandlung der Stärke in Harz ermöglicht.<sup>1)</sup> Dasselbe gilt für die Zapfenschuppen von *Biota orientalis* und anderen Coniferen, wie ich zuerst nachgewiesen habe.<sup>2)</sup> Auch die Untersuchungen Wiesners über die Entstehung der Harzkörner<sup>3)</sup> haben dargethan, „dass aus Stärkekörnern entweder direct, oder was wahrscheinlicher ist, indirect — nämlich durch das Zwischenglied Gerbstoff — Körper hervorgehen können, welche, wenn auch mit einer gewissen Structur ausgestattet, den Harzen sehr nahe kommen oder überhaupt Gemenge von Harz, Cellulose, Granulose, Gerbstoff und einem durch Alkalien oder kohlensaure Alkalien hervorrufbaren Farbstoff sind.“ Ob in unserem Falle ebenfalls Zwischenproducte auftreten, wie dies nach den Erscheinungen, die wir in den Contactebenen des Harzes und der Stärke wahrgenommen haben, sich vermuthen lässt, vermag ich dermalen nicht nachzuweisen, weil einerseits die Quantität dieser Zwischenproducte doch nur eine höchst minimale sein kann, andererseits aber auch erst eine charakteristische Reaction gefunden werden muss; mit Eisensalzen kommt man nicht zum Ziele.

Was nun die genetische Ursache der Umwandlung der Stärke in Harz betrifft, so muss angegeben werden, dass gegenwärtig darüber nichts bekannt ist und auch bis jetzt keine Untersuchungen in dieser Richtung gepflogen worden sind. Dagegen haben wir in Bezug auf die Metamorphose einer ver-

<sup>1)</sup> Moeller, Beiträge zur Anatomie der Schwarzföhre (*Pinus Laricio* Poir.). Mitth. d. k. k. forstl. Versuchsleitung f. Oesterr. Heft III, p. 9 u. ff.

<sup>2)</sup> Ueber die Harzgänge in den Zapfenschuppen einiger Coniferen. Krems 1879, p. 9.

<sup>3)</sup> Ueber die Entstehung des Harzes im Innern der Pflanzenzellen. Sitzungsberichte der Wien. Akad. d. Wiss. Bd. 51 (1865), p. 7 des Sonderabdruckes.

wandten Gruppe sehr folgenschwere Facta durch eine Entdeckung Wiesners kennen gelernt.

Wiesner<sup>1)</sup> fand nämlich, dass das active Princip der Umwandlung der Stärke in Gummi ein Ferment sei, welches die bekannte Reihe der unorganisierten Fermente, wie Emulsin, Diastase, Pepsin u. a. um ein sehr merkwürdiges Individuum vermehre. Werden die im Handel vorkommenden Gummiarten, z. B. das arabische Gummi, das Gummi der Kernobstbäume in wässriger Lösung mit Guajactinctur versetzt, so färben sie die sich ausscheidende Harzemulsion blau. Dieselbe Wirkung besitzen aber bekanntlich auch andere, durch ihre Fermentwirkung ausgezeichnete Körper, wie die Diastase (Maltin), die mit Guajactinctur versetzt, alsbald eine intensive Blaufärbung hervorrufen. Das Gummiferment gehört nach diesen Beobachtungen in die Kategorie der stärkeabildenden oder diastatischen Fermente, unterscheidet sich jedoch von den bis jetzt bekannten Enzymen dieser Gruppe durch die Eigenschaft, die Stärke blos in Dextrin zu verwandeln, ohne Maltose, Dextrose oder überhaupt Kupferoxydsalzlösungen reducierenden Zucker zu bilden. Zum mikroskopischen Nachweis dieses Fermentes eignet sich am besten eine Orcinlösung mit concentrirter Salzsäure. „Behandelt man einen Schnitt, welcher durch ein in Gummosis befindliches Gewebe geführt wurde, mit Orcinlösung und Salzsäure, so färben sich schon in der Kälte alle verholzten Zellmembranen roth (Reaction des in der Holzsubstanz enthaltenen Vanillins). Erhitzt man nun, so färbt sich Alles, was in Gummi verwandelt wurde, der Reihe nach roth, violett und blau, aber auch die Inhalte jener Zellen, deren Membrane sich in Gummi verwandeln, zeigen dieselben Farbenveränderungen. — Auch Diastase und Pepsin geben ähnliche Reactionen beim Kochen mit Orcin und Salzsäure. Erstere liefert rothe Lösung und braunen Niederschlag, letztere rothe Lösung und violetten Niederschlag. Auch durch Phloroglucin und Salzsäure erhält man charakteristische Reactionen.“ (Wiesner.)

Diese epochemachenden Entdeckungen, die uns die Genesis einer Stoffumwandlung in der einfachsten und natürlichsten Weise erklären, vermögen uns die Pfade zu eröffnen zur Erklärung ähnlicher Metamorphosen, in denen der Ausgangspunkt dasselbe Individuum — in unserem Falle die Stärke — ist. Meine Untersuchungen sind in dieser Richtung nicht abgeschlossen; aber es ist nach den oben angeführten Erörterungen wohl höchst wahrscheinlich, dass bei der Umbildung der Stärke in Harz ebenfalls ein Ferment als activer Motor eine Verschiebung der constituirenden Moleküle verursacht, wie bei der Stärke-Gummimetamorphose. In den Contactebenen des Harzes und der Stärke, die sich in einer und derselben Zelle des Pfefferperisperm<sup>2)</sup> vorfinden, wird das Ferment nachzuweisen sein und seine Thätigkeit ist mit der Umwandlung der Stärke in dieser Zelle durchaus nicht abgeschlossen, sondern scheint sich auch auf die Cellulose der Zellmembrane zu erstrecken. Es tritt also dann der als lysigener Entstehungsmodus bekannte Fall der Harzgangentwicklung in freilich modificierter Form auf und die entstehenden Harzmassen vermögen theils durch die rein mechanische Wirkung des Druckes, theils durch die fermentative Wirkung des (hypothetischen) Enzyms unterstützt, intercellulare Räume zu schaffen, die dann als Harzbehälter fungieren; auf diese Weise würde das Auftreten des Piperinharzes im Perisperm des Pfeffers, wie es in Fig. I und III o dargestellt

<sup>1)</sup> Botan. Zeitg. 1885, Nr. 37 und Sitzungsber. der math.-nat. Cl. d. Akad. d. Wissensch. 1885, vom 2. Juli.

<sup>2)</sup> Aus diesem Grunde zeigt diese gewissermassen indifferente Zone weder die Jod-Stärkereaction, noch lässt sich das Vorhandensein des reinen Harzes nachweisen.

ist, erklärt werden. Ist aber die Membrane der Harz-Stärkezelle in toto durch die enzymische Wirkung des Harzfermentes aufgelöst, ein Process, der in seinen Anfangsstadien mehrfach beobachtet werden konnte (Fig. I und IV *h*), so wird dieselbe Metamorphose mit dem Stärkeinhalt der benachbarten Zellen statthaben und die Umwandlung der Stärke in Harz die unmittelbare Folge sein. Es kann demnach der sich in lysigener Weise vergrößernde Harzraum in seinem Rauminhalt der Summe mehrerer Stärkezellen gleichkommen und jenen Fall repräsentieren, den wir in Fig. IV *h* abgebildet haben. Demnach lassen sich durch die Annahme des Vorhandenseins eines Harzferments auf die einfachste Weise alle Erscheinungen erklären, die uns das Harzvorkommen im Pfefferperisperm darbietet, so verschiedenartig dies auch sein mag.

Ich habe zunächst Versuche mit Phloroglucin und Salzsäure angestellt. Bevor noch der mit diesen Reagentien behandelte Schnitt erwärmt worden war, riefen dieselben eine ganz deutliche Farbveränderung hervor. Die ersten drei bis vier Reihen des Eiweiss, sowie die Harzräume, resp. das in ihnen enthaltene Harz erschienen sofort in starker grügelber Färbung, die nach einigem Anwärmen in ein höchst intensives Gold-orange überging, während die geschlossenen Stärkemassen selbstverständlich vollkommen farblos geblieben waren; aber auch die den Harzraum umgrenzenden Zellen zeigten hochgelbe Partien, zunächst an den dem Harzraum zugekehrten Seiten, einige aber auch einen die Stärkemassen einhüllenden, stark gelb tingierten Saum. Noch schärfer und von geradezu prächtiger Farbwirkung war das Bild, wenn man nachträglich noch die Bläuung der Stärkekörper mit Jod bewerkstelligte. Die an den Schnitten noch vorhandenen Partien der Innenepidermis der Fruchtwand erschienen purpurroth (Holzsubstanzreaction); die peripherischen Zellreihen des Eiweiss erglänzten in goldgelber Farbe, und die Harzräume ragten wie orangefarbige Inseln aus den blauen Amylummassen hervor. Dabei konnte leicht constatirt werden, dass an die stärkefreien peripherischen Zellreihen sich solche anschlossen, deren Zellen nur Stärkeconglomerate mit kugeligen Conturen enthielten, die aber die Zellwände nicht berührten, sondern von hochgelben Massen umhüllt waren.

Weitere Versuche werden erst zu zeigen im Stande sein, ob diese Reaction nur mit der Anwesenheit eines Proteinkörpers zusammenhängt, oder ob nebst diesem noch eine enzymische Substanz vorhanden ist, welche die Transformation der Stärke in Harz bewirkt.<sup>1)</sup>

## II.

Noch reicher an Harzräumen ist, relativ bemessen, die Fruchthaut von *Piper nigrum*, als dessen Samenkern. Selbstverständlich bedingt die Mannigfaltigkeit der Gewebelemente des Perikarps auch eine verschiedenartige Constatuirung der secretführenden Räume und die mikroskopische Untersuchung lässt uns zwei Schichten ausfindig machen, denen Harzräume und ätherisches Oel führende Elemente zukommen. Ein Querschnitt durch das Perikarp und der anliegenden Samenhaut (Fig. V) weist folgende Schichten auf. Eine äussere (*V ep*) und eine innere (*V i ep*) Oberhaut decken das dazwischen liegende Mesokarp. Die äussere Oberhaut wird von einer ziemlich starken

<sup>1)</sup> Auf meine Veranlassung hat Herr Dr. H. Molisch freundlichst eine Paralleluntersuchung mit Orcin und Salzsäure vorgenommen, die aber ein negatives Resultat ergab.

Cuticula (*c*) überlagert und setzt sich aus tafelförmigen, im Querschnitt dreibis viereckigen oder eckiggrundlichen Zellen zusammen. Das Lumen der Zellen ist wegen eines dichten, braun pigmentierten Inhaltes fast ganz opak und überall dort, wo unter der Epidermisschicht ähnlich gebaute Zellen eine directe Verbindung mit dem Mesokarp-Parenchym bewerkstelligen, ist dieses braune Pigment ebenfalls aufgehäuft, dem die Pfefferfrucht das bekannte schwarze Aussehen verdankt. Eine solche directe parenchymatische Verbindung existiert aber nur an wenigen Punkten; denn zumeist ist das unter der Oberhaut liegende Gewebe sklerosiert und zeigt mächtig verdickte, verschieden geformte, stets gelblich gefärbte, oft mit spitzen Enden in das Mesokarp hineinragende Sklerenchymzellen, deren Lumen ebenfalls braunes Pigment führen und durch reichliche Porenkanäle mit einander verbunden sind (*V sc*). Die Orientierung der Steinzellen ist vorwiegend eine radiale.

Bekanntlich erscheint die Aussenseite des Pfefferkornes durch mehr oder weniger entwickelte Netzrunzeln mit einer Reliefzeichnung versehen, die bekanntlich nur als Trocknungs-Phänomen aufzufassen ist. In den Netzrunzeln lassen sich hauptsächlich Oberhaut- und Sklerenchymzellen, letztere meist von einander getrennt, nachweisen.

Die Hauptmasse des Perikarp-Parenchyms lässt zwei gut differenzierte Schichten erkennen. Die eine, der Aussenseite zugewendete Hälfte, ist nur unmittelbar innerhalb der Steinzellen aus deutlich erkennbaren dünnwandigen Zellen zusammengesetzt, der weitaus grössere Theil derselben (*V pa*) zeigt ein Convolut tangential zusammengepresster, in ihren Contouren nur schwer zu unterscheidender Zellen, die hie und da kleine inhaltlose Lücken, dann aber verschieden grosse auffällige Harzräume umschliessen (*V h*). Ein Bild, wie es Moeller<sup>1)</sup> von dieser Schichte bringt, habe ich niemals wahrnehmen können und bezweifle auch, dass es überhaupt jemals in dieser deutlichen Ausbildung der einzelnen Zellen gesehen worden ist. Dagegen finde ich, dass dort, wo dieses Tangentialparenchym in die zweite Mesokarpschichte, in das Oelparenchym, übergeht, das Gewebe einen schwammparenchymartigen Charakter annimmt (*V* unter *g*) und zerknitterte und geradezu hin und her gewundene Zellmembranen auftreten.

In dieser Schichte liegen auch die Gefässbündel (*V g*), die aus zarten Spiroiden bestehen; auch sind Bastfasern und Bastparenchym vorhanden. Mit Jod kann man zu Kugeln componierte Stärke als Inhalt dieser Schichte nachweisen. Die zweite Mesokarpschichte ist ein ganz ausgezeichnet grosszelliges Parenchym, dessen Zellen in zwei oder mehreren Reihen, meist aber regellos (*V Ö pa*), die Continuität des Perikarps herstellen. Ihr Inhalt ist grösstentheils ätherisches Oel und sie haben demnach als „Oelräume“ für uns besondere Bedeutung. An sie schliesst sich unmittelbar die innere Fruchtwandoberhaut (*V iep*) an, eine Sklerenchymschichte aus einer Zellreihe<sup>2)</sup> bestehend, die mit der darunter liegenden Samenhaut fest verbunden ist. Die Sklerenchymzellen sind nur an der Innenseite mächtig verdickt, an den der Fruchtpерipherie zugewendeten Wänden dagegen von Verdickungsschichten fast frei. Diese einseitige Verdickung gewährt diesen Zellen ein sehr charakteristisches Aussehen.

Von der zweischichtigen tiefbraunen Samenhaut ist nur zu bemerken, dass die äussere Schichte (*V s*) im Querschnitte noch deutliche Lumina zeigt, während die innere auf einen höchst feinen Streifen reduciert erscheint. Nach

<sup>1)</sup> Moeller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel p. 227, Fig. 194.

<sup>2)</sup> Nach Moeller l. c. mitunter aus zwei Reihen gebildet.

Moeller (l. c.) sind beide Schichten „aus ähnlichen, dicht gefügten, gestreckten Zellen aufgebaut und miteinander nicht verwachsen, denn in den Bruchstücken ragt eine Membran über die andere oft hinüber und dabei erkennt man, dass das innere, farblose Häutchen brüchig ist.“

Wir wenden uns wieder den Harzräumen zu. In der äusseren Parenchym-schichte finden wir im Querschnitte elliptische, rundlich dreieckige oder eiförmige Räume, in denen wieder gelbe Harzklumpen vorhanden sind. Die Grösse der Räume ist verschieden, ihre Lage scheint durch keine Gesetzmässigkeit geregelt zu sein. Vereinzelt findet man ganz besonders grosse Räume, die schon mit freiem Auge an Querschnitten sichtbar sind. Ein solcher Raum (von einem im Wasser suspendierten Schnitte) mass im grössten Längendurchmesser 0.289 mm, im Querdurchmesser 0.187 mm. Es ist auffällig, dass in den zahlreichen anatomischen Beschreibungen des Pfefferkornes, die in der pharmakognostischen Literatur vorliegen, von diesen riesigen Harzräumen keine Angabe sich vorfindet. Dass diese Räume wohl keine Zellen sind, ist einleuchtend und per analogiam können wir schliessen, dass auch die übrigen weit kleineren mit „Oelzellen“ nichts zu thun haben. Ausserdem sind die meisten weit grösser, als die sie umgebenden Parenchymzellen und zeigen fast immer eine wulstige Umrandung. Mit echten Oelzellen, wie sie gewisse Blätter (*Laurus*, *Boldoa*) besitzen, zeigen sie in Bezug auf ihre Umgrenzung nicht die geringste Aehnlichkeit. Entfernt man mittelst Alkohol das Harz und kocht einen feinen Schnitt in Kalilauge, so zerfliessen allerdings die meisten Parenchymzellen, aber von den Harzbehältern bleiben gelbe Wülste zurück, die in den Innenraum mit feinen Fasern oder Fetzen hineinragen und keine scharf abgrenzende Lamelle besitzen (Fig. VI) Solche Wülste habe ich auch in manchen Coniferenzapfenschuppen, vor allem aber in dem Mesokarp der Frucht von *Myrospermum frutescens* Jacq.<sup>1)</sup> zu constatieren Gelegenheit gehabt. Während aber an den Wülsten der letzteren die chemische Zusammensetzung eine von der der reinen Cellulose abweichende ist, kann dies von den Harzumgrenzungen im Pfeffermesokarp nicht behauptet werden. Nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure färbt sich das ganze Parenchym blau und blaue Fetzen ragen auch in den Harzraum hinein. Es drängt sich uns nun die Frage auf, ob wir es mit einem echten Secretbehälter, also mit einem Interzellularraum, oder mit echten Zellen, oder schliesslich mit jenen eigenthümlichen Zellräumen zu thun haben, die im Pfefferweiss die Harzbehälter darstellen. Eine über alle Zweifel erhabene Antwort vernag nur die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung zu ertheilen. Halten wir aber alle That-sachen unserer Beobachtung zusammen, und zwar: das Vorkommen auffällig grosser Harzräume; das Vorhandensein von Umrandungswülsten; das Auftreten von Fetzen und Fasern (VI z), die in den Innenraum hineinragen, die Constituierung aus Cellulose; das Fehlen einer scharf abgrenzenden Lamelle (wie etwa im Arillus von *Myristica fragrans*, in den Blättern von *Laurus*, *Boldoa fragrans*), und endlich die Analogie mit den Harzräumen in anderen Perikarprien; — so können wir mit relativer Sicherheit annehmen, dass die Harzräume in der äusseren Parenchym-schichte des Pfefferperikarps Interzellularräume sind, und die Wülste ein Harzraumepithel vorstellen. Natürlich sind damit die vollkommen ausgebildeten Secreträume gemeint. Dagegen können über die ersten Entwicklungsstadien nicht einmal Vermuthungen ausgesprochen werden. Vergleiche mit den analogen Gebilden

<sup>1)</sup> T. F. Hanausek. Zur Anatomie der Frucht von *Myrospermum frutescens* Jacq. und deren Balsambehälter. Zeitsch. d. allg. öst. Apoth.-Ver. 1878, pag. 374.



in Piper Cubeba würden wieder auf jenen Entstehungsmodus hinweisen, den wir für die Perispermharzräume anzunehmen gezwungen waren. Das entscheidende Wort vermag aber nur die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung auszusprechen.

Ein weiteres räumlich sehr ausgedehntes Reservoir für ätherisches Oel (und Harz?) bietet das sogenannte „ölführende Parenchym“, die zweite an die Innen-Epidermis des Perikarps stossende Mesokarpschichte. Sie wird von grossen, sehr verschieden gestalteten, lückenlos aneinander schliessenden Parenchymzellen gebildet, die reichlich mit in Alkohol löslichen Kohlehydraten erfüllt sind. Diese lagern in meist homogenen, blassgelben, selten etwas krümlig erscheinenden Massen in den Zelllumina, formen sich in Kalilauge nach dem Erwärmen zu grösseren Tropfen und scheiden, wenn die Schnitte in Glycerin suspendiert worden sind, reichliche strahlige Bündel von Krystallnadeln aus (*V ö p a k r*), die sich in Alkohol rasch auflösen; hat man den Schnitt vorher schon mit Alkohol behandelt, so treten überhaupt keine Krystalle auf. Von Oxalat-Raphiden unterscheiden sich dieselben sowohl durch ihre Löslichkeit in Alkohol, als auch durch ihre Form. Manche erinnern an Federbärte mit unterbrochener Strahlenfolge, andere an Wurfspiesse mit mehreren Zinken und strahlig angeordnete Nadeln sitzen einem compacten Centralkörper auf. Uebrigens kann man sowohl in den Harzräumen des Harzparenchyms, als auch in den Harzellen das Eiweiss solche Krystallbündel nach Einlagern in Glycerin auf-treten sehen.

Die Zellwände des ölführenden Parenchyms sind bis auf die Mittel-lamellen aus Cellulose aufgebaut; sie werden durch Jod und Schwefelsäure gebläut, während die Mittelamellen gelb erscheinen. Eine Verkorkung der Membranen, die nach Zacharias<sup>1)</sup> einen impermeablen Abschluss des Secretes ermöglicht und vielen Secretbehältern eigenthümlich ist, ist in den Harzräumen der Pfefferfrucht vergeblich zu suchen.

### III.

In den Früchten von Piper Cubeba L. f. (*Cubeba officinalis* Miq.), die als Stülpfeffer, Cubeben, poivre à queue nur einen Arzneiartikel abgeben, finden sich ebenfalls analoge Harz- und Oelräume vor. An Stelle des Piperins, das ein spezifisches Alkaloid von Piper nigrum ist, enthalten die Cubeben das Cubebin, einen indifferenten krystallisierbaren Körper, der nach Vogl<sup>2)</sup> in kleinen Krystallgruppen (nebst ätherischem Oel) im Mesokarpparenchym enthalten sein soll.

Der anatomische Bau des Perikarps weicht nicht sonderlich von dem der Pfefferfruchthaut ab. Unter der cuticularisierten Epidermis finden wir wieder eine Sklerenchymschichte, deren Elemente jedoch kleiner sind und eine kubische oder kurzparallelipedische Gestalt besitzen; spitz zulaufende Endstücke der Medianseite kommen nicht vor. Das Mesokarpparenchym setzt sich aus deutlich contourierten (nicht wie bei Piper nigrum tangential zusammengequetschten, ganz undeutlichen) Zellen zusammen, deren Längenausdehnung häufig, aber nicht immer, der Tangente entspricht. Zahlreiche Harzräume durch-

<sup>1)</sup> Ueber Secretbehälter mit verkorkten Membranen. Bot. Zeitg., 1879, Nr. 39 und 40.

<sup>2)</sup> Arzneikörper p. 175.

setzen das Parenchym; die meisten sind ein wenig grösser, als die umgrenzenden Parenchymzellen. Allen aber kommt eine gelbe bis gelbbraune wulstige Umgrenzung zu, die nach Entfernung des Harzes durch Alkohol und nach Behandlung mit warmer Kalilauge sich flach ausbreitet und dann sehr wohl den Eindruck eines Harzgangepithels macht. An manchen Harzräumen ist die Umgrenzung auch nach Anwendung von scharfquellenden Mitteln nur mit einer dünnen Lamelle zu vergleichen. Ist ein Epithel vorhanden, so finden wir allezeit einen körnigen, braungelben Inhalt und eigenthümliche Falten, die von den Membranen der Grenzzellen herrühren mögen.

So grosse Räume, wie sie *Piper nigrum* besitzt, kommen nicht vor und die kleinsten machen nur den Eindruck von Zellen. Ist daher die Bildung des Harzbehälters nur von solchen ausgegangen, so kann die Entwicklung eines grösseren Harzraumes nur wieder durch einen lysigenen Bildungsmodus erklärt werden und ein schizogener Process muss daher bei allen Harzräumen dieser Früchte ausgeschlossen werden.

Ueber die Harzbehälter des *Cubebenperisperm* habe ich nur wenig anzuführen. Sie zeigen dieselben Modi ihres Baues, wie wir sie von *Piper nigrum* kennen gelernt haben und rundliche an Grösse die Grenzzellen überragende Räume sind nicht selten. Bei der nahen Verwandtschaft der beiden Pflanzen ist die Gleichartigkeit des anatomischen Baues selbstverständlich; mir war aber dieses Resultat der Untersuchung deshalb von besonderem Werthe, weil sie meine Beobachtungen an dem *Perisperm* von *Piper nigrum* bestätigte. Der Ausgangspunkt der Bildung des Harzraumes ist wieder der Zellinhalt selbst, der sich in Harz umsetzt und dessen vielleicht fermentative Wirkung dann die Metamorphose der Cellulose in Harz zuwege bringt.

Die zahlreichen Beobachtungen, die ich an den Harzräumen der Coniferenzapfenschuppen gemacht habe, sowie die Kenntnis von den Untersuchungen anderer Beobachter hatten mich bewogen, in einer Abhandlung vom Jahre 1880 vier Modi der Harzbildung aufzustellen<sup>1)</sup>, die von verschiedenen Seiten eine heftige Anfechtung erfahren haben. Ich kann aber auch heute meine Anschauungen über diese Verhältnisse nicht ändern, sondern im Gegentheile noch einige Punkte erweitern und verallgemeinern.

Meine Annahmen lauteten folgendermassen:

„1. Das Harz kann als wahres Secret durch eigene Secretionsorgane — Drüsen, Haare — entweder unmittelbar oder aus ätherischen Oelen gebildet werden.

2. Es kann durch Verflüssigung der Aussenwand (Mittellamelle) bestimmter Zellen entstehen; dies tritt beim schizogenen Entstehungsmodus ein und soll nur für das urerste Erscheinen des Harzes gelten; eine Filtration aus den Intercellularraum durch Auseinanderweichen bildenden Zellen ist nur für jene Fälle anzunehmen, bei denen der Intercellulargang schon entstanden ist, ohne ein Secret zu erhalten. (Dann gehörte eigentlich dieser Fall zu Mod. 3.)

3. Es kann durch chemische Metamorphose der gesammten Zellwand und selbstredend auch des Zellinhaltes entstehen; das gilt für den lysigenen Entstehungsmodus und für pathologische Erscheinungen, z. B. für die Bildung der sogenannten hysterogenen Harzbehälter.

4. Endlich kann Harz durch Umwandlung gewisser Inhaltskörper, z. B. der Stärke, gebildet werden, um in vielen Fällen eine Vermehrung des nach 2. oder 3. entstandenen Harzes zu veranlassen.“

<sup>1)</sup> Ueber die Harzgänge etc. Nachtrag 1880. pag. 13.

„Zu Modus 3. müsste auch jene Entstehungsart gerechnet werden, nach welcher das Harz aus dem Zellinhalte gebildet wird und dann die intramolekulären Räume der Wände tochter Zellen ausfüllt. Der vierte Modus könnte auch unter den dritten gebracht werden, wurde aber deswegen selbstständig hingestellt, weil er auch den zweiten Modus tangiert.“

„Alles Harz der Pflanzenkörper muss nach einer dieser Arten entstanden sein und es ist nun durch die Entwicklungsgeschichte festzustellen, welcher Modus bei dem betreffenden Objecte seine Anwendung gefunden hatte.“

Wie richtig die Aufstellung des 4. Modus als eines selbstständigen Falles gewesen, können wir aus den vorliegenden Beobachtungen ersehen. Damals (1880) hatte ich die Umwandlung der Inhaltkörper als primären genetischen Process überhaupt nicht anzunehmen gewagt, sondern nur gewissermassen als eine Folgeaction angesehen, die eine Vermehrung des nach andern Arten entstandenen Harzes zu bewerkstelligen habe.

Im Perisperm von Piper haben wir aber die Stärke als das primäre und überhaupt vorderhand einzige Object der Metamorphose kennen gelernt, gewissermassen die matrix der neuen Materien, die den neuen Zellinhalt zu bilden haben und die aber ihre umbildende Wirkung auch auf die Membranen der Zelle ausdehnen. In dem von uns festgesetzten dritten Modus ist als der Ausgangspunkt der Harzumwandlung niemals der Zellinhalt, sondern gerade umgekehrt die Zellmembrane anzusehen, die in Harz umgewandelt ihre enzymische Thätigkeit dann auch auf das Amylum und den übrigen Zellinhalt erstreckt. Während wir bei Biota, Pinus u. a. die Metamorphose der Stärke in Harz nur nach der unmittelbaren Aufeinanderfolge des Verschwindens der Stärke und Auftretens des Harzes, — allerdings in solcher Weise erschliessen mussten, dass eine andere Annahme nicht gut möglich gewesen — haben wir bei Piper die directe Umbildung des Amylums in Harz in einer und derselben Zelle verfolgen können und wir können daher den Wortlaut zu Modus 4 folgendermassen formulieren:

4. „Endlich kann Harz durch Umwandlung gewisser Inhaltkörper, z. B. der Stärke gebildet werden, wobei die Stärke das primäre Object der Metamorphose darstellt und die fortschreitende — vielleicht durch fermentative Prozesse bewirkte — Umwandlung auch den Celluloseleib der Zellen erfasst, so dass Inhalt und Wand der Verharzung anheimfallen. Ausserdem kann derselbe Process stattfinden, um eine Vermehrung des nach Modus 2 oder 3 entstandener Harzes zu veranlassen.“

Ueber den Bildungsmodus der Perikarpharzräume von Piper lassen sich nur Vermuthungen aussprechen. Wenn jeder schizogene Process, welcher dem Modus 2 entsprechen würde, auszuschliessen ist, so liegt es nahe, eine combinirte Wirkung nach den Modi 3 und 4 anzunehmen, die aber nach einer gewissen Zeit erlischt und daher genau abgegrenzte, über eine gewisse räumliche Entwicklung nicht hinausgehende Harzbehälter schafft.

### Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren stellen Querschnitte der Frucht von Piper nigrum dar.  
Fig. I. Querschnitt durch das Perisperm, in Wasser liegend. — *am* Stärkezellen, *h* Harzraum mit an den polaren Enden aufgespeicherten und in

benachbarte Intercellularen überflossenen Harzmassen. — *o'* ein mit Harz in toto erfüllter Raum. Vergröss. 400.

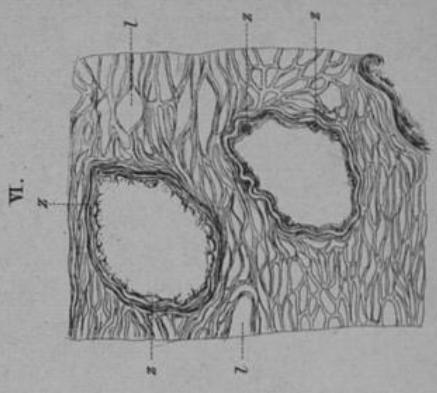
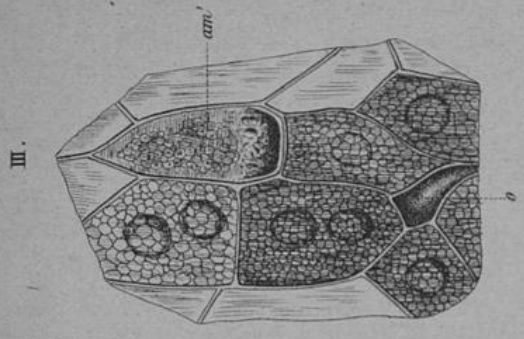
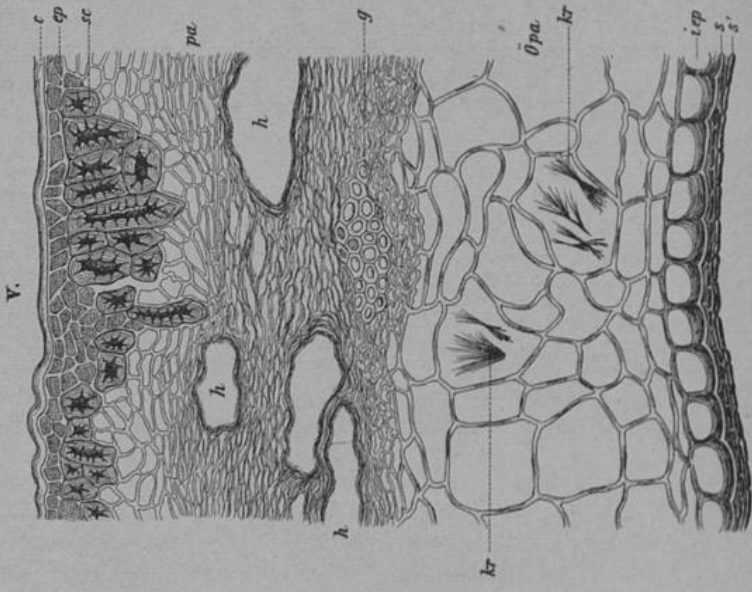
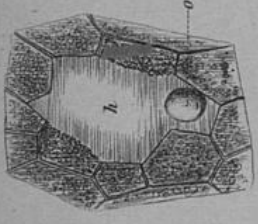
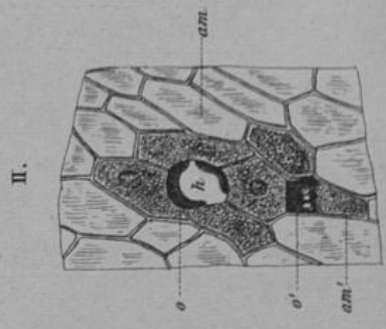
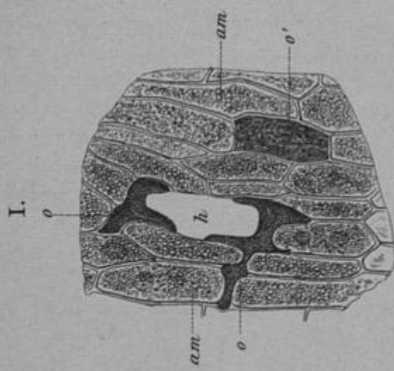
Fig. II. Querschnitt durch das Perisperm. *h* Harzraum (häufigste Art des Vorkommens), *am* Stärkezellen, *am'* eine Zelle, in der die Metamorphose der Stärke in Harz vor sich geht.

Fig. III. Perisperm. *o* Harzraum, *am'* wie Fig. II, nur ist der Stärkeinhalt schon einigermaßen reduciert. Vergröss. 600.

Fig. IV. Perisperm. *h* Harzbehälter, dessen Rauminhalt die Lumina der Grenzzellen an Grösse weitaus übertrifft.

Fig. V. Querschnitt durch das Perikarp. *c* Cuticula, *ep* Oberhaut, *sc* Sklerenchymschichte, *g* Gefässbündel, *Öpa* ölführendes Parenchym, *iep* Innenepidermis des Perikarps, *kr* Krystalle (von Piperin?), *s* und *s'* äussere und innere Schichte der Samenhaut. In schwacher Kalilauge und dann in Glycerin. Vergröss. 400.

Fig. VI. Harzräume des Mesokarps, in Kalilauge erwärmt; *z* die in den Harzraum ragenden Rudimente des Epithels. Vergröss. 600.



Dr. I. F. Hanaušek del.

