

## Das Ergrünen der Samen von *Eriobotrya japonica* (Thbg.) Lindl.

Von

A. Ernst.

(Mit Tafel II.)

Bildung und Funktion des Chlorophylls stehen bekanntlich in enger Beziehung zum Lichte. Die Kohlenstoffassimilation chlorophyllhaltiger Zellen erfolgt nur unter Mitwirkung des Lichtes; länger andauernder Lichtmangel oder vollständiger Lichtabschluß verhindern nicht nur die Photosynthese, sondern wirken bei der großen Mehrzahl der Pflanzen schädigend und schließlich zerstörend auf den Chlorophyllfarbstoff ein. Nur wenige, durch die Untersuchungen von Sachs, Schimper u. a. bekannt gewordene Pflanzen ertragen ohne Schädigung ihres Chlorophyllapparates wochen- oder sogar monatelange Verdunkelung und für einige Fälle — am sichersten für *Coniferenkeimlinge*<sup>1)</sup> — ist auch die Chlorophyllbildung im Dunkeln experimentell festgestellt. Beispiele für Chlorophyllbildung in Pflanzenorganen oder einzelnen Geweben, die zwar im Freien entstehend, dennoch der Lichtwirkung mehr oder weniger entzogen sind, sind zwar noch nicht in größerer Zahl eingehend beschrieben worden, wahrscheinlich aber nicht selten.

In dem am 14. IX. 1904 ausgegebenen Heft 7, Bd. XXII der Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft bringt G. Lopriore<sup>2)</sup> eine vorläufige Mitteilung über „Chlorophyllbildung bei partiärem Lichtabschluß“, in welcher er als Beispiele für das Ergrünen bei Lichtmangel und von Chlorophyllbildung in sonst chlorophyllosen Geweben das Ergrünen der Samen von Orangen, Zitronen, der japanischen Mispeln, Pistaciamandeln und die Chlorophyllbildung im Zentralzylinder der Wurzeln von *Vicia Faba* in Wasserkulturen bespricht. Die grüne Färbung der Kotyledonen von Orangen-, Zitronen-, Mispel-

<sup>1)</sup> S. z. B. Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie I. 2. Aufl. 1897. pag. 317 und A. Burgerstein, Über das Verhalten der Gymnospermenkeimlinge im Lichte und im Dunkeln. (Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 18. 1900. pag. 168.)

<sup>2)</sup> Lopriore, G., Über Chlorophyllbildung bei partiärem Lichtabschluß. (Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XXII. Jahrg. 1904. Heft 7. pag. 385—393.)

und Pistaciasamen<sup>1)</sup>, welche noch vom Fruchtfleisch umschlossen sind, ist mir vor einigen Jahren während eines längeren Aufenthaltes in Italien ebenfalls aufgefallen, und ich habe mich dann in den Jahren 1902 und 1903 bei Gelegenheit von Studienaufenthalten in Neapel, sodann 1903 auch nach meiner Rückkehr nach Zürich mit der Untersuchung jener Samen beschäftigt. Da Lopriore über das beiderseits in Angriff genommene Thema eine ausführliche Arbeit in Aussicht stellt, so kann ich auf die Weiterführung meiner Untersuchung verzichten, um so mehr, als es mir in nächster Zeit nicht möglich wäre, die notwendigen Versuche an Ort und Stelle auszuführen. Es sei mir dagegen gestattet, im nachfolgenden wenigstens von einem der untersuchten Beispiele, über das Ergrünen der Keimblätter von *Eriobotrya japonica*, eine kurze Zusammenstellung meiner Notizen zu geben, welche die Mitteilung von Lopriore in einigen Punkten berichtigt, in anderen erweitert.

Ich schicke zunächst einige Bemerkungen über die Morphologie der Früchte und Samen der japanischen Mispel voraus. Die in Größe und Färbung etwa den Aprikosen vergleichbaren Früchte enthalten große Samen, welche in Zahl, Form und Größe außerordentlich variabel sind. In jedem der fünf Fächer des Gynaeceums werden normal zwei Samenanlagen gebildet, von denen sich aber niemals alle zu Samen entwickeln. Ich habe bei einer größeren Anzahl reifer Früchte, die ich mir von Neapel und Lugano schicken ließ, die Zahl der Samen bestimmt. Die Ergebnisse einiger Zählungen sind in nachstehender Übersicht zusammengestellt.

Zahl der Früchte	Früchte mit		1 Samen	2 Samen	3 Samen	4 Samen	5 Samen	mehr als 5 Samen
			1	2	3	4	5	
36	Neapel,	24. V. 1903	13	11	5	2	5	—
43	„	28. V. 1903	5	4	12	15	6	1
45	„	30. V. 1903	10	18	8	8	—	1
128	„	4. VI. 1903	23	53	35	13	3	2
36	Lugano,	4. VI. 1903	11	16	8	1	—	—
64	„	8. VI. 1903	17	29	11	4	2	1
66	„	12. VI. 1903	7	14	23	14	7	1
418			86	145	102	57	23	6

Von 418 untersuchten Früchten waren also 145 (34,7 %) zweikernig, 102 (24,4 %) dreikernig, 86 (20,6 %) einkernig, je 4 Samen enthielten 57 (13,6 %), je 5 Samen waren in 23 (5,5 %) Früchten vorhanden und nur 6 Früchte enthielten mehr als 5.

<sup>1)</sup> Die Grünfärbung der Kotyledonen von *Pistacia vera* (ebenso von *Acer*-Arten, *Evonymus*, *Pisum* und *Vicia*) ist neuerdings auch besprochen worden von K. v. Spiess: Über die Farbstoffe des Aleuron. (Österreichische botan. Zeitschrift. Jahrg. 54. 1904. pag. 440—446.)

120 Ernst, Das Ergrünen der Samen von *Eriobotrya japonica* (Thbg.) Lindl.

(davon 3 je 6 und 3 je 7) Samen. Fast 60 % aller Früchte besaßen 2 oder 3 Samen.

Die Form der Samen ist verschieden; sie ist abhängig von deren Zahl innerhalb einer Frucht. In einsamigen Früchten besitzt der Samen kugelige oder ellipsoidische Gestalt. In mehrkernigen Früchten finden sich häufig neben 1—5 großen noch einige kleinere, offenbar unbefruchtete und taube Samen. In der obigen Zusammenstellung sind in den mehrkernigen Früchten nur die ungefähr gleich großen, keimfähigen Samen gezählt worden. Die nur durch die häutigen Gehäusewände geschiedenen Samen der 2—5 kernigen Frucht bilden mit jenen zusammen einen kompakten Körper, der in seiner Gestalt mit dem Samen der einkernigen Frucht übereinstimmt. Die Samen der zweikernigen Frucht sind demnach halbe Ellipsoide, begrenzt von der halben Ellipsoidoberfläche und der ebenen Berührungsfläche. In den 3—5 kernigen Früchten wird die Oberfläche des einzelnen Samens von  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$  der Ellipsoidoberfläche und ferner von zwei flachen Seiten gebildet, die an den Samen dreikerniger Früchte ungefähr in einem Winkel von  $120^\circ$ , der vierkernigen von  $90^\circ$  und in der fünfkernigen Frucht von  $72^\circ$  aufeinander treffen.

Am größten sind die Samen der ein- und zweikernigen Früchte. Diejenigen der letzteren (Fig. 1—3) sind meistens ca. 20—22 mm hoch, 20 mm breit und in der Mitte 10 bis 12 mm dick.

Die Samenschale ist glänzend braun, mit zahlreichen etwas helleren und leicht vertieften Flecken gesprenkelt; im Umkreis der Funikulusnarbe ist sie dunkelbraun, die Narbe selbst ist von der Farbe der helleren Flecken. Die Samenschale ist nicht überall gleich dick. An den abgeplatteten, ebenen Flächen sowie an den Kanten ist sie am stärksten, etwa 20 Zellschichten mächtig ausgebildet; am Scheitel und an der Basis, besonders aber an der gewölbten Außenfläche ist sie bedeutend dünner, gewöhnlich nur 4—5 Zellschichten stark. Wie auch Lopriore angibt, ist die Samenhaut auf der letzteren Seite häufig gesprengt; der Riß

Zahl der Früchte		Gesamtzahl der Samen	Samen mit Längsrissen in der Außenseite der Samenschale
36	Neapel, 24. V. 1903	83	13
43	" 28. V. 1903	146	29
45	" 30. V. 1903	108	12
128	" 4. VI. 1903	315	42
36	Lugano, 4. VI. 1903	71	5
64	" 8. VI. 1903	140	11
66	" 12. VI. 1903	201	8
418		1064	120

verläuft gewöhnlich vom Scheitel gegen die Basis oder ist  $\perp$ förmig. Die Anzahl der Samen mit geschlitzter Samenschale ist recht beträchtlich. Die vorstehende Tabelle bietet die diesbezüglichen Angaben für die in der ersten Übersicht verzeichneten Früchte und Samen.

Die auf der Außenseite der Samen fast bis zur Durchsichtigkeit verdünnte und an zahlreichen Samen (an 11,3 % der untersuchten) zerrissene Samenschale läßt also häufig das Kotyledonargewebe durchschimmern oder frei hervortreten, so daß die Grünfärbung desselben beim Öffnen der Früchte ohne weiteres auffallen muß. Entfernt man an solchen Samen die Samenschale vollständig, so zeigt sich, daß die Grünfärbung sich nicht über die ganze Oberfläche der Keimblätter erstreckt. Sie ist am ausgeprägtesten auf einer vom größeren Teil der Außenfläche durch eine rinnenförmige Vertiefung geschiedenen, völlig glatten, basalen Kuppe.

An einzelnen Samen erscheint die ganze, durch den  $\perp$ förmigen Riß entblößte Fläche grün gefärbt. Untersucht man Samen mit vollständig geschlossener Schale, so nimmt man nach Entfernung der letzteren eine ebenso intensive Grünfärbung der glatten Basalkuppe wahr. Ausgehend von der Ansatzstelle der Kotyledonen am Embryo (Fig. 3) läßt sich auch die Fugenlinie der Keimblätter (wie auch Lopriore angibt, ist Trikotylie bei *Eriobotrya* nicht selten) auf der einen Seite bis gegen die Spitze und auf der anderen wieder zur Basis zurück (Fig. 1 u. 2) als feine, grüne Linie wahrnehmen. Legt man die Kotyledonen auseinander, so zeigt sich die Innenfläche derselben im Vergleich zur Außenfläche auffallenderweise zu einem viel größeren Teile ergrünt. Am intensivsten ist die Grünfärbung (Fig. 5 u. 6) wiederum an der organischen Basis, d. h. in unmittelbarer Nähe des Embryo. Sie erstreckt sich auf der völlig glatten Fläche, im besonderen in einem medianen Streifen bis gegen die Spitze hin. Auf einem Querschnitt durch die Keimblätter ist die Fugenfläche (Fig. 4) ebenfalls schon makroskopisch als grüne Linie erkennbar. Die Plumula des Embryo mit 1—2 von bloßem Auge sichtbaren, deutlich grün gefärbten Blättchen liegt in einer kleinen Mulde an der Basis der sonst mit der ganzen Innenseite dicht zusammenschließenden Kotyledonen.

Mit Lopriore bin ich der Ansicht, daß die an der Außen- und Innenfläche der Keimblätter stets wahrnehmbare Ergrünung der Hauptsache nach unabhängig vom Lichte erfolgt ist. Im besonderen erscheint mir die Ergrünung der Plumula und der Innenseite der Keimblätter infolge Lichtwirkung ausgeschlossen, da das Licht gewiß nicht die dicke Fruchtfleischschicht, die braune Samenschale und das Kotyledonargewebe zu durchdringen vermag. Für die Außenfläche der Kotyledonen dagegen könnte Lichtwirkung schon eher in Betracht kommen, ist aber bei der großen Mehrzahl der Samen, das heißt denjenigen mit intakter Samenschale ebenfalls unwahrscheinlich, um so mehr, als auf der Außenseite die intensivste Ergrünung an

einer auch morphologisch besonders differenzierten Partie und zudem gerade an derjenigen Stelle der Frucht stattfindet, wo das Fruchtfleisch am dicksten, die Belichtung infolge der aufrechten Stellung der Frucht am schwächsten ist. Dagegen kann ich als Beweis für die Unwahrscheinlichkeit der Durchlichtung des Fruchtfleisches den von Lopriore angeführten Umstand nicht gelten lassen, „daß bei x-förmig an den äußeren Seiten gerissenen Tegumenten die entblößte Fläche nie grün erscheint“. Gerade die Tatsache, daß bei einem Teil der Samen mit 1-förmig gerissenen Tegumenten die ganze oder doch ein großer Teil der entblößten Fläche gleichmäßig intensiv grün gefärbt ist, hat mich vor Jahren, als ich in Neapel die Frucht der japanischen Mispel kennen lernte, auf den Chlorophyllgehalt der Keimblätter ihrer Samen aufmerksam werden lassen und mich veranlaßt, nach weiteren Beispielen — Orange, Zitrone, Pistacia — zu suchen. Auch an etwa 20 der in der Übersicht auf pag. 120 verzeichneten 120 Samen mit zerrissener Samenschale, war außer der Basalkuppe die gesamte übrige freigelegte Kotyledonfläche vollständig ergrünt. Bei einigen kleinen Samen aus vielkernigen Früchten, war nicht nur die freigelegte, sondern sogar die ganze Außenfläche der Kotyledonen gleichmäßig grün. Wie mir scheint, ist nun wenigstens für die Ergrünung der entblößten Keimblattflächen, die nur vom Fruchtfleisch bedeckt sind, die Möglichkeit einer Lichtwirkung nicht, ohne weiteres zu verneinen. Die notwendigen physikalischen Apparate zur experimentellen Entscheidung dieser Frage, standen mir zur Zeit, als ich diese Beobachtungen an *Eriobotrya* machte, nicht zur Verfügung. Außer durch die optische Untersuchung wird diese wie die umfassendere Frage nach dem Einflusse des Lichtes auf die Bildung des Chlorophyllfarbstoffes in allen Teilen der Samen, der äußeren basalen Kuppe, der inneren Flächen der Kotyledonen sowie der Plumula vielleicht in einfacher Weise am Standorte der Pflanze durch vollständige Verdunkelung einzelner Früchte oder ganzer Fruchtstände vor Beginn der Fruchtreife zu lösen sein.

Was den Zeitpunkt des Ergrünens anbetrifft, hat mir die Untersuchung verschiedener Entwicklungsstadien der Früchte gezeigt, daß dasselbe schon sehr früh beginnt, daß zunächst in der Plumula des Embryo Chlorophyll nachgewiesen werden kann und hernach von der organischen Basis aus die Ergrünung der Innen- und Außenseite der Keimblätter erfolgt. Dieses Vorschreiten der Chlorophyllbildung von innen nach außen dürfte ebenfalls gegen die Mitwirkung des Lichtes sprechen.

An jungen, noch völlig grünen Früchten (ca. 2,1—2,5 cm lang und 1,9—2,2 cm breit) findet man im subepidermalen Gewebe der Scheinfrucht reichlich Chlorophyll. Die Chloroplasten sind scheibenförmig, von kreisrundem oder ovalem Umriß. Ihre Größe ist verschieden. Die runden Scheiben zeigen gewöhnlich einen Durchmesser von 5,6  $\mu$ , die elliptischen eine Länge von 5,6—8,4  $\mu$  und eine Breite von 2,8—5,6  $\mu$ .

In der ersten bis siebenten Zellschicht sind die Chloroplasten im Plasma der Zelle über die ganze Innenfläche verteilt, in den nach innen folgenden Schichten (ungefähr von der 7. bis zur 12.) sind sie mehr oder weniger, am typischsten in den innersten dieser Schichten, nach Art der Leukoplasten um den Zellkern der Zelle gedrängt. Die Größe der Chloroplasten nimmt dabei mit der Intensität der Grünfärbung ab; sie sind hier gewöhnlich von kreisförmigem Umriß und zeigen einen Durchmesser von 2—3  $\mu$ . Die inneren Schichten des Fruchtfleisches entbehren der grüngefärbten Chromatophoren vollständig.

Die Samen dieser jungen Früchte sind etwa 10—12 mm hoch. Ihre Schale ist noch weich und von weißlicher Färbung, Chlorophyll fehlt den Zellen derselben vollständig. Die Kotyledonen sind von gelblicher Farbe. An ihrer Basis fällt die basale Kuppe auf, welche sich auf diesem Reifestadium schon durch ihre glatte Oberfläche auszeichnet und von dem übrigen leicht grubigen Teil der Kotyledonaußenfläche durch eine scharf ausgeprägte Furche abgegrenzt wird. Ihre Färbung ist noch rein weiß. Auch die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß sowohl in Epidermis wie in den subepidermalen Schichten dieser Kuppe, ebenso auf den Innenflächen der Kotyledonen, ergrünte Chromatophoren noch vollständig fehlen. In allen subepidermalen Zellen kommen wie in den tieferen Schichten nur völlig farblose, einfache oder zusammengesetzte Körner mit einem Durchmesser von 2—5  $\mu$  vor, die sich bei der Reaktion mit Jodverbindungen als Stärkekörner mit Stärkebildner zu erkennen geben.

In etwas älteren und größeren (ca. 3 cm langen) aber ebenfalls noch völlig grünen Früchten sind zunächst Veränderungen der Samenschale, Braunfärbung und Härtung derselben erfolgt. Von sieben Samen solcher Früchte zeigten fünf unter der braunen Samenschale noch eine rein weiße Basalkuppe der Kotyledonen, nur bei zweien war eine fast unmerkliche Grünfärbung schon erfolgt. Diese Wahrnehmung spricht also dafür, daß die bei allen Samen stets in gleichem Maße vorhandene Grünfärbung der Basalkuppe erst nach der für eine Durchleuchtung ungünstigen Veränderung der Samenschale, also jedenfalls auch unabhängig vom Lichte erfolgt. Dagegen war an allen untersuchten Samen dieses Alters eine intensive Grünfärbung an der Basis der Innenfläche der Kotyledonen, ausgehend von den Ansatzstellen der Kotyledonen an der jungen Achse und den flachen, den Embryo beherbergenden Vertiefungen wahrnehmbar. Auch in den reifenden gelbgrünen Früchten ist die Basis der Kotyledonen auf der Außenseite vielfach noch nicht ergrünt, während beim Auseinanderlegen der beiden Keimblätter eine von der am intensivsten gefärbten basalen Region ausgehende, meistens bis gegen die Spitze reichende Ergrünung zu konstatieren ist.

Ich habe auch durch einige Versuche im Laboratorium, welche aber der Wiederholung am Standorte der Pflanze bedürfen, bereits ziemlich sicher nachweisen können, daß das Licht

wirklich bei der besprochenen Grünfärbung keine Rolle spielt. Ich beschränke mich zum Belege hierfür auf die Wiedergabe des Protokolls über 3 Versuche.

Am 28. Mai 1903 wurde ein Zweiglein mit 5 unreifen, gleichmäßig ausgebildeten, gelbgrünen Früchten in Wasser gestellt unter Glasglocke und Pappzylinder in der Dunkelkammer, ein anderer Zweig mit 6 Früchten ebenfalls unter Glasglocke am Fenster aufgestellt. Am 13. Juni wurden die Früchte untersucht. Die unter Lichtabschluß aufbewahrten waren wie die belichteten zwar leicht geschrumpft, aber wie normal gereifte Früchte von dunkelgelber Färbung. Die Chromoplasten der Epidermis waren klein, um den Zellkern gelagert. Auch im Fruchtfleisch waren Chloroplasten und Leukoplasten in Chromoplasten umgewandelt worden. Außer denselben fanden sich namentlich in den Zellen der peripherischen Schichten noch reichlich Stärkekörner. Außerdem enthielt das Fruchtfleisch, wie übrigens auch die unreifen und reifen Samen, Gerbstoffe.

Die Untersuchung der Samen der im Lichte und im Dunkeln gelbgewordenen Früchte zeigte eine gleichmäßige, allerdings nicht so intensive Grünfärbung der Basalkuppe wie in normal gereiften Früchten; die Innenseite der Keimblätter stimmte in ihrer von der Basis bis gegen die Spitze hin an Intensität abnehmenden Grünfärbung vollständig mit derjenigen von Samen der am Baume völlig gereiften Früchte überein. Auch bei anderen, ähnlichen Versuchen ergaben sich keine Unterschiede in der Ergrünung (namentlich der sonst zuletzt erfolgenden Ergrünung der äußeren Basalkuppe) der Samen von im Lichte und im Dunkeln gehaltenen, ausreifenden Früchten.

Am 28. Mai 1903 wurden je 6 völlig ausgereifte Früchte unter Glasglocke am Fenster (I), an der Hinterwand eines ca. 5 m tiefen Zimmers (II) und in der Dunkelkammer (III) ausgelegt. Am 13. Juni waren die Früchte fast ohne Schrumpfung noch gut erhalten. Die 6 am Fenster aufbewahrten Früchte enthielten zusammen 13 Samen, wovon 2 mit gesprengter Samenschale, 6 weitere Früchte (II) zusammen 10 und die 6 Früchte (III) in der Dunkelkammer 17 Samen, wovon einen mit gesprengter Schale. Alle Samen mit vollständig geschlossener Samenschale zeigten ohne Unterschied eine gleich intensive und ausgedehnte Grünfärbung ihrer Kotyledonen. Die 2 Samen mit zerrissener Schale aus den im Lichte aufbewahrten Früchten (I) zeigten auch eine Grünfärbung der entblößten Kotyledonfläche, während an dem einen entsprechend gestalteten Samen aus den verdunkelten Früchten eine ähnliche Ergrünung nicht erfolgt war.

Ebenfalls am 28. Mai 1903 wurden je 10 (völlig reifen Früchten entnommene) Samen mit intakter und je 2 mit gesprengter Schale auf feuchtem Filtrierpapier und unter Glasglocke am Fenster, an der Hinterwand des Zimmers und in der Dunkelkammer aufgestellt. Bis zum 25. Juni erfolgte eine leichte Ergrünung der durch die Schalenrisse entblößten Koty-

ledonflächen der 4 im Lichte gehaltenen Samen, unterblieb dagegen bei den 2 gleichen Samen in der Dunkelkammer. Intensität und Ausdehnung der Grünfärbung der vollständig von den Samenschalen umhüllten Kotyledonen war bei belichteten und verdunkelten Samen gleich.

Es sprechen also die Ergebnisse der 3 Versuche wie andere, auf die einzugehen nicht notwendig erscheint, ebenfalls dafür, daß die beschriebene Ergrünung der Kotyledonen und der Plumula in den braunen Samen von *Eriobotrya* nicht durch Lichtwirkung zu erklären ist.

Die mikroskopische Untersuchung der Samen reifer Früchte ergibt, daß die Grünfärbung der Keimblätter zum Teil durch das Ergrünen von Stärkebildnern zustande kommt, zum Teil an Chromatophoren gebunden ist, die als Zwischenformen zwischen eigentlichen Chloroplasten und Stärkebildnern aufgefaßt werden können.

Die Epidermis der Keimblätter besteht aus niedrigen Zellen mit dicker Außenwand und einheitlicher Kutikula. Das subepidermale Gewebe ist großzellig (Fig. 8—10); die Zellen zeichnen sich durch dicke Membranen aus, welche an den Kanten kleine Interzellularen freilassen und von zahlreichen Tüpfelkanälen durchsetzt sind. Die Zellen sind mit Stärke erfüllt und führen in den peripherischen Schichten die Chloroplasten und ergrüneten Stärkebildner.

Sehen wir uns zunächst nach dem Zustandekommen der Grünfärbung an der Außenseite um. In der subepidermalen Zellschicht der basalen Kuppe (Fig. 8) finden sich in großer Anzahl kleine kugelige und linsenförmige Körner, nicht selten auch zusammengesetzte Formen. Ihr Durchmesser ist 2—5  $\mu$ . Von gleicher Form und Größe und ebenso intensiv gefärbt sind die Körner in der zweiten und dritten, zum Teil auch noch in der vierten Schicht. Indessen treten schon in der dritten Schicht größere und meistens zusammengesetzte Körner von hellerer Färbung oder ganz ohne Grünfärbung auf. In den folgenden Schichten nimmt die Größe derselben zu; schon in der fünften Schicht finden sich Körner mit einer Länge von 8,4—11,2  $\mu$ , einer Breite von 5,6—11,2  $\mu$ ; die größten Dimensionen sind in den Zellen der mittleren Zellschichten 20—22  $\mu$  Länge und 16  $\mu$  Breite. Auch im subepidermalen Gewebe des gelblich gefärbten Teiles der Keimblattaußenfläche sind ähnliche Farbstoffträger vorhanden. In der ersten subepidermalen Schicht sind alle oder fast alle Körner grün gefärbt und nur wenig größer als in den Zellen der gleichen Schicht der basalen Region. Schon in den Zellen der zweiten Schicht nimmt die Größe der Körner bedeutend zu, die grünlich schimmernden sind in Minderzahl und gewöhnlich sind in der dritten Schicht die Körner völlig farblos und ebenso groß wie in allen weiter nach innen folgenden Zellen. Bei denjenigen Samen, an welchen eine Ergrünung des von der Samenschale entblößten Teiles der

Keimblattaußenseite erfolgt ist, ebenso an isolierten Kotyledonen, die am Lichte vollständig ergrünt sind, zeigen alle Körner der ersten und je nach dem Grade der Ergrünung auch der zweiten bis vierten Schicht (Fig. 9) Grünfärbung.

Ein etwas abweichendes Bild bieten uns die Schnitte durch die an die Fugenfläche der Keimblätter grenzenden Gewebe. Sowohl auf Querschnitten durch die basale wie auch durch die vordere Hälfte des Keimblattes (Fig. 4), finden wir in den subepidermalen Zellen große einfache und 2—4 fach zusammengesetzte Körner, welche in ihren Dimensionen nur wenig hinter diejenigen der inneren Schichten zurückstehen. In der basalen Region sind die Körner in der ersten bis vierten Zellschicht an ihrer ganzen Oberfläche oder doch teilweise grün, es sind Stärkekörner mit ergrüntem Stärkebildnern. Unter der Epidermis des gegen die Keimblattspitze folgenden blaßgrünen Teiles der Fugenfläche beschränkt sich die Ergrünung der Stärkebildner meistens (Fig. 10) auf alle oder einen Teil der Körner der ersten subepidermalen Schicht.

Außen- und Innenseite des reifen Samens zeigen also eine verschiedene Gestaltung der Körner im subepidermalen Gewebe. Die Grünfärbung der Keimblattinnenseite, welche bei der Keimung zur Oberseite der sich ausbreitenden Kotyledonen wird, kommt zustande durch die Ergrünung von Stärkebildnern an der Oberfläche von Stärkekörnern, die in ihrer Größe denjenigen der tieferen Schichten nur wenig nachstehen; die Grünfärbung der Außenseite (Unterseite der Keimblätter nach erfolgter Keimung) ist bedingt durch Farbstoffträger, welche nur kleine Stärkekörner einschließen, in ihrer Struktur sich mehr den Chloroplasten als den Stärkebildnern nähern. Dieser Unterschied tritt auch bei Reaktionen und Färbungen scharf hervor. Schnitte durch Alkoholmaterial wurden z. B. in konzentrierten Lösungen von Säurefuchsin, Magdalarot während 2—3 Tagen gefärbt und hierauf in angesäuertem Wasser und Alkohol abgespült. Die kleinen Körner der subepidermalen Zellen der Innenseite färben sich hellrot bis dunkelrot, sie bestehen eben aus einer verhältnismäßig dicken Außenschicht protoplasmatischer Substanz und einem kleinen Stärkekern. Auf der gegenüberliegenden Seite des Keimblattes verhalten sich die großen ergrüntem Körner der subepidermalen Zellen ähnlich denjenigen der inneren Schichten. Es sind große Stärkekörner, welche infolge der bedeutenden Oberfläche nur von einer ganz dünnen Leukoplastenschicht bedeckt werden, daher nach der Färbung bei Einstellung auf den optischen Schnitt nur einen schmalen hellroten Saum zeigen, der nur an zusammengesetzten Körnern über den Verwachsungsflächen der Teilkörner größere Mächtigkeit erlangt.

Die Untersuchung des kleinen Embryo ergibt im Stämmchen und den Blättchen wohl ausgebildete, scheibenförmige Chlorophyllkörner mit kreisförmigem Umriß und einem Durchmesser von 2,8—3,5  $\mu$ .

Um die Bedingungen der Chlorophyllbildung und die biologische Bedeutung dieses Vorganges klarzulegen, wurden auch zahlreiche Keimungsversuche, im Mai und Juni 1903 mit frischen, im Winter 1903/04 mit den getrockneten Samen ausgeführt. In Wasser von ca. 20° zur Quellung gebrachte Samen wurden zum Teil mit der Samenschale, zum Teil nach Entfernung derselben in Glasdosen mit angefeuchteten Sägespänen zur Keimung gebracht. Bei einem am 10. Juni begonnenen Versuche wurden z. B. je eine Schale mit geschälten und ungeschälten Samen frei ans Fenster, Schalen mit entsprechendem Inhalt unter die Kaliumbichromat- und Kupferoxydammoniak-Doppelglasglocke ans Fenster, 2 weitere Schalen in die Dunkelkammer gestellt. Die Keimung erfolgte sehr rasch; am schnellsten im gewöhnlichen Lichte und unter der Kaliumbichromatglocke, in allen Kulturen im allgemeinen etwas früher und rascher bei den geschälten Samen. Während der Entwicklung des Keimlings erfolgte auch, ausgehend von der organischen Basis eine immer weiter gegen die Spitze vorschreitende intensive Grünfärbung von Ober- und Unterseite der ausgebreiteten Keimblätter. Im gemischten und im gelben Lichte erfolgte die Ergrünung rascher und intensiver als im blauen Lichte, an allen geschälten Samen früher als an den ungeschälten. An den im Dunkeln entstandenen Keimpflanzen enthielten weder Achse und Blätter Chlorophyll, noch war eine weitere Ergrünung der freien oder von der Samenhaut bedeckten Keimblätter erfolgt. Als die etiolierten Keimpflanzen dem Lichte ausgesetzt wurden, ergrüntten nicht nur die jüngsten Achsenteile und Blätter, sondern auch die Keimblätter, deren vollständige Ergrünung in wenigen Tagen vor sich ging. Es geht daraus wohl hervor, daß außer der Lichtwirkung auch die bei der Keimung stattfindenden Lösungsvorgänge im Gewebe der Keimblätter bei der vollständigen Ergrünung der Kotyledonen im Lichte von Bedeutung sind. Daß aber vollständige Ergrünung nicht nur im Gefolge der anderen Keimungserscheinungen stattfindet, wie Lopriore annimmt, hat sich bei anderen Versuchen gezeigt. Ruhende Samen mit **l**- oder **x**-förmig gerissenen Tegumenten ergrünen allerdings nach mehrtägiger Belichtung, wie Lopriore angibt, nicht. Werden aber solche oder geschälte Samen wenig angefeuchtet in Glasdosen belichtet, so erfolgt keine Keimung, im Laufe von 3—4 Wochen aber dennoch eine starke Ergrünung bis gegen den Scheitel der Kotyledonen hin. Ebenso ergrüntten, freilich erst nach längerer Zeit, isolierte Keimblätter, und zwar sowohl im gemischten wie auch im gelborange und blauen Lichte, während bei Lichtabschluß jede weitere Chlorophyllbildung unterblieb. Nach einigen Monaten waren einzelne dieser belichteten Kotyledonen fast dunkelgrün gefärbt. Auf feuchtem Filtrierpapier oder in Sägespänen halten sich dieselben sehr lange; noch jetzt (10. III. 1905), also 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Jahre nach Beginn des Versuches sind eine Anzahl derselben völlig gesund.

Die Untersuchung einiger derselben hat am 15. II. 1905 ergeben, daß die Grünfärbung von der subepidermalen Zellschicht aus (Fig. 7) 5—10 Zellschichten weit nach innen vorgeschritten ist. Besonders intensiv ist die Ergrünung an den beiden Kanten; auch im Inneren des Keimblattgewebes sind in einzelnen Zellen, namentlich in der Umgebung der leitenden Stränge, die Leukoplasten der Stärkekörner ergrünt. Der Stärkegehalt dieser Keimblätter hat, wie der Vergleich mit Alkoholmaterial frischer Samen ergibt, beträchtlich abgenommen. Im Innern der Keimblätter sind einzelne Zellen fast stärkefrei, die Stärkekörner anderer Zellen sind kleiner geworden; ihre Substanz ist teilweise bei der Atmung verbraucht worden.

Die Untersuchung von Schnitten ergibt, daß nach der vollständigen Ergrünung der Kotyledonen infolge langer Belichtung der Unterschied in der Gestaltung und Größe der ergrünter Körner von Außen- und Innenseite der Keimblätter noch auffallender geworden ist. Fig. 11 stellt eine subepidermale Zelle von der Außenseite dar. Die ergrünter Körner, von denen einige in Fig. 12 bei 860 facher Vergrößerung gezeichnet sind, haben ebenfalls an Größe abgenommen; die grüne Leukoplastenschicht ist dicker geworden, was namentlich an den zusammengesetzten Körnern (Fig. 12) gut wahrzunehmen ist. Läßt man Schnitte längere Zeit in Wasser liegen, so sterben die Stärkebildner ab, ihre Substanz zieht sich zusammen (Fig. 13) und sitzt in Form von Kappen von zunächst noch grüner, später von braungelber Farbe den Stärkekörnern auf. Fig. 14 gibt das Bild einer Zelle der zweiten subepidermalen Zellschicht von der Keimblatt-Innenseite. Der Durchmesser der grünen Körner (Fig. 15) beträgt wie früher 2—5  $\mu$ . Die große Mehrzahl hat die Gestalt niederer Scheiben von kreisförmigem Umriß angenommen. Zusammengesetzte Körner sind seltener als in den entsprechenden Zellen von im Juni 1903 fixierten Kotyledonen reifer Samen. Bei Jodreaktionen färben sie sich gelbbraun; ein Stärkekern fehlt den meisten derselben. Sie bestehen offenbar nur noch aus protoplasmatischer Substanz, können also wohl als Chloroplasten oder wenn man will, als stärkefreie, ergrünte Leukoplasten bezeichnet werden.

Fassen wir die Ergebnisse der vorstehenden Mitteilung kurz zusammen, so geht aus denselben hervor, daß die während der Fruchtreife von *Eriobotrya japonica* erfolgende Grünfärbung der Samen von der Plumula des Embryo ausgeht und von dieser organischen Basis aus auf der Innen- und Außenseite der Keimblätter vorschreitet. Sie erfolgt wohl unabhängig vom Lichte durch Ergrünen von Stärkebildnern. Bei längerer Einwirkung gemischten oder homogenen Lichtes findet eine vollständige Ergrünung der Keimblätter ruhender Samen von Keimpflanzen, ebenso von isolierten Kotyledonen statt; im Dunkeln unterbleibt diese Ausbreitung der Ergrünung vollständig.

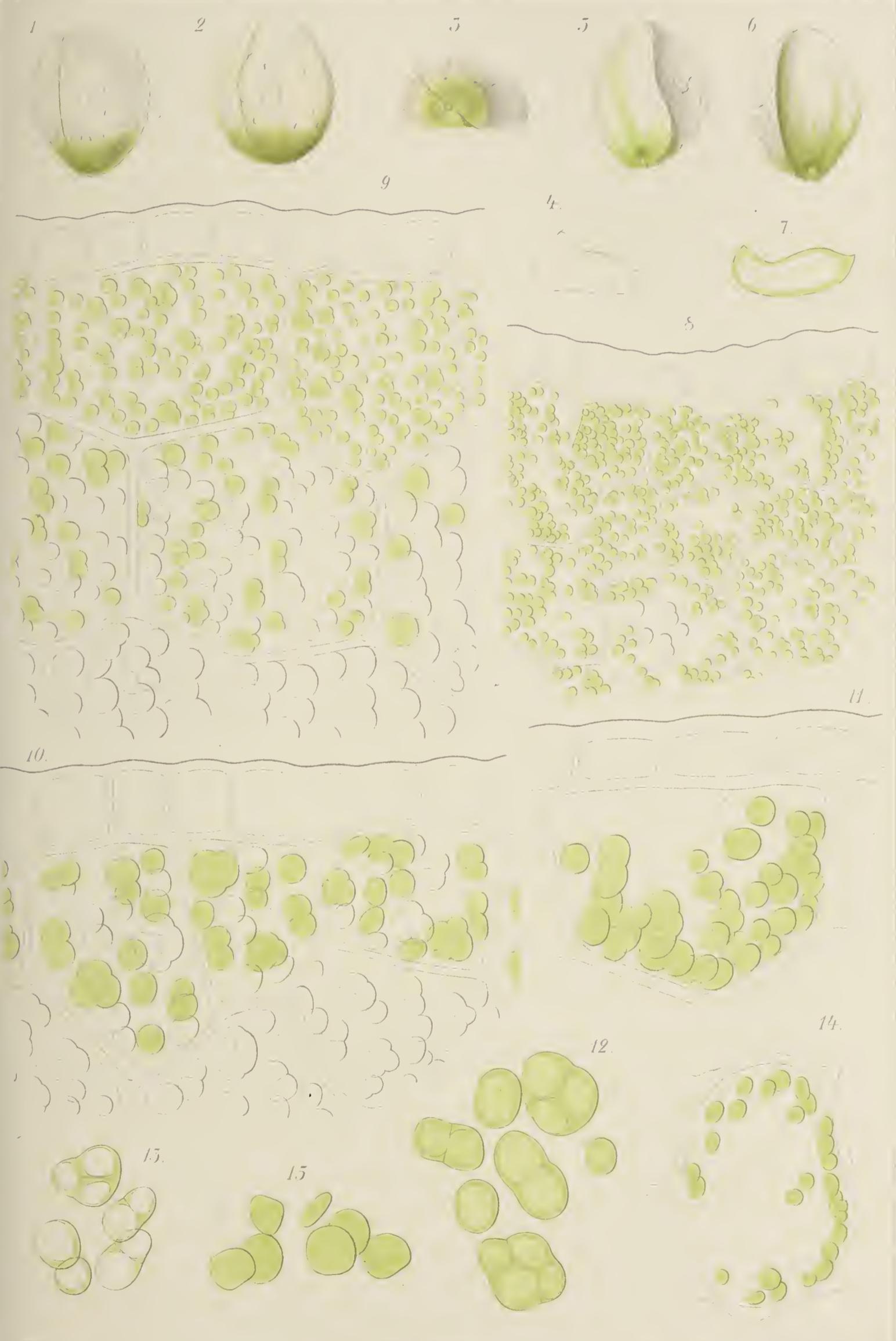
## Figurenerklärung zu Tafel II.

- Fig. 1—3. Same aus reifer zweikerniger Frucht nach Entfernung der Samenschale, in Fig. 1 von der konvexen Außenfläche, in Fig. 2 von der abgeflachten Berührungsfläche und in Fig. 3 von der Basis gesehen. Die durch eine seichte aber scharfe Furche begrenzte Basalkuppe sowie die Fugenlinie der Kotyledonen sind grün, der von zahlreichen feinen Rinnen und Gruben durchsetzte übrige Teil der Oberfläche ist von gelblich-grüner Färbung. Vergr.  $\frac{1}{1}$ .
- Fig. 4. Querschnitt durch die geschlossenen Keimblätter eines reifen Samens in ungefähr gleichem Abstand von Basis und Spitze. Eine hellgrüne Färbung der aufeinanderliegenden Kotyledonarflächen ist schon von bloßem Auge zu erkennen. Vergr.  $\frac{1}{1}$ .
- Fig. 5 u. 6. Kotyledonen eines reifen Samens (aus einer zweikernigen Frucht) auseinandergelegt und mit der glatten Innenfläche nach vorn dargestellt. Der Embryo ist bei der Trennung der Keimblätter zerrissen und liegt auf dem in Fig. 5, teils auf dem in Fig. 6 dargestellten Keimblatt. Die Grünfärbung der Keimblattinnenseite ist am intensivsten an der Basis, erstreckt sich aber, besonders in einem medianen Streifen bis zur Spitze hin. Die Blättchen der Plumula (Fig. 5) sind dunkelgrün, das Stengelchen erscheint durch Haarbildungen braun gefärbt. Vergr.  $\frac{1}{1}$ .
- Fig. 7. Querschnitt durch ein völlig ergrüntes Keimblatt eines Samens aus einer zweikernigen Frucht. (Kotyledonen vom Juni 1903 bis März 1905 in Schalen auf feuchtem Filtrierpapier am Fenster aufbewahrt; gez. am 15. Februar 1905). Grünfärbung des subepidermalen Gewebes an der gesamten Oberfläche und einiger innerer Gewebekomplexe, welche leitende Elemente umgeben. Vergr.  $\frac{1}{1}$ .
- Fig. 8. Epidermiszellen und subepidermale Zellen von einem Längsschnitt durch die glatte und intensiv grüne Basalkuppe eines reifen Samens. In den Zellen der ersten bis dritten subepidermalen Schicht finden sich zahlreiche einfache und zum Teil auch zusammengesetzte grün gefärbte Körner von 2—5  $\mu$  Durchmesser. Erst von der dritten Schicht an einwärts finden sich neben den an Zahl abnehmenden grünen Körnern farblose aber bedeutend größere Körner (Stärkeköerner mit nicht ergrüntem Stärkebildnern). Vergr.  $\frac{510}{1}$ .
- Fig. 9. Epidermis und subepidermale Zellen von einem Querschnitte durch die durch einen Riß der Samenschale teilweise entblößte und ergrünte Außenfläche eines Keimblattes in gleichem Abstand von Basis und Scheitel. Vollständige Ergrünung der Körner der ersten Zellschicht; in den Zellen der zweiten Zellschicht sind namentlich die Leukoplasten der kleineren Stärkeköerner ergrünt. Vergr.  $\frac{510}{1}$ .
- Fig. 10. Querschnitt durch einen Kotyledon in ungefähr gleichem Abstand von Basis und Spitze; Epidermis- und subepidermale Zellen von der Innenseite der Keimblätter. Im Vergleich zu den inneren Zellschichten nimmt die Größe der Stärkeköerner in den subepidermalen Zellen dieser Seite nur unbedeutend ab. Etwa  $\frac{2}{3}$  derselben sind ergrünt; in der basalen Region der Innenseite erstreckt sich die Grünfärbung über alle Körner von 1—4 Zellschichten. Vergr.  $\frac{510}{1}$ .
- Fig. 11. Epidermiszellen und subepidermale Zelle von der Innenseite des in Fig. 7 dargestellten Schnittes durch einen völlig ergrüntem Kotyledon (gez. 15. II. 1905). Die Größe der Körner hat vom Juni 1903 bis 15. Februar 1905 nur unbedeutend abgenommen. Vergr.  $\frac{720}{1}$ .
- Fig. 12. Einzelne einfache und zusammengesetzte Stärkeköerner mit ihren ergrüntem Bildnern. Vergr.  $\frac{860}{1}$ .
- Fig. 13. Stärkeköerner mit abgestorbenen und zum Teil zu dickeren Kappen zusammengezogenen Leukoplasten (Einwirkung von Wasser). Vergr.  $\frac{860}{1}$ .

130 Ernst, Das Ergrünen der Samen von *Eriobotrya japonica* (Thbg.) Lindl.

Fig. 14. Zelle der zweiten subepidermalen Schicht von der Außenseite des in Fig. 7 dargestellten Schnittes durch einen völlig ergrüntes Kotyledon (gez. 15. II. 1905). Die Chloroplasten (ein Stärkekorn ist in denselben nicht mehr nachweisbar, sie können daher entweder als stärkeleere, völlig ergrünte Leukoplasten oder auch als Übergangsform zwischen Stärkebildnern und eigentlichen Chloroplasten aufgefaßt werden) sind fast ausnahmslos von scheibenförmiger Gestalt, zusammengesetzte Formen sind selten. Vergr.  $720_1$ .

Fig. 15. Scheibenförmige Chloroplasten, völlig ergrünt und ohne Stärkekern aus einer subepidermalen Zelle von der Außenseite eines völlig ergrüntes Kotyledons. Durchmesser der Körner gewöhnlich 3.5—8  $\mu$ . Vergr.  $860_1$ .



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [BH\\_19\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Ernst Adolf

Artikel/Article: [Das Ergrünen der Samen von Eriobotrya japonica \(Thbg.\) Lindl. 118-130](#)