

- 5) { *Planta usque ad apices densius et subaeque foliata, foliis summis vix bracteiformibus, flores itaque (spurie) axillares; anthocarpiorum corpus centrale basin et apicem versus \pm angustatum, vix truncatum* *Selinocarpus diffusus* Gray¹⁾ [Nevada, Utah, New Mexico, Texas].
 { *Planta decrescenter foliata; flores in cincinnos laxos, bracteatos dispositi; anthocarpiorum corpus centrale in basi et apice \pm truncatum . . .* *Selinocarpus parvifolius* (Torrey) Standley [Texas].

Die räumlichen Verhältnisse im Fruchtknoten und in der Frucht von *Aesculus* in mathematischer Behandlung.

Eine entwicklungsmechanische Untersuchung.

Von Dr. Emil Löwi (Wien).

(Mit Tafel VII und VIII und 4 Kurven im Text.)

I. Die bei *Aesculus* vorkommenden verschiedenen Fruchttypen und die Ursachen ihrer Entstehung.

Die reife Frucht von *Aesculus*²⁾ enthält gewöhnlich zwei oder drei Samen, die einander an den Berührungsflächen abflachen, und die sowohl gegeneinander, als auch gegen die Fruchtwand eine verschiedene, nicht charakteristische Lage haben können. Außerdem finden sich noch Reste verkümmerter Samen und von Scheidewänden. Um den Bauplan der Frucht kennen zu lernen, ist es notwendig, jugendliche Stadien — etwa von der Größe einer Erbse bis höchstens einer kleinen Kirsche — zu untersuchen. Schon in diesem Entwicklungsstadium sind die drei³⁾ Teile, in welche die reife Frucht beim Aufspringen zerfällt, durch äußerlich gut sichtbare, meist leistenförmig vorspringende „Nähte“, denen manchmal auch im Gewebe eine trennungszonenartige, die ganze Dicke der Fruchtwand durchsetzende Differenzierung entspricht, voneinander geschieden. Jeder dieser Fruchtteile trägt ein in seiner Medianebene entspringendes Septum, das sich gegen die Fruchtachse zu erhebt und daselbst mit den beiden anderen Septen in der basalen Hälfte verwachsen, in der apicalen durch eine dünne Schichte vollkommen strukturloser Substanz verbunden ist, wodurch der ganze Fruchtraum in drei Fächer geteilt wird. Es sind sechs gleich große Samen vorhanden, deren Plazentation zentralwinkelständig ist, und deren räumliche Lage innerhalb der drei Fächer durch folgende Angaben bestimmt ist:

1. Jedes Septum trägt an jeder seiner beiden Seiten je einen Samen.

2. Jedes Fach enthält zwei Samen, welche übereinander angeordnet sind, so daß die Verbindungsgerade ihrer Mittelpunkte annähernd parallel zur Fruchtachse steht.

¹⁾ Eine als *S. diffusus nevadensis* bezeichnete Abänderung findet sich kurz gekennzeichnet bei Standley, Contribut. U. S. Nat. Herbarium, XII, 388 (1909).

²⁾ Die Untersuchungen wurden vorerst nur an *Aesculus Hippocastanum* angestellt.

³⁾ Die manchmal vorkommenden vierteiligen Früchte sollen hier außer Betracht gelassen werden.

3. Die Plazenten aller sechs Samen liegen in gleicher Höhe im Mittelquerschnitte der Frucht, so daß die zu den Samen ziehenden Nabelstränge jedes Faches in entgegengesetzt paralleler Richtung verlaufen und mit der Mittelquerschnittsebene einen spitzen Winkel einschließen.

Durch diese drei Sätze sind die räumlichen Beziehungen der sechs Samen zueinander, nicht aber zu den Teilen der drei Fächer eindeutig bestimmt. Sie enthalten nämlich keine Angabe darüber, welcher von den beiden Samen eines Faches durch seinen Nabelstrang mit der positiven und welcher mit der negativen¹⁾ Wand verbunden ist. Da in jedem Fache zwei verschiedene Fälle der Verbindung der Samen mit den Septen möglich sind, kann es verschiedene Typen des Fruchtbaues geben. Es wäre nun zu bestimmen, wie viele und welche Typen vom mathematischen Standpunkte aus möglich sind, und zu untersuchen, welche von ihnen in der Natur tatsächlich vorkommen.

Aus den zwei möglichen Fällen für den Bau eines Faches läßt sich zunächst ableiten, wie viel verschieden gebaute Septa möglich sind. Öffnet man eine jugendliche Frucht (Fig. 2 A) dadurch, daß man dort, wo eine der drei Nähte verläuft, ein Stück der Fruchtwandung samt der Naht ausschneidet, so erhält man Einblick in eines der drei Fächer mit seinen zwei Samen (Fig. 2 B²⁾). Querschnitte durch dieses Fach in der Richtung MM' und NN' würden bei Betrachtung in der Richtung von a gegen b (s. Fig. 4) die in Fig. 3 mom' und npn' bezeichneten Gebiete ergeben. Der zweite mögliche Fall des Fachbaues, F_1 , würde sich von dem eben beschriebenen, F_2 , durch die Lage der Nabelstränge unterscheiden, wie aus Fig. 4 ersichtlich ist. Da jedes Fach jederseits an ein gleich gebautes oder an ein ungleich gebautes grenzen kann, ist es möglich, durch Variationen der 3. Klasse mit Wiederholung unmittelbar die Anzahl der möglichen Typen des Fruchtbaues zu erfahren. Anschaulicher ist es, zunächst die möglichen Fälle der Septa zu bestimmen und dann die Fruchttypen zu konstruieren. Aus den zwei Fachtypen F_1 und F_2 erhält man alle möglichen Septumtypen durch Variationen der 2. Klasse mit Wiederholung:

11 12 21 22;

es sind also vier verschiedene Formen des Septums möglich, deren Konstruktion sich leicht aus Fig. 4 ableiten läßt und die in Fig. 5 schematisch dargestellt sind. Denkt man sich nun durch jedes der vier Septa die Querschnitte MM' und NN' gelegt, so erhält man die Ansichten von je zwei Fächern (Fig. 6) mit zusammen je vier Samen, so daß sich die Lageverhältnisse der letzten zwei Samen im dritten Fach für jeden der vier Fälle leicht hinzu konstruieren lassen³⁾. In jedem Falle sind

¹⁾ Die Bezeichnung + und - geht hier und im folgenden auf das in der analytischen Geometrie bei der Zählung der Quadranten im Koordinatensystem angewendete Prinzip zurück. Die Drehrichtung des Uhrzeigers ist negativ. In Fig. 1 bezeichnen die römischen Ziffern die vier Quadranten des Koordinatensystems, in welches ein Fruchtquerschnittsschema eingetragen ist. Als + und - sind diejenigen Seiten der Septa bezeichnet, gegen welche zu ein in der betreffenden Richtung um den Koordinatenschnittpunkt sich drehender Pfeil sich bewegt.

²⁾ Schematisch dargestellt in Fig. 4 F_2 .

³⁾ Es genügt, diese Konstruktion an einem der beiden Querschnitte auszuführen, da der Typus der Frucht durch eine der beiden mit a und b bezeichneten Hälften bereits eindeutig bestimmt ist.

für das dritte Fach zwei Möglichkeiten vorhanden, durch deren Konstruktion man die acht Schemata von Fig. 7 erhält. Von diesen erweist sich das III. und V. dem II. gleich und unterscheidet sich von letzterem bloß dadurch, daß es in derselben Ebene um $-\frac{4}{3}R^0$, bzw. um $+\frac{4}{3}R^0$ gedreht ist (zur Verdeutlichung ist das Septum S_{11} in III und V durch einen Punkt markiert); ebenso ist das IV. Schema um $+\frac{4}{3}R^0$, und das VI. um $-\frac{4}{3}R^0$ gegen das VII. gedreht (das Septum S_{22} ist durch einen kleinen Halbkreis bezeichnet). Da somit II, III und V einerseits sowie IV, VI und VII andererseits als die zyklischen Vertauschungen nur je einen Typus darstellen, sind im ganzen vier verschiedene Fruchttypen möglich (übersichtlich in Fig. 8 zusammengestellt). Charakteristische Merkmale für den Querschnitt jedes Typus ergeben sich aus der Betrachtung:

1. ob die drei Septa gleich gebaut sind (zyklische Anordnung der Samen, I und VIII) oder ungleich (azyklische Anordnung, II und VII);
2. ob im Querschnitt bei den asymmetrischen Septen (S_{11} und S_{22}) der Nabelstrang von der Plazenta gegen das gegenüberliegende Septum bei der Betrachtung gegen die Mittelquerschnittsebene im Sinne der Uhrzeigerdrehung oder entgegengesetzt gerichtet ist (negative Anordnung, I und II; positive Anordnung, VII und VIII). Eine kurze Bezeichnung der vier Typen wäre also:

Positiv	}	zyklischer Typus	{	+
Negativ				-
Positiv	}	azyklischer Typus	{	+
Negativ				-

Nun wollen wir wieder auf das anfangs nebenbei erwähnte Berechnen der möglichen Fruchttypen aus den beiden Fachtypen F_1 und F_2 zurückkommen; aus den zwei gegebenen Elementen sind folgende Variationen der 3. Klasse mit Wiederholung möglich:

111	112	121	122
211	212	221	222

Man erkennt, daß die II., III., V. Variation Permutationen derselben Kombination sind und deshalb zusammen nur einen einzigen Typus ergeben; desgleichen die IV., VI., VII. Variation; es bleiben also nur vier verschiedene Typen (Kombinationen der 3. Klasse mit Wiederholung aus zwei Elementen) übrig:

111	112	122	222,
-----	-----	-----	------

eine Bezeichnung, die man auch aus I, II, VII, VIII von Fig. 7 erhalten würde, wenn man zum Index des bezeichneten Septums den Index des

hinzukonstruierten dritten Faches hinzusetzen würde. Die Formeln entsprechen somit folgenden Typen:

$$\begin{aligned} 111 &: \ominus \\ 112 &: \equiv \\ 122 &: \boxplus \\ 222 &: \oplus \end{aligned}$$

Die Untersuchung schon einer geringen Anzahl jugendlicher Früchte — es genügen meist schon 8—10 Stück — zeigt, daß alle vier Typen in der Natur vorkommen. Es erhebt sich nun die Frage, aus welchem Grunde bei drei entwicklungsgeschichtlich anscheinend gleichwertigen Karpellen eine vierfache Anordnung der Samenanlagen möglich ist. Stellen wir uns die Frucht in die Bestandteile aufgelöst vor, auf die wir sie formal zurückführen können — jedes Septum als Verwachsungsprodukt der ventralwärts umgeschlagenen Ränder zweier Karpelle aufgefaßt — so erhalten wir drei quirlig angeordnete Blätter, welche in der Mitte jedes Randes je eine Samenanlage tragen (Fig. 9). Die Samenanlagen können aber ursprünglich unmöglich dieselben Lagebeziehungen zu ihren Blättern haben wie innerhalb des geschlossenen Fruchtknotens, weil für eine zweifach verschiedene Lagerung, entsprechend den beiden Fachtypen, oder vielmehr schon für den schrägen, entweder apikal- oder basalwärts gerichteten Verlauf der Nabelstränge keine Ursache vorhanden ist. Erklärbar wäre bloß die in Fig. 10 dargestellte Form: die Samenanlagen jedes Blattes in gleicher Höhe symmetrisch zur Mediaebene desselben gelagert. Ein durch Zusammenklappen eines solchen Gebildes entstanden gedachter Fruchtknoten würde im Mittelquerschnitt alle sechs Samenanlagen oder vielmehr deren Vorstufen (Fig. 11)¹⁾, zeigen, wenn auch die Zentren aller sechs nicht gerade mathematisch genau in derselben Ebene liegen würden. Die beiden in jedem Fach in annähernd gleicher Höhe einander gegenüber stehenden Gewebshöcker wachsen allmählich zu den Samenanlagen heran, wobei sie den in der Höhe ihres Ursprunges verfügbaren Raum endlich vollkommen ausfüllen, und nun im Kampfe um den Raum einander verdrängen (Fig. 13 A und B); so gerät der eine der wachsenden Körper in den oberen, der andere in der unteren noch leeren Teil des Fachraumes (Fig. 12 A und B), wodurch die zu den Plazenten, die natürlich an ihrem Ursprungsorte in der Mittelquerschnittsebene verbleiben, ziehenden Nabelstränge ihre eigentümliche räumliche Lage erhalten (Fig. 2 B und Fig. 15). Auf diese Weise bildet sich aus dem anfangs indifferenten Fach F_0 (Fig. 13 A) entweder Fachtypus F_1 oder F_2 aus (Fig. 13 B). Erst während dieses zur gegenseitigen Verdrängung führenden Wachstums treten in den Gewebsmassen Differenzierungen auf, was man aus der gegenseitige Lage der einzelnen Teile der oberen und der unteren Samenanlage erkennen kann, selbst dann, wenn man die undifferenzierten Stadien noch nicht beobachtet hat. Wäre nämlich die Differenzierung schon vor dem gegenseitigen Abdrängen und unabhängig von diesem im Gange, dann könnten sich die beiden Samenanlagen desselben Fruchtfaches nicht, wie es tatsächlich der Fall ist

¹⁾ Vgl. Eichlers Diagramm, das in Fig. 17 wiedergegeben ist.

(siehe Fig. 15), zueinander ähnlich verhalten, wie ein Objekt zu seinem von einer Sammellinse in natürlicher Größe entworfenen reellen Bilde, sondern sie wären zueinander in bezug auf eine durch die Fruchtachse und die Karpellennaht gehende Ebene symmetrisch gebaut¹⁾ (Fig. 16 *IA* und *C*). Die räumliche Anordnung der Differenzierung innerhalb der sich ausbildenden Samen wird also keinesfalls durch ihre relative Lage zur apikalen oder basalen Richtung der Fruchtachse bestimmt (siehe Schema Fig. 16 *IA* und *B*), sondern der ursprünglich undifferenzierte Gewebshöcker, der sich zu einer atropen, liegenden²⁾ Samenanlage zu entwickeln im Begriffe ist (Fig. 16 *IIA*), wird durch die engen Raumverhältnisse im Fruchtknotenfach gezwungen, auf- oder abwärts zu wachsen (Fig. 16 *IIB*) und im weiteren Verlauf der Größenzunahme sich sozusagen zu falten (Fig. 16 *IIC*), wodurch zunächst entweder eine aufsteigende oder eine hängende, anatrophe Samenanlage mit dorsaler³⁾ Raphe zustande kommt (Fig. 14 und 15), welche endlich kampylotrip wird.

Da bei der Umbildung des indifferenten Faches F_0 in F_1 oder F_2 kein Grund nachweisbar ist, der die Entstehung des einen oder anderen Typus begünstigte⁴⁾, ist die Wahrscheinlichkeit der Ausbildung beider gleich, also $w_1 = w_2 = \frac{1}{2}$. Die zusammengesetzte Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten bestimmter Typen aller drei Fächer, somit die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines bestimmten Fruchttypus ist also $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$. Enthält eine Frucht beide Fachtypen, so muß notwendigerweise einer derselben zweimal, der andere nur einmal vorkommen, und da es vom mathematischen Standpunkte aus nicht gleichgiltig ist, welches der drei Fächer das ungleiche ist, vom Standpunkte des Naturobjektes aus aber die jeweilige Lage des ungleichen Faches bloß eine andere Orientierung desselben Objektes im Raume bedeutet, ist die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung jedes aus ungleichen Fächern zusammengesetzten Typus der trimeren Frucht, also die Wahrscheinlichkeit für die Ausbildung jeder azyklischen Anordnung, ent-

¹⁾ Abgesehen von der infolge der gegenseitigen Verdrängung eingetretenen Abweichung ihrer Achsen von der ursprünglichen Richtung und von dem durch das Übereinanderwachsen zustande gekommenen beiderseitigen Überschreiten der Symmetrieebene.

²⁾ d. h.: Wachstumsrichtung senkrecht auf die Fruchtknotenachse.

³⁾ Wäre nicht das Hindernis des beschränkten Raumes maßgebend für die Richtung, in welcher unter fortwährender Differenzierung das Wachstum fortschreitet, sondern würde aus innern Gründen die Differenzierung zu einer „Knickung“ der Samenanlagenachse führen, dann würde ein Gebilde von etwa der Gestalt, wie es Fig. 16 *IC* schematisch andeutet, entstehen, also zwei symmetrisch (unter den oben erwähnten Einschränkungen) zueinander liegende Samenanlagen, von denen nur die eine (in der Figur die obere) eine dorsale Raphe hätte, während die andere eine ventrale haben müßte.

⁴⁾ Man könnte vielleicht daran denken, daß die ganz bestimmte Orientierung des trimeren Fruchtknotens innerhalb der zygomorphen Blüte (siehe Fig. 17) die Ursache sei. Dann müßte man annehmen, daß das Septum μ die Tendenz habe, sich symmetrisch auszubilden (Typus 12 oder 21), wodurch notwendigerweise das eine der beiden Septa α und δ symmetrisch, das andere asymmetrisch sein müßte; vollends unerklärlich wären aber die beiden zyklischen Typen, weil bei diesen auch das in der Symmetrieebene liegende Septum μ asymmetrisch gebaut wäre, und das tatsächliche Vorkommen auch dieser Typen zeigt, daß die Zygomorphie keinen Einfluß auf die Ausbildung eines symmetrischen oder asymmetrischen Septums ausübt.

sprechend den drei möglichen Fällen der zyklischen Vertauschung (vgl. Fig. 18) dreimal so groß, also $w_{\square} = w_{\square} = \frac{3}{5}$, die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung einer azyklischen Anordnung (a) überhaupt $w_a = \frac{3}{4}$.¹⁾

Für die zyklische Anordnung (c) behält die Wahrscheinlichkeit den ursprünglich gefundenen Wert, also $w_{\oplus} = w_{\ominus} = \frac{1}{5}$
 $w_c = \frac{1}{4}$.

Sind nun unsere Ansichten über die Ursachen der Ausbildung der vier Fruchttypen richtig, dann müssen in der Natur dreimal soviel azyklische Früchte vorkommen als zyklische, und zwar muß jede der beiden Gruppen zur Hälfte aus positiv, zur Hälfte aus negativ angeordneten Früchten bestehen.

Die daraufhin vorgenommene Untersuchung von mehr als 200 Früchten hat ergeben, daß tatsächlich ungefähr dreimal soviel azyklische Früchte vorkommen als zyklische, und daß auch die beiden Drehrichtungen annähernd gleich stark vertreten sind. (Näheres siehe III. Abschnitt.)

II. Über die Unterschiede der mikroskopischen Bilder von in gleicher Richtung geschnittenen Früchten, die verschiedenen Typen angehören, sowie über die Merkmale zur Erkennung der letzteren.

Aus einem einzigen Querschnitte durch eine Frucht von *Aesculus*, welcher die drei Samen trifft²⁾, läßt sich ohneweiters erkennen, welcher Fruchttypus vorliegt, wofern man nur weiß, ob es sich um die obere oder untere Fruchthälfte handelt und ob man mit der Blickrichtung gegen die Basis oder gegen die Spitze betrachtet. Aus einem einzigen Längsschnitte ist es aber nicht möglich, den Typus einer Frucht festzustellen. Führt man einen Längsschnitt senkrecht auf ein Septum (septumnormaler Längsschnitt, im folgenden als Sn bezeichnet), so erhält man Bilder, wie die in Fig. 5 dargestellten, welche entweder nur die Drehrichtung erkennen lassen (die beiden äußeren Abbildungen), oder nur, ob es sich um eine zyklische Frucht handelt oder um eine azyklische (die beiden mittleren); schneidet man aber senkrecht auf die Richtung einer Naht (suturenormaler Längsschnitt, sn), so erhält man die überhaupt nicht für einen Fruchttypus charakteristische Ansicht eines einzelnen Faches (Fig. 4). Liegt nun eine Längsschnittserie vor, welche etwa mit Sn -Schnitten beginnt (Schnittrichtung AA' in Fig. 19), so folgen nach Passierung der Achse (Richtung BB') sn -Schnitte, welche in der Region CC' das dritte Fach samt den zwei Samen in der Ansicht von innen (Blickrichtung Ss) zeigen,

¹⁾ Ganz ohne reale Unterlage ist im vorliegenden Falle die Bedeutung der zyklischen Vertauschung doch nicht. Solange nämlich der Fruchtknoten im Verbands der zygomorphen Blüte steht, sind ja die drei Septa durch ihre verschiedene Lage zur Symmetrieebene unterscheidbar, wie es schon bei Beschreibung der Fig. 17 angedeutet wurde. Jede der beiden azyklischen Anordnungen kann also tatsächlich in drei verschiedenen Formen auftreten, je nachdem, welches der drei Septa das asymmetrisch gebaute ist, wie auch der konstruktive Weg insgesamt 3×2 azyklische Typen ergab (Fig. 7; vgl. auch die auf andere Weise erhaltene Fig. 21).

²⁾ Natürlich nicht zu oberflächlich, sonst erkennt man nicht, welchem Septum jeder Same angehört, eine Bemerkung, die auch für die Längsschnitte gilt.

und jetzt ist es möglich, aus einem Sn - und einem sn -Schnitt den Fruchttypus zu erkennen. Da es im ganzen vier verschiedene Sn - und zwei verschiedene sn -Schnitte geben kann (Fig. 20), sind acht verschiedene Zusammenstellungen je eines Schnittes der ersten mit einem der zweiten Gruppe möglich. Wie aus jeder derselben der Fruchttypus zu erkennen ist, zeigt folgende Überlegung: konstruiert man zu jedem der vier Sn -Schnittbilder der Fig. 20 den Querschnitt durch das Gebiet der oberen ¹⁾ Samen, so erhält man das in Fig. 21 I oberhalb der Geraden BB' Stehende, während für das unterhalb der Geraden Darzustellende zwei Möglichkeiten vorhanden wären, welche in dem Unterschiede der beiden Reihen der Fig. 21 zum Ausdruck kommen und im Längsschnitte die weiß gelassenen Felder der Fig 21 a ergeben würden. So wird es klar, daß der Typus der Frucht durch zwei zueinander parallele Längsschnitte, einen sn -Schnitt, bestimmt ist, und zwar nach folgender Tabelle:

Septum im Sn -Schnitt	Nabelstrangrichtung im sn -Schnitt
symmetrisch (α oder β): <input type="checkbox"/>	$\left. \begin{array}{l} I-I': - \\ II-IV: + \end{array} \right\}$
asymmetrisch $\left\{ \begin{array}{l} \gamma: - \\ \gamma': + \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{mit der des Sept. gekreuzt: } \bigcirc \\ \text{zu der des Sept. parallel: } \square \end{array} \right\}$

Dasselbe Ergebnis läßt sich auch ohne Konstruktion aus den im I. Abschnitte für die Septum- und Fachtypen gegebenen Ziffernbezeichnung ableiten (vgl. S. 357 und 358)²⁾:

Septum (v. a.) ³⁾	11	12	21	22
Fach (v. i.) ⁴⁾	$- \backslash$	\vee	\wedge	$/ +$
1 III \swarrow I	111 \ominus	121 \square	211 \square	221 \boxplus
2 II \searrow IV	112 \square	122 \boxplus	212 \boxplus	222 \oplus

¹⁾ Siehe Anmerkung 3 auf S. 357.

²⁾ Zur Verdeutlichung ist in der Tabelle jeder Zahl das Charakteristikum des betreffenden Typus beige setzt.

³⁾ Siehe Fig. 5.

⁴⁾ Siehe Fig. 20 II.

III. Statistik.

Zur Ermittlung der relativen Häufigkeit der einzelnen Fruchttypen wurde ein allerdings nicht sehr reichliches, aber immerhin, wie es scheint, ausreichendes Material gesammelt, und zwar dadurch, daß mehrmals nach einem Sturm die abgeschlagenen Früchte aufgelesen und in einem Präparatenglas in Alkohol gelegt wurden¹⁾.

Die Verarbeitung wurde gelegentlich auf folgende Weise vorgenommen: Mit der Pinzette wurde eine Frucht nach der anderen ohne sie auszusuchen, wie es der Zufall gerade ergab, herausgenommen, mit einem Skalpell längs der drei Nähte geöffnet, und die drei zusammengehörigen Fruchtteile²⁾ nebeneinander auf eine ebene Papierunterlage gebracht, so daß untereinander liegende Reihen von je drei zusammengehörigen Fruchtteilen entstanden, die alle in gleicher Weise orientiert waren, nämlich mit der Außenseite aufliegend, so daß dem Beschauer die Innenseite zugekehrt war, und mit der apikalen Seite vom Beschauer weggewendet. Nachdem eine größere Anzahl Früchte auf diese Weise präpariert war, wurde, um einen Fehler beim Zählen vollkommen auszuschließen, das Charakteristikum jedes Fruchtteiles schematisch³⁾ in ein Protokoll eingezeichnet, und erst nach nochmaligem Vergleich der Eintragungen mit den Objekten letztere entfernt; erstere fortlaufend nummeriert, ergaben das Material zur Zählung der bei Erreichung jeder Ordnungsnummer bereits vorgekommenen Vertreter der einzelnen Typen; bei jeder vierten Eintragung wurde das Verhältnis der zyklischen zu den azyklischen Früchten und die Abweichung vom berechneten Verhältnis 1 : 3 bestimmt.

Die an zwei Untersuchungsreihen, welche 104 (I), bzw. 128 (II) Exemplare⁴⁾ umfaßten, vorgenommenen Zählungen ergaben folgende Verteilung der zyklischen ($\overset{+}{c}$ und \bar{c}) und azyklischen ($\overset{+}{a}$ und \bar{a}) Typen:

	I					II				
	$\overset{+}{c}$	\bar{c}	$\overset{+}{a}$	\bar{a}	$c : a$	$\overset{+}{c}$	\bar{c}	$\overset{+}{a}$	\bar{a}	$c : a$
Zahl der gefundenen Exemplare	17	5	42	40	22 : 82	14	16	53	45	30 : 98
Von der Theorie geforderte Mittelwerte	13	13	39	39	26 : 78	16	16	48	48	32 : 96
Abweichungen vom Mittel	+4	-8	+3	+1		-2	0	+5	-3	

¹⁾ Außerdem stand noch für embryologische Zwecke fixiertes Material zur Verfügung, von dem aber erst so wenig verarbeitet war, daß es für statistische Zwecke noch nicht verwendet werden konnte; hiebei wurden, wie nebenbei erwähnt sein mag, bei Längsschnittserien zur Bestimmung des Typus die in Abschnitt II aufgestellten Regeln benützt.

²⁾ „Fruchtteil“ — im Sinne der auf Seite 356, Zeile 8 ff., des ersten Absatzes gegebenen Beschreibung gebraucht.

³⁾ z. B. $\sqrt{\wedge \setminus}$.

⁴⁾ Gesammelt Juni—Juli 1911 (I) und 1912 (II) in Baden bei Wien.

Wie man sieht, ist die Übereinstimmung der gefundenen mit den berechneten Werten recht gut, bloß \bar{c}_1 entfernt sich ziemlich stark vom berechneten Mittel. Diese Ungenauigkeit fällt aber nicht zu sehr ins Gewicht, da sie sicher damit zusammenhängt, daß die Anzahl der beobachteten Fälle noch zu gering ist, um einen genauen Mittelwert zu ergeben. Würde ein insgesamt 10- oder 100 mal so großes Material verarbeitet werden, so würden sich gewiß für das Verhältnis $\frac{+}{c} : \frac{-}{c} : \frac{+}{a} : \frac{-}{a}$ den berechneten Werten 1 : 1 : 3 : 3 ganz nahe kommende Werte ergeben.

Obwohl nun unsere zwei Reihen für eine genaue Bestimmung der Mittelwerte nicht ganz ausreichen, wäre es doch von einigem Interesse, zu erfahren, was ein Beobachter, dem das Gesetz, nach dem sich die relative Häufigkeit der vier Typen richtet, nicht bekannt wäre, und der infolgedessen bloß auf die statistische Verarbeitung angewiesen wäre, über das Verhältnis, in dem die einzelnen Typen zahlenmäßig zueinander stehen, aussagen könnte, wenn ihm vorerst nur das oben besprochene Material zur Verfügung stünde. Er würde zunächst keinen Grund haben anzunehmen, daß die in den Präparatenflaschen aufbewahrten Früchte zwei Beobachtungsreihen angehören, würde feststellen, wie oft jeder Typus in der Gesamtzahl vorkommt und folgende Zahlen erhalten:

$\frac{+}{c}$	$\frac{-}{c}$	$\frac{+}{a}$	$\frac{-}{a}$
31	21	95	85

Aus diesen Zahlen würde er erkennen, daß der azyklische Typus drei- bis viermal so oft vertreten ist als der zyklische, und daß bei jedem der beiden die positive Drehrichtung etwas gegenüber der negativen begünstigt ist. Durch Division durch 31 würde er das Verhältnis erhalten:

$$\frac{+}{c} : \frac{-}{c} : \frac{+}{a} : \frac{-}{a} = 1 : 0.7 : 3 : 2.7,$$

eine Aufschreibung, bei welcher besser als bei den vier ursprünglichen Zahlen ersichtlich ist, daß die Verhältniszahlen für die Häufigkeit der beiden Drehrichtungen desselben Typus einander ziemlich nahe stehen, während jede Verhältniszahl eines azyklischen Typus viel größer als jede eines zyklischen Typus ist. Ein Verteilungsgesetz würde er aus seinen Resultaten vielleicht noch nicht mit voller Sicherheit abzuleiten wagen, sondern er würde das Ergebnis weiterer möglichst zahlreicher Zählungen abwarten¹⁾.

¹⁾ In Kenntnis der Theorie würde man nicht durch 31 dividieren, sondern durch den der Theorie entsprechenden Mittelwert von $\frac{+}{c}$ (= $\frac{1}{3}$ der Gesamtzahl), also 29; dann erhält die Proportion die Form

$$\begin{aligned} \frac{+}{c} : \frac{-}{c} : \frac{+}{a} : \frac{-}{a} &= 1.07 : 0.72 : 3.27 : 2.93 \\ &= (1 + 0.07 : 1 - 0.28 : 3 + 0.27 : 3 - 0.07), \end{aligned}$$

in welcher die empirisch ermittelten Verhältniszahlen um sehr geringe Beträge um die theoretisch erschlossenen pendeln.

IV. Schlußwort.

Die erste Veranlassung zur vorliegenden Abhandlung gab der eigentümliche Eindruck, den Verfasser durch den Anblick von Querschnitten durch *Aesculus*-Früchte gewann, die zum Zwecke entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen hergestellt worden waren. Daß die drei in einem Querschnitte vorhandenen Samen so auf die drei Septa verteilt waren, daß das eine jederseits einen Samen trug, während das zweite ganz leer ausging und nur das dritte, wie man es eigentlich von allen dreien hätte erwarten sollen, nur auf einer Seite mit einem Samen versehen war, erregte den Eindruck einer unerklärlichen Unregelmäßigkeit. Diese hätte aber noch nicht den Anlaß zu weiterem Nachdenken geboten, wenn sie nicht mit Notwendigkeit eine Verschiedenheit des Längsschnittbildes ein und derselben Frucht bedingt hätte, je nachdem auf welches Septum senkrecht der Schnitt erfolgen würde. Außerdem war es ja möglich, daß die Unregelmäßigkeit in anderen Früchten auf andere Weise ausgebildet wäre, was eine weitere Vermehrung der möglichen Längsschnittbilder zur Folge hätte. Es erschien infolgedessen zweckmäßig, vorerst festzustellen, welche verschiedenen Typen vom geometrischen Standpunkte aus überhaupt möglich wären, und welche Querschnitts- und Längsschnittbilder als einem und demselben Typus eigentümlich zusammengehören, um sich davor zu bewahren, bei den im Verlaufe der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung zu erwartenden zahlreichen Schnittserien verschiedene Ansichten gleichgebauter Früchte für verschiedene Typen zu halten und durch die Verwirrung vielleicht zu falschen Schlüssen verleitet zu werden.

Die vorwiegend konstruktive Untersuchung ging von dem ersten beobachteten Querschnittsbilde aus — es war eine negativ azyklische Frucht — und begann mit der Konstruktion der den drei Septen entsprechenden Längsschnittsbilder¹⁾. Aus diesen wurden, wie es in Fig. 21 bezüglich der apikalen Fruchthälfte geschehen ist, die möglichen Formen des Querschnittsbildes konstruiert. Nachdem die theoretische Möglichkeit der vier Fruchttypen und die Unmöglichkeit anderer festgestellt war, wurden bei einer Anzahl von Früchten die Querschnitte geprüft, um zu erfahren, welche von den geometrisch erschlossenen Typen sich auch in der Natur vorfinden, und alsbald waren alle vier gefunden. Hierauf wurden wieder rein konstruktiv die verschiedenen Längsschnittsbilder gesucht, die bei jedem der vier Typen möglich sind; das hiebei geübte Verfahren wurde in verkürzter und vereinfachter Form im II. Abschnitt dieser Arbeit mitgeteilt.

Nachdem nun die räumlichen Verhältnisse innerhalb der *Aesculus*-Frucht klargestellt waren, erhob sich die Frage, was die Ursache sei, daß es zur Ausbildung von vier verschieden gebauten Fruchtformen kommt. Die sich hiemit beschäftigende Untersuchung wurde als I. Abschnitt an den Anfang dieser Arbeit gestellt und ihre Richtigkeit durch statistische Verarbeitung eines so zahlreichen Materials, als zu Gebote stand, nachgewiesen, worüber im III. Abschnitt berichtet wurde.

¹⁾ Es entstanden Figuren wie α , β , γ in Fig. 20, zu denen als theoretisch ebenfalls möglich, wenn auch noch nicht beobachtet, γ' hinzugefügt wurde.

In der Literatur konnten keine den behandelten Gegenstand betreffenden Angaben aufgefunden werden (abgesehen von den morphologischen, in den Handbüchern der systematischen Botanik angeführten Eigenschaften¹⁾, die infolgedessen allgemein bekannt sind und keine Veranlassung zu besonderen Literaturnachweisen bilden).

Die Hauptergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die in der normalen trimeren Frucht von *Aesculus* vorkommenden Samen gehen auf sechs Anlagen zurück, von denen in jedem Fach zwei, jede an einer anderen der beiden Scheidewände entspringend, übereinander angeordnet sind, und durch schräg verlaufende Nabelstränge mit ihren in allen Fächern in gleicher Höhe stehenden Plazenten in Verbindung stehen.

2. Da in jedem Fach die Verlaufsrichtung der Nabelstränge eine zweifache sein kann, sind zwei verschiedene Fach- und vier verschiedene Septumtypen möglich, welche einen vierfach verschiedenen Fruchtbau bedingen.

3. Die beiden Haupttypen des Fruchtbaues, der zyklische und der azyklische, von denen jeder in zwei Nebentypen, einem positiven und einem negativen, vorkommt, stehen zueinander in einem ganz bestimmten Häufigkeitsverhältnis, nämlich 1 : 3, welches sich aus den in Satz 1 angegebenen Bedingungen sowohl auf dem Wege der Konstruktion als auch dem der Berechnung ableiten läßt, und welches sich auch durch Abzählung der bei einer genügend großen Anzahl von Früchten vorkommenden Exemplare jedes der vier Typen ergibt.

4. Diese Übereinstimmung im Verein mit der Tatsache, daß ein der einen Fruchthälfte (apikal oder basal) angehörender Same zu einem der anderen, der an der gleich bezeichneten (+ oder -) Septumseite entspringt, in bezug auf die Mittelquerschnittsebene symmetrisch gebaut ist, beweist, daß die Orientierung der Teile der sich differenzierenden Samenanlage im Raume nicht aus inneren Gründen, sondern durch gegenseitige, mechanische Verdrängung der ursprünglich in gleicher Höhe stehenden Anlagen durch Wachstum im beschränkten Raume zustandekommt.

Die Arbeit bringt (von dem auf Seite 356, Zeile 11/12 und Zeile 16/17, des ersten Absatzes Mitgeteilten abgesehen) keine neuen morphologischen Details. Sie will vielmehr für einige Lagebeziehungen, deren Zustandekommen an sich nicht verständlich ist²⁾, durch Benützung mathematischer Methoden eine Erklärung geben. Die gute Übereinstimmung der a priori gemachten Annahmen mit den a posteriori gewonnenen zahlenmäßigen Ergebnissen spricht mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der gegebenen Erklärung.

¹⁾ z. B. Zahl der Karpelle und Samenanlagen; Übereinanderlagerung der letzteren, von denen eine aufsteigend, die andere absteigend ist; Zygomorphie; Kamyloptropie.

²⁾ Man vgl., was K. v. Goebel in seiner Organographie — S. 800, Anm. 1) — sagt: „Womit hängt es zusammen, daß die Samenanlagen atrop, anatrop, epitrop, apotrop, hängend etc. sind? . . . sind es nur ‚innere‘ Faktoren, welche die Gestaltung bestimmen? Darüber wissen wir nichts, . . .“ Zur Lösung dieser Fragen mag vorliegende Untersuchung einen kleinen Beitrag liefern.

Anhang.

Tabellen und graphische Darstellungen.

Die beiden Tabellen stellen die Auszählung¹⁾ der zwei Beobachtungsreihen dar. Hier wird nur jede vierte Zählung mitgeteilt.

Tabelle I.

Tabelle II.

	+	-	+	-	1)			
	c	c	a	a	0	1	2	3
4	1	1	1	1				+
8	1	1	4	2	-			
12	1	2	6	3				
16	2	2	7	5				
20	3	2	9	6				
24	3	2	11	8	-			
28	3	2	13	10	-			
32	3	2	15	12	-			
36	3	2	18	13	-			
40	4	2	19	15				
44	4	2	20	16	-			
48	4	2	23	19	-			
52	4	2	25	21	-			
56	5	3	26	22				+
60	5	3	28	24	-			
64	6	3	30	25				
68	7	3	31	27				
72	10	3	31	28				+
76	10	4	31	31				
80	11	4	34	31				
84	14	4	35	31				+
88	15	4	36	33				
92	15	4	38	35	-			
96	16	4	40	36				
100	17	5	40	38				+
104	17	5	42	40	-			
108								
112								
116								
120								
124								
128								

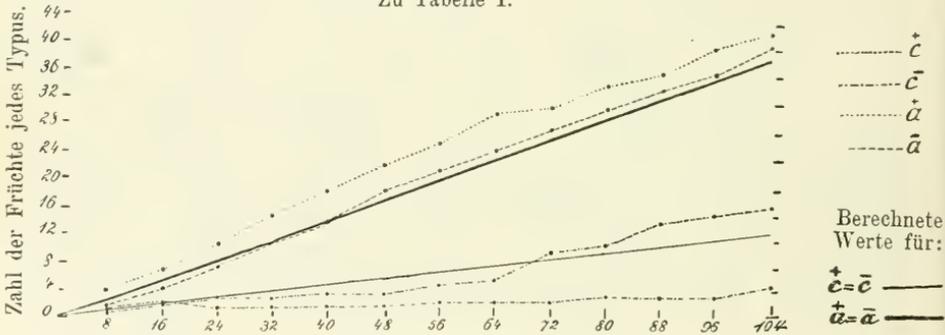
	+	-	+	-	1)			
	c	c	a	a	0	1	2	3
2	0	1	1					+
3	0	1	4					
3	1	2	6		-			
3	1	3	9					+
5	1	4	10		-			
5	1	6	12		-			
6	1	7	14		-			
6	1	11	14		-			
6	1	13	16		-			
7	1	16	16					
7	2	18	17					
7	3	20	18					
7	4	23	18					
7	4	25	20		-			
7	4	29	20		-			
7	6	29	22					+
7	7	30	24		-			
7	7	31	27		-			
7	8	33	28					
7	8	37	28		-			
7	10	38	29					+
8	10	39	31					
8	11	40	33					
8	12	42	34					
9	12	43	36					
9	14	45	36					+
9	14	47	38		-			
9	14	47	42		-			
10	14	49	43					
10	15	52	43					
12	15	52	45					+
14	16	53	45					+

1) Über deren Anstellung siehe S. 363, zweiter Absatz, zweite Hälfte.

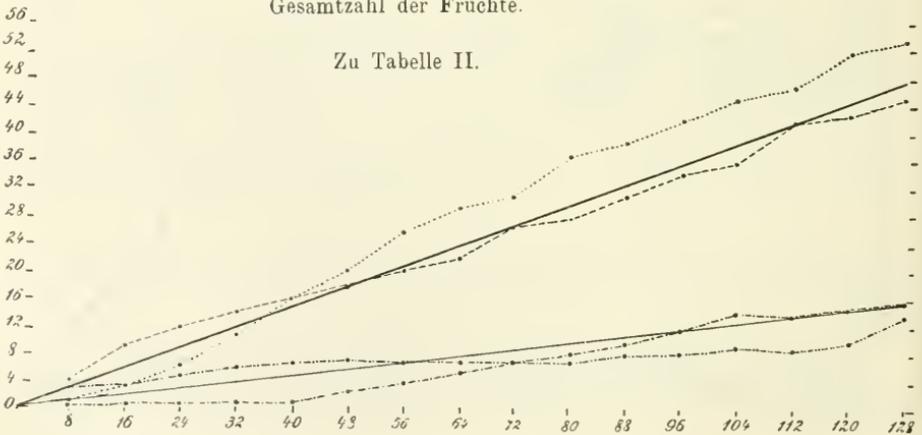
2) Diese Rubrik gibt die Anzahl der zyklischen Früchte in der betreffenden Viergruppe an.

Die jeder Tabelle beigefügte Kurve stellt die Verteilung der dem zyklischen Typus angehörenden Exemplare (ohne Rücksicht auf die Drehrichtung) dar. Da der Rechnung zufolge der vierte Teil der Gesamtzahl zyklischen Bau hat, würden, falls bei einer Beobachtungsreihe diese Bedingung vollkommen zuträfe, bei vollkommen gleicher Mischung unter je vier Früchten eine zyklisch gebaute vorhanden sein. Da in der Natur beide Bedingungen gleichzeitig, besonders bei längeren Reihen, nur selten erfüllt sind, findet auch diese regelmäßige Verteilung nicht statt, aber immerhin hatten in den beiden Beobachtungsreihen fast die Hälfte der Vierergruppen je eine zyklische Frucht (I. : 10 von 26 Vierergruppen; II. : 15 von 32), während die andere Hälfte meistens keine, manchmal zwei oder drei, niemals vier hatte. Die beiden Kurven zeigen, daß die Abweichungen von dem als Ausdruck der Normalverteilung aufzufassenden angegebenen Verhältnis in gleicher Weise im Sinne einer Vermehrung wie in dem einer Verminderung vor sich gehen und sich dadurch als „zufällige“ charakterisieren. Zum Beweis dessen beachte man, wie oft einerseits eine Vermehrung und Verminderung (+ — oder — +) aufeinander folgen, und wie oft andererseits der Fall eintritt, daß mehrmals hintereinander zwei Vierergruppen mit vermehrter (+ +) oder zwei mit verminderter (— —) Anzahl von zyklischen Früchten aufeinanderfolgen.

Zu Tabelle I.



Zu Tabelle II.



Man findet:

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 + - \\
 - +
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} + - \\ - + \end{array}} \right\} 7 \text{ mal} \\
 \text{I:} \\
 \begin{array}{l}
 + + \\
 - -
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} + + \\ - - \end{array}} \right\} 8 \text{ mal}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 + - \\
 - +
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} + - \\ - + \end{array}} \right\} 8 \text{ mal} \\
 \text{II:} \\
 \begin{array}{l}
 + + \\
 - -
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} + + \\ - - \end{array}} \right\} 8 \text{ mal}
 \end{array}$$

Der Wechsel verschiedener und die Folge gleicher Vorzeichen sind also in jeder der beiden Reihen gleich stark vertreten, so daß sie einander gleichsam aufheben und bloß die Verteilung $c : (a + c) = 1 : 4$ (durch die schwach ausgezogene Gerade bezeichnet) als Durchschnitt übrig bleibt.

Die beiden anderen graphischen Darstellungen (S. 368), für die jede achte Zählung beider Tabellen verwendet wurde, zeigen, daß das Verhältnis $\bar{c} : \bar{c} : \bar{a} : \bar{a}$ im Verlaufe der Zählung, bei fortwährender Veränderung der Einzelwerte, annähernd konstant bleibt, und daß die die vier variablen Werte anzeigenden Kurven von den das Verhältnis $1 : 1 : 3 : 3$ darstellenden Geraden (die wegen der Gleichheit je zweier Glieder der Proportion in zwei zusammenfallen) sich niemals weit entfernen.

Wien, im Dezember 1912.

Figurenerklärung.

I. Zu allen Figuren: a und b bezeichnen bei Längsschnitten und Seitenansichten immer die obere (apikale), bzw. untere (basale) Seite des dargestellten Gebildes; MM' einen durch die apikale, NN' einen durch die basale Hälfte gelegten Querschnitt. Die Querschnittsbilder sind immer in der Ansicht von oben gegen die Basis zu gedacht und ebenfalls mit a oder b bezeichnet, je nachdem, ob sie durch die obere oder untere Hälfte der Frucht gelegt sind.

Längsschnitte und Längensansichten sind teils so gezeichnet, wie sie einem in der Achse der Frucht stehenden Beobachter erscheinen würden, teils so, wie sie ein von außen durch die Karpelle hindurch nach innen blickender Beobachter sehen würde, und entsprechend mit v. i. (von innen), oder mit v. a. (von außen) bezeichnet.

F' und S mit entsprechenden Indices bezeichnen Fächer und Septen, und zwar die Septen mit den nebeneinander gestellten Indices der beiden durch sie getrennten Fächer.

Über die Bedeutung der Vorzeichen (+ —) siehe Anm. 1 auf S. 357.

II. Zu den einzelnen Figuren:

Fig. 1. Erkl. s. S. 357, Anm. 1.

Fig. 2. A. Jugendliche Frucht, nat. Gr., vorn in der Mitte eine Naht.

B. Dieselbe Frucht, das vordere Fach (durch Ausschneiden eines Teiles der Wandung mit der Naht) geöffnet, etwas schematisiert.

Fig. 3. Schematische Querschnitte durch die obere und untere Hälfte der in Fig. 2 gezeichneten Frucht.

Fig. 4. Fruchtfach im Längsschnitt, schematisch die beiden Möglichkeiten der Samenverbindung veranschaulichend, v. a.

Fig. 5. Die vier Typen des Septums. (Es ist jederseits auch der zweite, dem gezeichneten Septum nicht angehörige Same samt seinem Nabelstrang dargestellt.) v. a.

Fig. 6. Schematische Querschnitte durch die obere und untere Hälfte der vier in Fig. 5 dargestellten Typen; die den Typus charakterisierenden Samen, von deren gegenseitiger Lage die Konstruktion ausging, schwarz angelegt.

Fig. 7. Konstruktion der zwei Möglichkeiten für die in Fig. 6 (obere Reihe) leer gelassenen Fächer. (Über die Bezeichnung \cdot und \sim siehe Text S. 358 oben.)

Fig. 8. Querschnitte der möglichen Fruchttypen.

Fig. 9 und 10. Fruchtknoten mit aufgeklappt gedachten Karpellen.

Fig. 11. Schematischer Querschnitt durch das Stadium, in dem alle sechs Samenanlagen in derselben Höhe liegen. (Konnte in dem für vorliegende Untersuchung verarbeiteten Material bisher nicht beobachtet werden, weil das jüngste untersuchte Stadium, vom 23. April 1911, das in Fig. 12 dargestellt ist, Samen enthielt, die bereits mit dem größeren Teil ihrer Masse übereinander angeordnet waren. (Vgl. das in Fig. 17 wiedergegebene Diagramm Eichlers.)

Fig. 12. Fruchtknoten einer noch nicht erwachsenen Blütenknospe. (Nach der Natur, schematisiert.)

A. Mittelquerschnitt, die Insertionsstelle aller sechs Samenanlagen zeigend.

B. Querschnitt durch die obere Hälfte desselben Fruchtknotens; die Samenanlagen atrop, aber schon etwas nach aufwärts (in der nicht gezeichneten unteren Fruchtknotenhälfte nach abwärts) gerichtet.

Fig. 13 A und B stellen schematische Längsschnitte durch beide Samenanlagen je eines Faches von Fig. 11 und 12 dar.

Fig. 14. Schematische Zeichnung eines durch den in Fig. 12 B dargestellten Fruchtknoten gelegt gedachten *sn*-Schnittes, ein Stadium darstellend, in dem die atropen Samenanlagen durch das Wachstum im beschränkten Raum sich zu krümmen beginnen und dadurch anatrop werden; die Pfeile zeigen die Wachstumsrichtung längs der Fachwand an.

Fig. 15. Samenanlagen anatrop, nach aufwärts, bzw. abwärts gerichtet, mit dorsaler Raphe. Längsschnitt n. d. Nat.

Fig. 16. I A—C Bildung von Samenanlagen mit sich allmählich etwas schräg stellenden Achsen, unter Annahme einer vor der Verdrängung beginnenden und weder von dieser noch von beengten Raumverhältnissen beeinflussten Differenzierung. In C bei der oberen Samenanlage dorsale, bei der unteren ventrale Raphe.

II A—C den tatsächlichen Verhältnissen entsprechende Differenzierung, deren Richtung durch den beengten Raum in eine die ursprünglich intendierte Richtung stark modifizierende Bahn gelenkt wird, so daß sie sich symmetrisch zur Mittelquerschnittsebene entwickeln. Raphe immer dorsal.

Fig. 17. Diagramm der *Aesculus*-Blüte nach Eichler. Die Symmetrieebene der Blüte geht so durch den Fruchtknoten, daß sie ein Septum und die gegenüberliegende Naht durchsetzt. (In das bekannte Eichlersche Schema wurden Buchstaben eingesetzt; das in der Symmetrieebene liegende Septum ist mit μ , die beiden anderen sind mit α und δ bezeichnet.)

Fig. 18. Schematische Darstellung von drei Fächern zur Veranschaulichung der zyklischen Vertauschung (Permutationen).

Fig. 19. Schema eines Querschnittes durch eine jugendliche Frucht, alle sechs Samen auf dieselbe Ebene projiziert. Die drei punktierten Halbmesser stellen die Mitten der Septa, die drei ausgezogenen radialen Geraden im Perikarp die drei Nähte dar.

Fig. 20. *Sn* Samenanordnung in den septumnormalen Schnitten, v. a.,

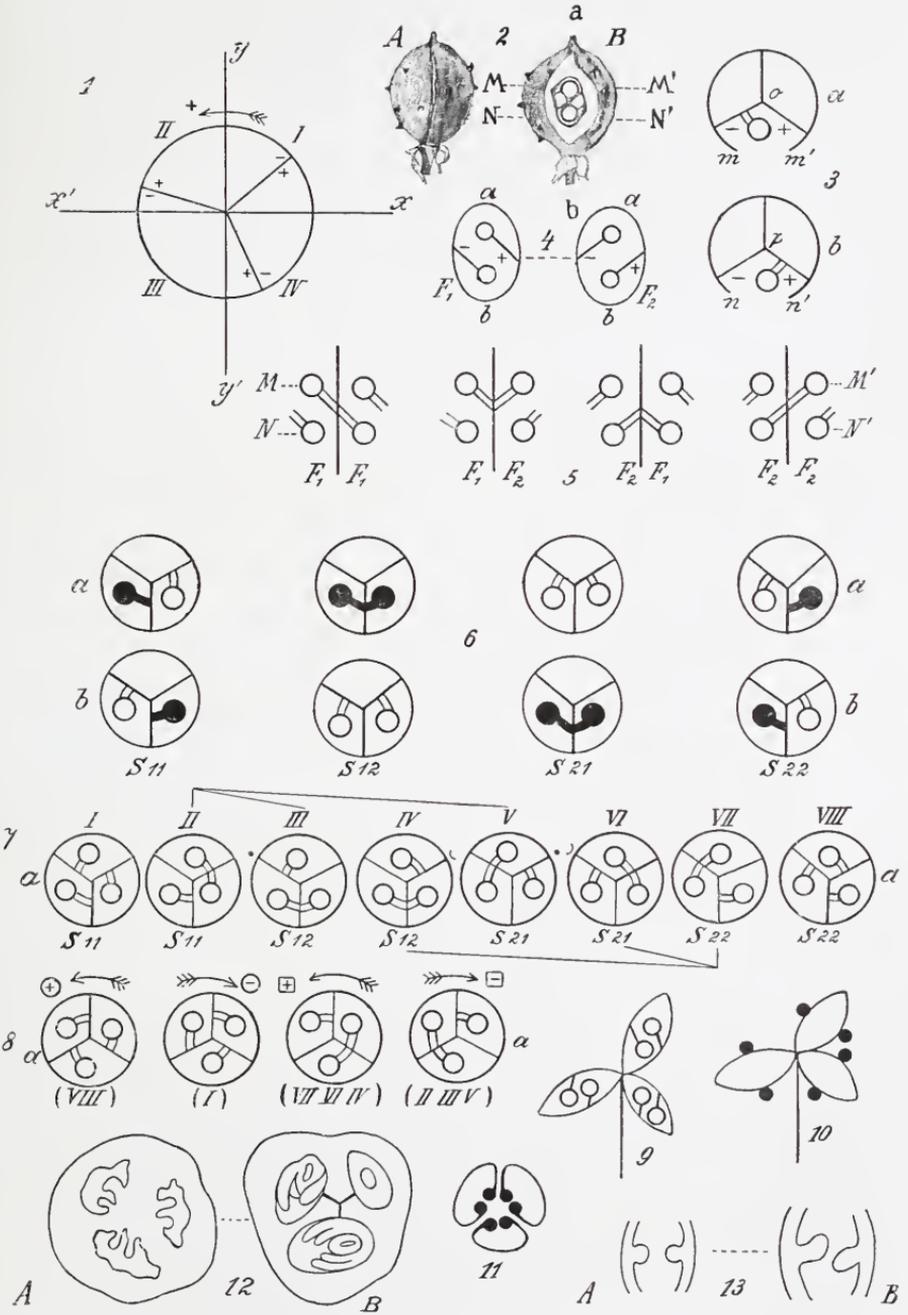
sn in den suturnormalen, v. i.;

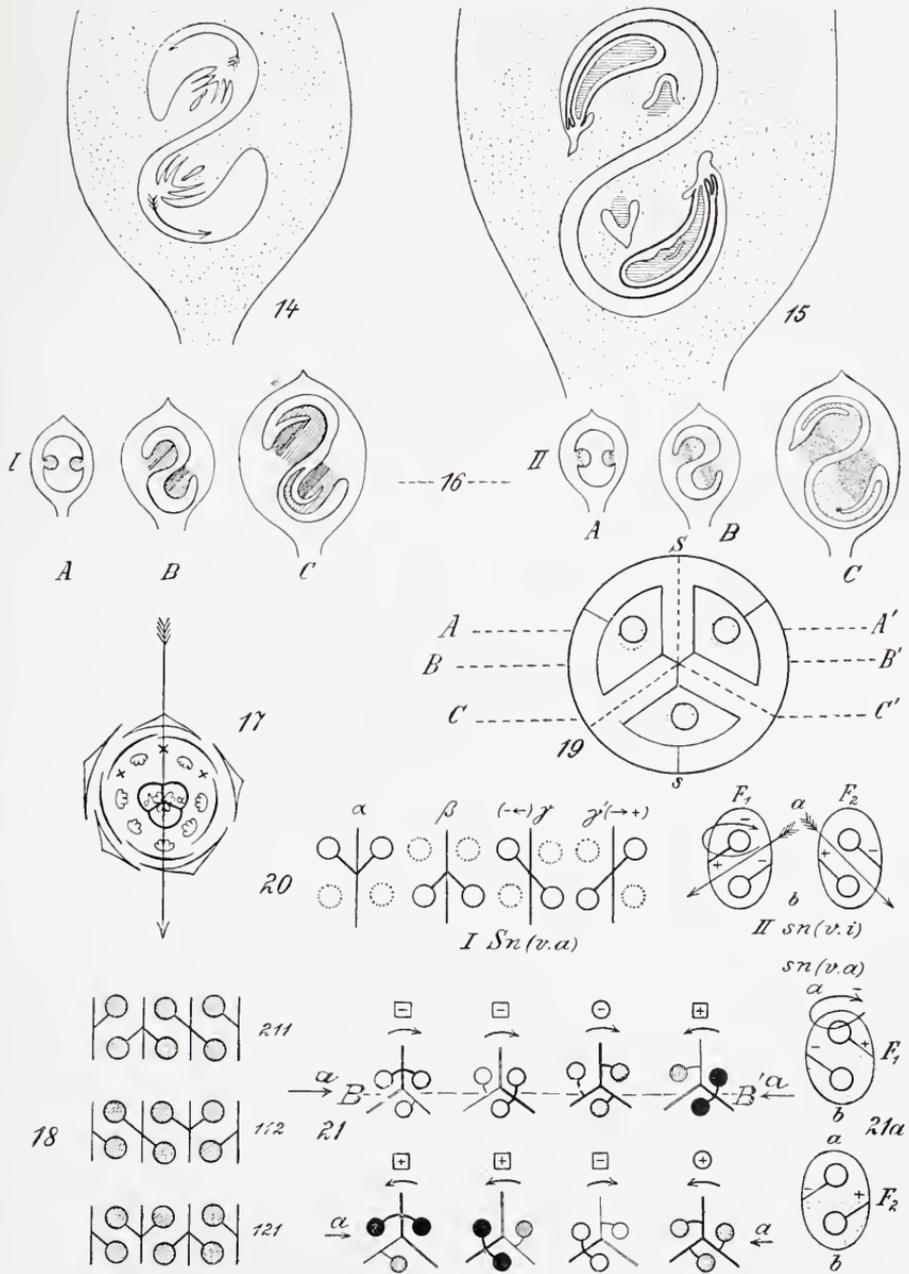
in beiden Fällen ist die Blickrichtung wie *Ss* in Fig. 19. Der Pfeil deutet die Nabelstrangrichtung an, nach einem in den *sn*-Schnitt eingetragenen gedachten Koordinatensystem als I—III, bzw. II—IV bezeichnet. — Die punktiert gezeichneten Samen gehören den nicht senkrecht geschnittenen Septen an, welche das dritte Fach bilden.

Anm. Die Bezeichnung F_1 u. F_2 ist hier scheinbar umgekehrt als in Fig. 4 (u. Fig. 21 a); in der Tat aber handelt es sich um die Betrachtung desselben Gegenstandes aus entgegengesetzter Richtung; Fig. 20 stellt die Fächer dar, wie sie einem innerhalb der Frucht stehenden Beobachter erscheinen würden, während Fig. 4 (und Fig. 21 a) die von außen gesehenen Fächer darstellt. Zum besseren Verständnis ist das Vorzeichen der Wände eingezeichnet. In II F_1 ist das die Pfeilspitze tragende Ende des Bogens in der Zeichenebene, das andere vor derselben zu denken.

Fig. 21. Querschnittsschemata durch die apikale Hälfte der vier Fruchttypen, bei den azyklischen die als zyklische Vertauschungen zueinander gehörigen durch gleiche Darstellung kenntlich gemacht.

Fig. 21 a. Konstruktion der den vier Fruchttypen entsprechenden *sn*-Schnitte, v. i. In F_1 ist das die Pfeilspitze tragende Ende des Bogens hinter, das andere in der Zeichenebene zu denken.





THE HISTORY
OF THE
MAYERS OF THE ISLANDS

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [063](#)

Autor(en)/Author(s): Löwi Emil

Artikel/Article: [Die räumlichen Verhältnisse im Fruchtknoten und in der Frucht von Aesculus in mathematischer Behandlung. 356-370](#)