

Untersuchungen über Atmung und Energie in der Pflanze

von

N. J. C. Müller.

Alle lebenden Pflanzen scheiden im Dunkeln grössere oder kleinere Mengen Kohlensäure aus, welche sie aus ihrem plastischen Material unter Sauerstoffaufnahme bilden. Alle Pflanzen atmen — alle Organismen atmen. Vom Standpunkt der Molekularphysik zwingt diese Wesenheit zu der Vorstellung: In allen Pflanzen müssen Schwingungen der Molekeln herrschen, welche mit der Oxydation einer gewissen Anzahl von Kohlenstoffmolekeln abschliessen. Alle Pflanzen müssen atmen. In allen ausgewachsenen Pflanzenteilen ist das Mass der gesamten Schwingungsenergie aller Molekeln kleiner wie in wachsenden Organen. Es wird aber niemals gleich Null. Schwingungen der Temperatur herrschen, Molekularumlagerungen der Translokation werden vollführt. Eine stete Molekularbewegung ist gefordert als innere Arbeit, zur Vorbereitung der mächtigen Energieäusserung, wie sie in den plötzlich gesteigerten Zuwacherscheinungen in der Frühlingsverjüngung den Sinnen direkt zugänglich wird. Atmung und die Energie in der einen oder andern Form, der potentiellen oder der aktuellen Energie, müssen in direktem Zusammenhang stehen: Ohne Atmung keine Leistung der Energie in der einen oder andern Form.¹ Da der Vorrat ver-

¹ Nachdem die mechanische Theorie der Wärme siegreich in die Physiologie eingezogen ist, muss diese Betrachtung erlaubt sein: Ein höheres Tier besitzt in seinem Körper ein ausserordentlich verwickeltes Organsystem von relativ hoher Eigenwärme, welche stetig erzeugt und stetig verbraucht wird in zahllosen Vorgängen äusserer und innerer Arbeit. Vernichtet als Wärmebewegung wird der kleine Teil, welcher in der Form äusserer Arbeit zum Ausdruck kommt. Bezogen auf den Gesamtvorrat von Wärme im Organismus ist der Umsatz von Wärme in

brennlicher Masse im Pflanzenkörper nur reduziert wird unter Aufwand der Energie des Sonnenstrahles, so stellt die Schwingung im Dunkeln, welche mit der Kohlensäurebildung abschliesst, in ganz sicherem Sinne eine Nachwirkung der Bestrahlung dar; das „Wie“ der Übertragung und die Beziehung der Energiegrösse ist der Vorwurf zu den nachfolgenden Untersuchungen. Der Natur der Sache entsprechend zerfallen diese in zwei Gruppen: Vorgänge in absoluter Dunkelheit und Vorgänge im Licht.

A. Methoden der Messung und Rechnung.

In den nachfolgenden Untersuchungen wurden sechs Rezipienten von der Beschaffenheit der Figur 1 und drei weitere Rezipienten von der Beschaffenheit der Figur 2 angewandt. Das Volum jedes Rezipienten ist genau ausgemessen, die Logarithmen der Volumina in Tabellen festgelegt. Nachdem die Rezipienten die Temperatur des Versuchsraumes angenommen, werden die Pflanzenteile in Reagenscylindern eingesetzt, ein zweites kurzes Reagensrohr nimmt für jeden Rezipienten ein Stäbchen aus gebrannter, nicht glasierter Porzellanerde auf, welches mit 30%iger Kalilauge gesättigt ist. Nach dieser Beschickung folgt $\frac{1}{2}$ Stunde der Ruhe zur Abkühlung auf die Temperatur der Umgebung, sodann das Einsetzen der Glasstöpsel und der Quecksilbersverschluss in der Rinne a (Fig. 1 u. 2). Aus den Ablesungen der Temperatur, des Barometerstandes und der positiven oder negativen Spiegeldifferenz am Manometer M (Fig. 1 u. 2) ergibt sich die Rechnung für das auf 0° C. und 1000 mm Quecksilberdruck reduzierte Gasvolum. Die Rezipienten werden in Pappkästen und durch Überdecken mit schwarzen Tüchern verdunkelt. Nach gegebener, aus dem Barometerstand und der Spiegeldifferenz der Manometer zu bemessender Zeit, wird der Versuch abgeschlossen, mit den Ablesungen von Temperatur, Barometerstand und Spiegeldifferenz.

äussere Arbeit relativ gross, kann aber nur auf grossen Umwegen direkt bestimmt werden. Bei Pflanzen ist der Vorrat der Eigenwärme, wie er in der Temperaturerhöhung über die Temperatur des Mediums zum Ausdruck kommt, ausserordentlich klein. Die Arbeit ist gegenüber dieser Eigenwärme ausserordentlich gross. Die innere Arbeit, Umsatz der Reservemolekel in feste Zuwachsmasse, ist sehr gross gegenüber derselben Eigenwärme. Die Atmungsgrösse kann direkter bestimmt werden wie beim Tier.

Das nach bekannter Formel berechnete Endvolum vom Anfangsvolum abgezogen, ergibt das Kohlensäurevolum, welches in der Versuchszeit durch Atmung der Pflanzenteile produziert wurde.

Vor der Entleerung der Rezipienten werden die Hähne bei b (Fig. 1 u. 2) geschlossen, die Quecksilbermassen aus den Rinnen abgegossen, die Glasstöpsel ausgehoben. Das Versuchsmaterial wird in bereitliegenden Tüten geborgen. Der Versuch schliesst ab mit der Bestimmung des Frisch- und Trockengewichtes der Pflanzen-

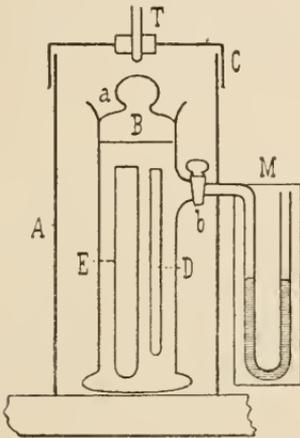


Fig. 1.

A die cylindrische Heizkammer aus Zinkblech mit dem Deckel C, in welchem das Thermometer T eingesetzt ist, darin der Glasrezipient mit dem Tubulus B, dem Manometer M. E der Behälter für die Pflanzenteile, D das Glasrohr, welches das Porzellanstäbchen mit Kalilauge aufnimmt. Sechs solcher Rezipienten sind im Betrieb:
 R_1 cm³ 45, lg V = 1,9777, R_2 cm³ 101, lg V = 2,0048,
 R_3 cm³ 104, lg V = 2,0177, R_4 cm³ 120, lg V = 2,0799,
 R_5 cm³ 99, lg V = 1,9956, R_6 cm³ 109, lg V = 2,0374.

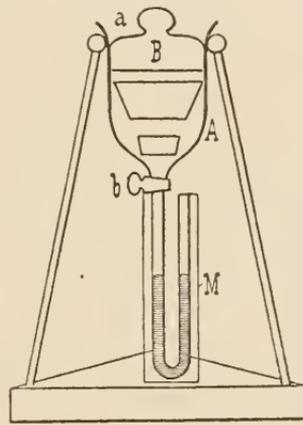


Fig. 2.

Ähnlicher Glasrezipient mit dem Manometer M., in dem Raum A ein Schälchen für die Pflanzenteile und ein solches für die mit Kalilauge getränkten Stäbchen von Porzellanerde. Drei solcher Rezipienten sind im Betrieb:

R_1 cm³ 67, lg V = 1,8261, R_{11} cm³ 64, lg V = 1,8068,
 R_{111} cm³ 66, lg V = 1,8198.

teile und mit der Berechnung des Kohlensäurevolums pro 1 Gramm des Trockengewichtes der untersuchten Substanz und 100 Stunden der Versuchsdauer. Diese letztere Massnahme empfiehlt sich deshalb, um in zahlreichen Differenzversuchen (womöglich) alle Zahlen vor dem Komma ablesen zu können, weil die Dezimalen einen raschen Überblick der Vergleichung nicht so gut erlauben.

1. Definition. Die Atmungsgrösse A (der Tabellen) einer Pflanzensubstanz ist somit bemessen in dem auf 1000 mm Quecksilberdruck und 0° C. reduzierten Volum Kohensäure, welches von 1 Gramm der Substanz (im Trockengewicht) in 100 Stunden gebildet wird, in einem Rezipienten, welcher zu Beginn des Versuchs reine atmosphärische Luft enthielt. Die Atmungsgrösse ist abhängig von der Rassenenergie der Pflanzenart, von der Phase der Entwicklung, als inneren, vitalen Momenten, von der Temperatur und dem Lichte als äusseren Faktoren des Betriebes der vegetativen Prozesse. In den nachfolgenden Tabellen ist das Kohensäurevolum für 1 Gramm des Trockengewichts der angewandten Substanz ausgeworfen. Für viele solcher Volumina ist die Relation des Frisch- zu dem Trockengewichte in dem Koeffizienten $\frac{F}{T}$ angegeben, so dass also alle Daten tabellarisch ausgeworfen sind, um sagen zu können: der Pflanzenteil a der Pflanze A hat die spezifische Eigenschaft, auf ein Gewichtsteil trockener Masse m Gewichtsteile Wasser in die gegebene Form zu bringen und in dieser n Volumteile Kohensäure in 100 Stunden zu bilden. Zu untersuchen ist, wie sich diese Relation bei verschiedenen Pflanzen von den niederen nach den höheren gestaltet, und wie die Energie sich auf dieselbe beziehen lässt.

2. Definition. Schwieriger liegt die Sache in Bezug auf die Energie. Die Bewegung wachsender Pflanzen ist klein, so dass die lebendige Kraft für begrenzte Zeiten der Beobachtung von wenigen Stunden, Tagen, verschwindende Werte ergeben würde. Auch die positive und negative äussere Arbeit ergibt für begrenzte Zeit verschwindende Werte. — Gleichwohl kann definiert werden als Paradigma: Eine Baumknospe befindet sich im Winter im Zustand der potentiellen, vom Beginn der Streckung der Interfolien, im Mai, bis zur Vollendung dieses Vorganges, im Zustand der aktuellen Energie. Will man von dieser mechanischen Definition Abstand nehmen, so lautet die

3. Definition: Die Atmungsgrösse eines Organes (Blatt) oder eines Organkomplexes (Knospe) ist in absoluter Dunkelheit abhängig von der Temperatur, dem Druck und Partialdruck der Gase und von der Phase, in welcher das Organ sich befindet.

Zur Kritik der Methoden und der Rechnung möge hier betont sein, dass nur aus zahlreichen gasometrischen Aufnahmen erst ein Überblick über die Wesenheit der Atmung gewonnen werden konnte. Mit der Methode der Absorptionsröhren (s. Bunsen, Gasometrische Methoden, Braunschweig 1857) würde hier nicht durchzukommen sein. Es waren für eine Vegetationsperiode (Februar bis November) erforderlich gegen 880 Kohlensäureabsorptionen (ebensoviele Bestimmungen des Frisch- und Trockengewichtes). Derartigen Anforderungen konnte nur genügt werden mit Apparaten, welche die zeitraubende Quecksilberfüllung beseitigen. In unserem Apparat bleibt das Volum konstant, der negative Gasdruck ergibt die Basis der Rechnung nach der Formel:

$$V_r = V \frac{P}{1 + \alpha t}$$

worin V_r das auf 1 Meter Quecksilberdruck und 0° C reduzierte Gasvolum, V das Volum des Rezipienten in cm^3 , P den Druck, α den Ausdehnungskoeffizient der Gase und t die Temperatur bedeuten. Die Barometerablesungen waren auf $\frac{1}{2}$ mm, die Temperatur auf $\frac{1}{2} - \frac{1}{10}^{\circ}$ C genau. Für diese und die numerischen Rechnungen der Atmungsgrösse A nach

$$\lg A = \lg c - (\lg Z + \lg \text{Tr}) \cdot 100$$

worin c die Kohlensäuremenge in cm^3 , Z die Zeit in Stunden, Tr das Trockengewicht der ursprünglich frischen Substanz bedeuten, wurden 4stellige Logarithmen (Logarithmen und Antilogarithmen, 2. unveränderte Auflage, Heidelberg 1891) angewandt. Die Revision aller Rechnungen wurde von dem Assistenten an dem Botanischen Institut der Königlichen Forstakademie in Münden, Herrn Forstassessor Ewers ausgeführt. Die Bunsensche Tabelle für die Werte von $1 + \alpha t$ geht in $\frac{1}{10}^{\circ}$ C nur bis 40° C. In den nachfolgenden Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzen bis zur Abtötung bei 55° C., wurden die Werte von $1 + \alpha t$ berechnet. Da in der Pflanzenphysiologie diese Werte eine dauernde Bedeutung haben, so lege ich sie hier im Anhang im Druck nieder.

Als Beispiele für die Bedeutung des Phasenwechsels der Organe mögen hier zwei Versuchreihen an einer und derselben Pflanzenart, die Kartoffel, an die Spitze gestellt werden.

Serie 1.

Kartoffel mit etiolirten Trieben. 25. Mai. Versuchsdauer 3,25 Stunden. T. 16—17° C.

		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ pr. gr. A
R I	die etiolirten Triebe . . .	6,70	0,82	8,172	129,1
„ II	die Knolle	9,35	2,6	3,596	3,196

R 1. An dem Organkomplex „austreibende Kartoffelknolle im Mai“ zeigt der etiolirte Trieb die vierzigfache Atmungsgrösse der für die Ernährung in Mitleidenschaft gezogenen Knolle.

Dasselbe Objekt, am 14. Juni aus dem Acker gehoben, ergibt nach der Zerlegung in die drei Hauptorgane:

Serie 2.

Solanum tuberosum. 14. Juni. Dauer 2 Stunden. T. 20—21° C.

		F	T	$\frac{F}{T}$	A
R I	die jungen Knollen 2—12 mm gross	5,90	0,8	6,247	131,2
„ II	Rhizom und Wurzeln . . .	3,90	0,5	7,800	100,0
„ III	Laub	2,70	0,4	6,570	155,0

R 2. Die jungen 2—12 mm grossen Knollen, mit grosser potentieller Wachstumsenergie, bezogen auf die ausgewachsene Mutterknolle, zeigen über das Vierzigfache der Atmungsgrösse der Mutterknolle, überwiegen Rhizom und Wurzeln. Nur das junge Laub zeigt einen höheren Wert der Atmungsgrösse.

Bei der Auswertung von A, bezogen auf T, das Trockengewicht, kommen bei einigen Objekten Widersprüche zu Tage, welche in der Natur solcher Objekte begründet sind.

4. Definition. Ein gegebenes Aussaatobjekt, Same der Kresse, Frucht der Birke u. s. f. die kleinen Sämereien, ist so beschaffen, dass die Embryonen mit allen ihren Organen: Kotyledonen, Keimaxe, Keimwurzel, rasch in die aktuelle Wachstumsenergie eintreten, und dass die Organe ein höheres Gesamtgewicht aufweisen gegen-

über den nicht oder nur schwach atmenden Hüllen (Integumenten, Fruchtschalen). Bei der Auswertung von T und A kommt ein hoher Wert von A zu Tage gegenüber keimenden Samen, in welchen die Kotyledonen, bei grossem Gewicht, in der ersten Keimphase sich nur wenig an der aktuellen Energie und Atmung beteiligen (Eichel):

Serie 3.

Als Beispiele für die Bedeutung des Gewichtes in der Rechnung.

Versuche: Ende Februar bis Mitte März.

Dauer St. M.	T ° C.	Fr G	T G	CO ₂		R	Tg:Fg	A
4 30	15-17		0,6	4,18	Lepidium sativum, keimende Kresse; Länge der Pflänzchen 3—10 mm.	1		154,80
9 20	15-16	7,00	2,95	1,07	Keimende Eicheln; 3 St.; aus der Schale nur die Wurzel 12 mm.	II	2,373	3,888
9 30	15-16	0,60	0,20	0,85	Spitzahorn: 2 St.; wie vorher.	III	3,000	44,74
21 50	15-16	1,05	0,29	2,78	Fichte: 30 St.; Keimling 24 mm.	2	3,621	43,90
31 —	15-16	0,36	0,03	0,27	Birke; 60 St.; Keimling 15—20 mm.	1	12,28	29,03
20 30	14-17	0,55	0,23	1,96	Kiefer: 30 St.; Keimling 8 mm.	2	2,391	41,58
20 20	14-17	1,45	0,65	3,94	Tanne; Wurzeln und Keimstengel.	4	2,230	29,82
11 15	14-16	1,05	0,45	1,15	Fichte; soeben ankeimende Wurzel 1—2 mm.	III	2,333	22,72
32 35	14-18	1,40	0,70	0,99	Tanne; soeben ankeimende Wurzel; 14 St.; Wurzel 3—15 mm.	3	2,000	4,351

R 3. Die ausserordentlich verschiedenen Werte für A von 3,888 cm³ bei der Eichel, 4,351 cm³ bei der Tanne gegenüber Werten wie 22,72, 44,74, 154,80 bei Fichte, Spitzahorn, Kresse, sind begründet in dem Gewichts- beziehentlich Massenverhältnis der Organe, welche nicht oder nur schwach atmen, gegenüber den Organen, welche eine hohe Wachstumsenergie, bei kleiner Masse, aufweisen.

5. Definition. Man könnte bei vergleichenden Untersuchungen die Zahl der Individuen an Stelle des Trocken- oder Frischgewichtes zu Grunde legen, z. B. die Atmungsgrösse vergleichen einer Kiefernadel mit einem Blatt der Paulownia. Das Missverhältnis der Angabe für A würde kein Bild der Energie ergeben. Bis auf wenige Fälle bewährt sich die Trockengewichtsbestimmung. Die Serie 4 veranschaulicht einen solchen Grenzfall:

Serie 4.

Aesculus hippocastanum. Vorzeitig vergilbte und normalgrüne Blätter.

7. Juli. T. 18°. 2 Stunden 50 Minuten.

		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	vergilbte Blätter	3,1	0,65	4,719	62,52
II	normalgrüne Blätter	3,1	0,92	3,370	46,09

Die Berechnung desselben Versuchs für das Frischgewächs ergibt:

I	vergilbte Blätter				14,24
II	normalgrüne Blätter				13,68

R 4. Die normalgrünen Blätter der Rosskastanie zeigen gegenüber den frühzeitig im Juli vergilbenden Blättern einen höheren Wert von A, da der Koeffizient $\frac{F}{T}$ für die vergilbten höher ist, so muss A für dieselben höher erscheinen bei Anwendung des Trockengewichtes. Die Atmungsgrösse der grünen Blätter ist das 1,356fache der vergilbten bei Zugrundelegung von T; sie ist das 1,041fache der vergilbten bei Zugrundelegung von F.

Derartige in der Natur der Differenzen begründete Missverhältnisse kommen namentlich bei Hypertrophieen pathologischer Objekte, Pilz- und Insektenwirkungen zum Ausdruck (s. unten).

B. Versuche in absoluter Dunkelheit.¹

1. Atmung als Temperaturfunktion.

Offenbar müssen in einem Vorgang wie die Keimung alle Molekeln des Embryo Schwingungen unterliegen, welche durch Temperaturzuwachs in ihrer Amplitude vergrößert werden und welche bei höherer Temperatur rascher erfolgen. Dies ist das innere Moment. Andererseits müssen, wiewohl in den Rezipienten weniger Gasmolekeln befindlich sind, bei höherer Temperatur als bei niederer doch mehr Molekelanstöße an das Keimobjekt bei höherer Temperatur erfolgen.

Methode. — Die Rezipienten werden in der oben beschriebenen Weise mit Aussaaten gleicher Aufzucht beschickt und in Orten verschiedener Temperatur, freier Luft, ungeheiztem Zimmer, geheiztem Zimmer, Thermostaten, geschlossen. Bei jedem Rezipient steht ein Thermometer, an welchem die etwaigen geringen Temperaturschwankungen von 10 zu 10 Minuten abgelesen werden. Aus solchen Ablesungen berechnen sich die Temperatursummen in Minutengraden Celsius.

Serie 5.

Weizensaat bei verschiedenen Temperaturen. Dauer 6 Stunden 45 Minuten.

Temp. ° C.	Fr G	Tr G	R	Stück- zahl	Temperatur in ° C Minuten	FrG: TG	CO ₂ cm ³	A
6	2,40	1,07	2	30	2 430	2,295	0,25	2,749
12	2,20	1,11	3	30	4 860	2,000	0,71	9,095
14,5	3,60	1,92	4	50	5 872,5	2,360	1,57	12,27
25	2,25	1,05	6	30	10 125	2,143	1,28	16,65

R 5. Innerhalb der Temperaturgrenzen von 6° und 25° ist für die Weizensaat ein absolutes Maximum von A nicht erweislich. Die Gartenkresse ist das dankbarste Objekt für unsere Versuche. Reservebehälter kommen hier nicht in Betracht, die Keimung ist gleichmässig, der Verlust im Keimprozent verschwindend. Porzellan-

¹ Die Rezipienten stehen im dunkeln Versuchsraum frei oder in Wärmereservoir, in beiden Fällen mit 5–6 Lagen schwarzen Shirting's bedeckt.

stäbchen, mit Wasser getränkt und benetzt, von der Länge der Rezipienten, nehmen die in Streifen auf eine elastische Papierunterlage gestreuten Samen rasch an und bilden in befeuchtete Reagenscylinder gestellt das Keimbett:

Serie 6.

Kressensaat bei verschiedenen Temperaturen.

Temp. ° C.	Dauer St. M.	Tr G	R	Temperatursumme = Celsiusgrad Minuten	A
10,5	6 —	0,054	1	3 780	58,64
12—16	6 —	0,14	2	4 860	63,10
14—18	6 —	0,21	3	5 740	539,60
36—40	5 30	0,14	6	10 990	224,70

R 6. Bei der keimenden Kresse kommt bei 18° der ausserordentliche absolute Maximalwert von 539 cm³ zum Ausdruck.

2. Absolute Maximalwerte der Atmungsgrösse

bei Temperaturen bis 38° C.

Methode der Erwärmung. — In einem geräumigen Holzkübel werden die mit den Pflanzensubstanzen beschickten Rezipienten 12 Stunden lang in Wasser von gewöhnlicher Temperatur vorgewärmt. Sodann erfolgt die erste Ablesung der Temperatur, des Barometers und der Rezipientenmanometer. Es folgt die Versuchsdauer, die zweite Ablesung und hieraus die Rechnung. Sodann wird angewärmtes Wasser zugemischt. Nach zwei Stunden, während welcher die Glashähne der Rezipienten ausgehoben waren, erfolgt die erste Ablesung, die Versuchsdauer, die zweite Ablesung des zweiten Versuches und die Rechnung u. s. f. In den nachfolgenden Tabellen ist Anfangs- und Endtemperatur F , T , $\frac{F}{T}$ und A ausgeworfen.

6. Definition. — Tote Blätter der Buche aus dem vorigen Jahr unterliegen im nassen Zustand der Verwesung und scheiden dabei Kohlensäure aus. Die Verwesung ist jedenfalls Folge der vegetativen Thätigkeit von Verwesungserregern aus der Gruppe der Pilze. Die lebenden Buchenblätter atmen und scheiden Kohlensäure aus. Wie verhalten sich die Atmungsgrössen der beiden?

Serie 7.

Buchenstreu, nass. $F = 160,0$, $T = 3,20$, $\frac{F}{T} = 5,00$.

Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A	Temp. Mittel ° C.
17,8–18	0,13	2,571	17,63
22,1–23,1	0,29	6,877	22,33
25,6–26,5	0,42	11,32	25,88
30,5–33,2	0,53	9,979	31,51

R 7. — Der gefundene Maximalwert von A liegt für das tote verwesende Blatt bei 25° C mit 11,32 cm³.

Serie 8.

Lebende Buchenblätter im Juli. $F = 3,90$, $T = 1,60$, $\frac{F}{T} = 2,44$.

Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A	Temp. Mittel ° C.
17,8–18	0,18	11,87	17,63
22,1–23,1	0,85	23,44	22,33
25,6–26,5	0,84	45,25	25,88
30,5–33,2	1,86	70,03	31,51

R 8. — Die lebenden Buchenblätter ergeben den Maximalwert für A bei 31° C mit 70 cm³, die Versuchsreihe entscheidet nicht, ob dieser Wert der absolute Maximalwert ist.

Serie 9.

Picea excelsa, laufendjährige Nadeln. $F = 12$, $T = 4,5$, $\frac{F}{T} = 2,667$.

Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5–13	0,26	2,889	12,9
17,8–18	0,44	6,189	17,63
22,1–23,1	1,11	12,33	22,33
25,6–26,5	0,93	17,81	25,88
28,9–30	1,18	22,60	29,41
30,5–33,2	2,46	32,94	31,51

R 9. — Bei derselben Temperatur 31° C zeigen die Fichtennadeln den Wert 32,94 cm³; wie vorher ergibt die Reihe nicht, ob hier das absolute Maximum erreicht ist.

Serie 10.

Nerium Oleander, Laubblätter. F 10,10, T 2,60, $\frac{F}{T}$ 3,885.

Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	0,05	0,9616	12,9
17,8—18	0,15	3,651	17,63
22,1—23,1	0,46	8,847	22,33
25,6—26,5	0,23	7,625	25,88
28,9—30	0,69	22,61	29,41
30,5—33	1,54	35,68	31,51

R 10. — Bei der höchsten Temperatur 31,51° C, das Maximum wie vorher mit 35,68 cm³.

Serie 11.

Fraxinus excelsior, Zweige in voller Kambialthätigkeit ohne Blätter.

F 17,70, T 4,80, $\frac{F}{T}$ 3,688.

Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	1,83	19,06	12,9
17,8—18	2,90	38,23	17,63
25,6—26	2,26	40,59	25,88
28,9—30	1,75	31,45	29,41
30,5—33,2	1,19	14,94	31,51

R 11. — Das absolute Maximum liegt bei 25,88° mit 40,59 cm³. Bei 31° C. werden noch 14,94 cm³ produziert.

Serie 12.

Keimende Erbsen, Pisum sativum. F 12,9, T 5,40, $\frac{F}{T}$ 2,389.

Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	1,55	11,30	12,9
22,1—23	2,10	19,45	22,33
25,6—26,5	1,28	20,43	25,88
28,9—30	1,42	22,67	29,41
30,5—33,2	1,32	14,72	31,51

R 12. — Auch hier ist das absolute Maximum erzielt bei 29,41° C mit 22,67 cm³.

Serie 13.

Versuch II; 25. Juli.

R	F	T	F T	M 18,65° C.		M 25,65° C.		M 34,90° C.		M 38,65° C.		M 17,6° C.				
				CO ₂ cm ³	A											
1	Zea Mays, Blätter . .	9,70	1,60	6,063	0,39	24,38	1,19	74,37	1,18	73,75	1,22	76,26	1,97	123,1	0,80	37,58
2	Castanea vesca, Blätter	10,40	3,20	3,250	1,36	42,50	0,97	30,32	1,72	53,75	2,20	68,76	2,72	85,02	2,28	53,57
3	Vitis vinifera, „	8,40	2,20	3,819	0,93	1,363	1,12	50,91	1,48	67,28	1,81	82,28	3,19	145,0	1,57	53,65
4	Ampelopsis, junge be- blätterte Zweige . .	11,20	1,25	8,960	1,40	112,0	2,40	192,0	2,40	207,2	1,99	159,20	0,90	71,99	2,82	109,5
5	Cucurbita, Blätter . .	10,50	1,24	8,468	0,68	54,84	1,42	114,5	2,13	171,8	2,33	187,90	3,14	253,2	1,21	73,36
6	Quercus pedunculata, Blätter	7,60	2,45	3,101	0,43	17,55	1,17	47,75	2,45	100,0	2,40	97,95	0,44	17,96	2,15	65,97

R 13. Bei allen Versuchsobjekten zeigt sich am Schluss, bei dem Übergang von der Maximaltemperatur 38,65° C nach der niederen Lufttemperatur von 17° C die Atmung nicht sistirt.

Die Versuchsreihe ergibt absolute Maxima für

Quercus pedunculata, Blätter . . bei 28° C mit 100 cm³ für A

Ampelopsis quinquefolia, Zweige . bei 28° C mit 192 cm³ „ „

Bei allen anderen ergeben die Maximalwerte nicht absolute Maximalwerte. Der höchste Wert liegt somit bei 38,65° C für den Kürbis 253 cm³ für A, Rebe 145, Mais 123, Kastanie 85 cm³.

Die Nachwirkung des Genusses hoher Temperatur in der Temperatur des Schlusses äussert sich in den höheren Werten gegenüber der Anfangstemperatur.

Den wissenschaftlich grössten Wert darf die Ampelopsisreihe beanspruchen, weil hier in den jungen Trieben die grössere potentielle Energie herrscht (vgl. die nächste Serie.)

3 Atmung

bei Temperaturen von 40 bis 50° C und Tod.

Methode der Anwärmung. Die sechs Rezipienten wurden mit sechs verschiedenen Pflanzenarten beschriftet und in Blechbehältern¹ in warmer Luft von 40° während 12 Stunden vorgewärmt. Sie wurden mit den Pflanzen und dem Absorptionsmittel beschriftet, vormittags um 7 Uhr. Um 8 Uhr 15 Minuten erfolgte die erste Ablesung, eine Stunde später die zweite Ablesung. Von 9 Uhr 15 Minuten bis 10 Uhr wurde die Temperatur auf 42–50° C gesteigert, um 10 Uhr erfolgte die dritte Ablesung der Drucke. Die Rezipienten blieben bei den Schlusstemperaturen bis 1 Uhr nachmittags geöffnet, so dass von neuem Atmosphäre eintreten und angewärmt werden konnte. Um 1 Uhr erfolgte die vierte, um 2 Uhr 40 Minuten die fünfte Ablesung. Aus diesen fünf Ablesungen berechnen sich drei reduzierte Gasvolumen, für gebildete und absorbierte Kohlensäure und hieraus die Atmungsgrößen. Hienach blieben die Rezipienten dem Erkalten überlassen bis 5 Uhr 30 Minuten, es erfolgte die Neufüllung mit Atmosphäre, die erste Ablesung, und nach 13 Stunden, für welche die gewöhnliche Temperatur von 19,5–20° C herrschte, die Schlussablesung.

¹ Hier handelt es sich um obere Temperaturen 20°–40°–50° C. Da ein mehrkammeriger Thermostat mit der Selbstregulierung, welche ein einkammeriger zulässt, nicht existiert, wurde zu dieser nicht selbst regulierbaren Vorrichtung ge-griffen: Zu jedem der Gasrezipienten gehört eine Deckelkammer aus Zinkblech (Fig. 1), in welche der Rezipient eingesetzt wird. Ein Schlitz an der Seite der Zinkblechkammer erlaubt, dass das Manometer nach aussen freibleibt und abgelesen werden kann. Der Deckel trägt in einem Tubulus das Thermometer. Über dem Bunsenbrenner ruht auf einem Dreifuss eine kreisförmige Metallplatte (Fig. 3) mit sechs Strahlen, welche in gleiche Flächenteile geritzt sind; auf jeden der Plattenstrahlen wird ein Rezipient gestellt. Steigert man für jeden die Entfernung von der zentralen Heizfläche, so erhält man mehr oder weniger gradweise sinkende Temperaturen, welche zur Berechnung der Minuten-Celsiusgrade in Tabellen festgelegt werden.

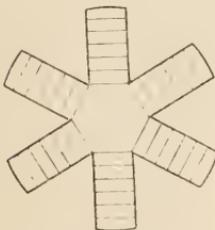


Fig. 3. Metallheizplatte für die Rezipienten der Fig. 1.

¹/₂₀ nat. Grösse.

Serie 14.

Ampelopsis quinquefolia (Rez. 5), die jungen beblätterten Stämme. Sie sind unter den sechs Objekten das einzige, welches noch potenzielle Zuwachsendergie für die Längsstreckung aufweist. F 9,3. T 1,15, $\frac{F}{T}$ 8,087.

	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3 225	43	
2. „	60	2 610	44,5	289,6
3. „	45	1 867	43	278,3
4. „	180	7 470	43	
5. „	100	4 350	45	44,13
Schluss . .	780	15 366	20	6,55

R 14. — Das absolute Maximum von A ist 289 cm³ bei 44,5° C. Das Zurückgehen auf 44 und bei gewöhnlicher Temperatur am Schluss auf 6,55 deutet den Tod an.

Serie 15.

Solanum tuberosum, das Laub. F 10,20, T 1,3, $\frac{F}{T}$ 7,668.

R ₁ Kartoffel	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3 037,5	42	
2. „	60	2 682	51	198,5
3. „	45	2 340	52	0
4. „	180	9 450	52	
5. „	100	5 370	55	26,31
Schluss . .	780	15 366	20	4,616

R 15. — Das absolute Maximum bei 51° C mit 198,5, das plötzliche Sinken von A bei 52° und der geringe Wert am Schluss von 4,616 cm³ deuten den Tod an.

Serie 16.

Vitis vinifera, das Laub. F 10₂, T 2,2, $\frac{F}{T}$ 4,531.

3 Vitis vinifera	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3 112	43	0
2. „	60	2 586	44	0
3. „	45	2 079	47	87,24
4. „	180	8 130	48	
5. „	100	4 640	46	10,93
Schluss . .	780	15 366	20	0

R 16. — Das Reblaub zeigt bei 47° C. das absolute Maximum mit 87,24 cm³ für A. Der Wert in der Schlussablesung bedeutet den Tod.

Serie 17.

Castanea vesca, das Laub: F 12,3, T 3,5, $\frac{F}{T}$ 3,572.

2 Kastanien	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3060	43	
2. „	60	2688	48	58,86
3. „	45	2182	49	16,64
4. „	180	8640	49	
5. „	100	4820	49	29,32
Schluss . .	780	15 366	20	3,033

R 17. — Der absolute Maximalwert für A ist 58,86 cm³ bei 48° C, der geringe Schlusswert deutet die Abtötung an.

Serie 18.

Betula alba, das Laub: F 10,2, T 3,6, $\frac{F}{T}$ 2,833.

6 Betula	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	2895	43	
2. „	60	2436	42,5	36,70
3. „	45	2092	51	43,70
4. „	180	9180	52	
5. „	100	5350	55	16,14
Schluss . .	780	15366	20	0

R 18. — Der absolute Maximalwert bei 51° C mit 43 cm³ für A, der Wert 0 am Schluss bedeutet den Tod.

Serie 19.

Cucurbita Pepo, das Laub: F 10,00, T 1,1, $\frac{F}{T}$ 9,090.

4 Cucurbita	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	1960	42	
2. „	60	2710	45	2,20
3. „	45	1957	44	36,50
4. „	180	8190	46	
5. „	100	4570	47,5	53,65
Schluss . .	780	15366	20	0

R 19. — Erst bei 47° C liegt der absolute Maximalwert mit 53,65 cm³ für A. Die Schlussablesung ergibt den Tod.

Generalresultat: Auf den Wert der Ampelopsisreihe in der Serie 13 wurde oben hingewiesen. Auch hier in Serie 14 sind die Maxima bei höchster Temperatur die absolut höchsten, bezogen auf alle übrigen Versuchspflanzen. Keine der Versuchspflanzen, welche beiden Serien, der Serie 13 und der zuletzt vorgelegten,

gemeinschaftlich sind, hat in den obersten schädlichen Temperaturen die Maximalwerte der Serie 13 erreicht. Der Tod ist durch die Schlussablesung 0 cm³ erreicht bei:

Cucurbita Pepo mit 47,5° C

Betula alba „ 55° C

Vitis vinifera „ 46° C

Bei den übrigen wurde eine so minimale Atmungsgrösse gefunden, dass der Tod angedeutet erscheinen muss.

4. Atmung als Funktion des Gasdruckes und des Partialdruckes des Sauerstoffes.

Der Vorwurf für diese Versuche ist: die Temperatur der Rezipienten und des Gases soll absolut konstant sein, und es soll der Druck des Gasgemisches (Atmosphäre) gradatim gesteigert oder ebenso gemindert werden. Es soll die Atmungsgrösse eines gegebenen Versuchsobjektes als Funktion der Druckänderung dargestellt werden. In dieser Forderung liegt eine theoretische Unmöglichkeit. Die Temperatur kann nicht konstant bleiben, weil die Atmungsgrösse sich ändert und eine Temperaturschwankung der Gase herbeiführt, welche nach den Medien des Thermostaten so ausgeglichen wird, dass sie sich der Messung entziehen muss. Die praktischen Schwierigkeiten liegen in der Gaszufuhr und der Abführung der zu analysirenden Atmungsgase. Die zwei jetzt folgenden Versuchsreihen beschränken sich auf die Bestimmung von A bei Drucken, welche höher sind wie der Barometerstand und dadurch sinken, dass die pflanzlichen Versuchsobjekte den Sauerstoff des Rezipienten in Kohlensäure umsetzen, welche in den Kalilaugestäbchen absorbiert wird und auf die Bestimmung von A bei Drucken, welche vom Barometerstand ab unter denselben Umständen allmählich sinken.

Für die Serie 19 wird zu diesem Behuf an einer weiteren Glasröhre, welche, am einen Ende zugeschmolzen, als Rezipient für das pflanzliche Versuchsobjekt und die Kalistäbchen dient, ein U-Manometer angebracht, in welchem das Quecksilber aufgefüllt wird bis zum Gesamtdruck von 980 mm.

Für die Serie 20 wird an einen der Rezipienten (Fig. 1), ein Steigrohr angebracht, welches in einem Quecksilbernäpfchen endet.

Serie 19 A.

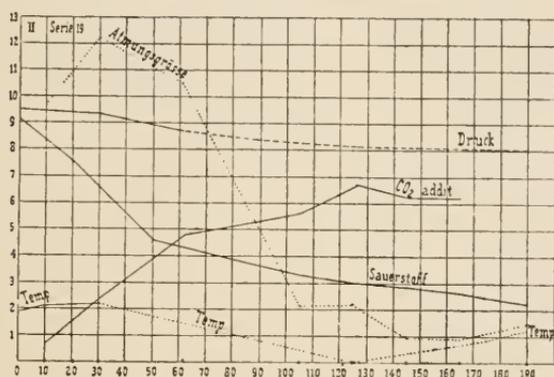


Fig. 4. Kurvenschar für die Serie 19.

In Millimeter-Koordinaten wurde von 0 links nach rechts die Zeit eingetragen: 60 Minuten gleich einem Millimeter. Die Ordinaten für den Druck: ein Centimeter Quecksilber gleich einem Millimeter; für die Atmungsgrösse ein Kubikcentimeter Kohlensäure gleich einem Millimeter; für den Sauerstoff ein Kubikcentimeter gleich 10 Millimeter; für die Kohlensäure $\frac{1}{10}$ Kubikcentimeter gleich einem Millimeter. Für die Temperaturkurve wurde die Temperatur 19° C die niederste, welche vorkommt, in die Abscissenaxe gelegt; die Ordinaten bedeuten die $\frac{1}{10}^{\circ}$ C über 19° C. Die Konstruktion auf $\frac{1}{2}$ photographisch reduziert bildete die Vorlage für die Abbildung.

Atmung bei einem Druck, welcher höher ist wie der Barometerstand; 3. August.

Dann mehrere Tage Temp. 20° C bis 19° C.

Drei Ampelopsissprosse 15 cm lang, F 5,5, T 0,7281, Volum des Rezipienten $53,10$ cm³.

Beginn: Dienstag, den 3. August 3 Uhr 30 Minuten nachmittags.

Schluss: Donnerstag, 5. August 6 Uhr vormittags.

Druck	Zeit fortlaufend in St. Min.	Zeit- intervall in Min.	Sauerstoff cm ³ im Rez.	Temp. ° C	CO ₂ cm ³	A
980	0 0	0	9,151	20,9	0	0
966	1 0	60	8,431	21,1	0,72	98,88
948	2 5	65	7,551	21,0	0,88	111,90
934	3 0	55	6,741	21,2	0,81	122,30
881	6 10	190	4,331	20,5	2,41	104,70
839	13 30	440	3,401	19,5	0,93	21,94
831	15 30	120	3,071	19,0	0,33	22,67
829	17 30	120	2,911	19,4	0,16	10,98
827	19 40	130	2,771	19,7	0,14	8,90
826	22 10	150	2,591	20,3	0,18	9,89
824	24 45	155	2,261	20,7	0,30	15,97
812	38 30	925	1,731	19,6	0,53	5,294

Der Rezipient enthält jetzt nur noch $1,731 \text{ cm}^3$ Sauerstoff. Die Atmungsgrösse ist auf $5,294 \text{ cm}^3$ gesunken. 22 Stunden später ist dieselbe auf $0,009365$, der Sauerstoff auf $1,581 \text{ cm}^3$ gesunken (5. August). Der Apparat blieb in diesem Zustand bei diffusem Tageslicht stehen bis zum 17. Oktober, also gegen 73 Tage. Das Gas stand jetzt unter 70 mm positivem Druck über dem Barometerstand, welcher 761 mm betrug, der Gesamtdruck somit 831 mm Quecksilber bei 11° C . Die Volumbestimmung ergibt keine Kohlensäureproduktion, dagegen die für 73 Tage verschwindend klein zu nennende Menge an Gaszuwachs von $1,45 \text{ cm}^3$.

In der graphischen Darstellung (Fig. 4) bedeutet die Abscissenaxe die Zeit. Die Ordinaten sind der Druck, die Atmungsgrösse, der Sauerstoffgehalt im Rezipienten die additiven Kohlensäuremengen im Rezipienten, und die Temperaturen über 19° C in $1/10^\circ \text{ C} = 1 \text{ mm}$.

R 20. — Bei dem Aufschieben von über 200 mm Quecksilber über den Barometerstand, unter welchem die Pflanzenteile zu respiriren gewohnt waren, muss zuerst eine höhere Gasabsorption

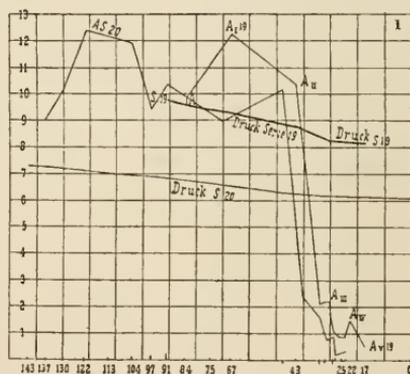


Fig. 5. Kurvenschar für die Versuche der Atmung bei sinkendem Druck.

Die beiden Versuche Serie 19 A und 20 (des Textes) haben die gemeinschaftliche Abscissenaxe. In dieser wurden von 0, rechts nach links die Sauerstoffmengen eingetragen in Millimeter-Koordinaten: $1/10 \text{ cm}^3$ Sauerstoff = 1 mm . Der Druck ist in den Ordinaten 1 cm Quecksilber = 1 mm . Die Atmungsgrösse $1 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$ = 1 mm . Die Konstruktion wurde auf $1/2$ photographisch reduziert.

in den atmenden Geweben stattfinden. Die Atmungsgrösse wächst im Beginn des Versuches, wie die Kurve in Fig. 4 zeigt. Sie sinkt langsam, bis zu einem bestimmten kleineren Sauerstoffgehalt des Gasgemisches, um plötzlich abzusinken auf sehr kleine Werte, welche in unserer Kurve noch absolute Funktionsmaxima und -Minima

zeigen, die auf die Temperaturschwankung zurückgeführt werden können. Das absolute Maximum der Atmungsgrösse ist gleichwohl hier nicht höher wie in der Serie 20, in welcher ein um 200 mm niedriger Anfangsdruck herrschte. Die rasche Herabminderung der Atmungsgrösse erfolgte (vgl. Figur 4 und Tabelle Serie 19 A), nachdem der Sauerstoffgehalt in dem Rezipienten von 9,151 cm³ auf 4,331 cm³ gesunken, also bei der Hälfte des gewohnten Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre. Noch deutlicher wird dies in dem Vergleich der zwei Kurvenscharen in Figur 5 (s. vorhergehende Seite), in welcher die Abscissenaxe den Sauerstoffgehalt der Rezipienten bedeutet. In unserem Versuch ist der Druck nach der Herabminderung des Sauerstoffgehaltes und der Atmungsgrösse immer noch 839 mm Quecksilber, also beinahe 80 mm höher wie der mittlere Barometerstand.

Serie 20.

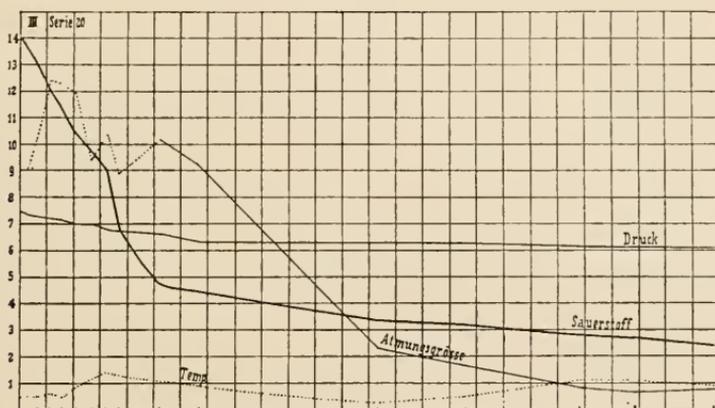


Fig. 6. Kurvenschar für die Serie 20.

Die Konstruktion und Reduktion wie vorher (Fig. 4). Die Konstruktion wurde mit der 14 ten Ordinate abgebrochen.

Atmung bei einem Druck, welcher, niedriger wie der Barometerstand, sinkt.

1. August; Dauer 24 Stunden; T 18,5–19,5° C. Volum des R₂ 101 cm³.

Sechs Stück 15 cm lange Ampelopsissprosse. F 10,5, T 1,393, $\frac{F}{T}$ 7,537.

Beginn: Sonntg., 1. Aug. 3 Uhr 15 nachm. Schluss: Donnerst., 4. Aug. 7 Uhr vorm.

Druck	Zeit fortlaufend in St. Min.	Zeit- intervall in Min.	Sauerstoff cm ³ im Rez.	Temp. ° C.	CO ₂ cm ³	A
743	0 0	0	14,76	18,5	0	0
739	0 19	19	14,36	18,5	0,40	90,86

Druck	Zeit fortlaufend in St. Min.	Zeit- intervall in Min.	Sauerstoff cm ³ im Rez.	Temp. ° C	CO ₂ cm ³	A
732,5	0 45	26	13,74	18,6	0,62	102,8
725	1 15	30	13,05	18,5	0,69	124,7
717	1 45	30	12,20	18,9	0,85	122,0
709	2 15	30	11,37	19,2	0,83	119,1
700	2 55	40	10,49	19,4	0,88	94,84
692	3 25	30	9,76	19,3	0,73	104,8
685	3 55	30	9,14	19,1	0,62	89,0
662	6 25	90	7,01	18,9	2,13	102,0
638	12 05	400	4,87	18,3	2,14	23,06
630	15 30	205	4,05	18,6	0,82	17,26
625	19 45	255	3,47	19,1	0,58	9,79
623	21 45	120	3,28	19,1	0,19	6,82
621	24 45	180	2,94	19,9	0,34	8,13
619	28 45	240	2,83	19,5	0,11	1,97
614	37 15	510	2,46	19	0,37	3,125

12 Stunden nach der letzten Aufnahme wurde der Rezipient im grellen Sonnenschein insolirt (25 Minuten lang), sodann wieder verdunkelt. Nach weiteren 18 Stunden ergibt die Messung: der Kohlensäurezuwachs 0, dafür positiver Gaszuwachs 0,05 cm³, nach weiteren 18 Stunden kommt positiver Gaszuwachs 0,37 cm³.

Der Apparat blieb wie im vorhergehenden Versuch (Serie 19A) bis 17. Oktober stehen. Die Gase stehen jetzt unter dem negativen Druck (Zug) von 154 mm Quecksilber. Bei einem Barometerstand von 761 ergibt diese den positiven Druck von 607 mm Quecksilber. Die Volumbestimmung ergibt für die 73 Tage die verschwindende Menge von 0,90 cm³ positiven Gaszuwachses. Die Kohlensäurebildung ist gleich Null.

R 21. — Im Gegensatz zum Versuch, Serie 19, beginnt der Versuch unter dem Druck der Atmosphäre, den der Pflanzenteil vorher gewohnt war. Eine grössere Absorption von Gasen wie im gewöhnlichen Leben greift hier nicht Platz. Gleichwohl zeigt die Atmungsgrösse in der analogen Kurvenschar (Fig. 6) drei Maxima,

während nur ein Temperaturmaximum vorkam. Der rasche Ab-
sturz der Kurve tritt bei demselben Sauerstoffgehalt $7,1 \text{ cm}^3$ bezogen
auf $14,76 \text{ cm}^3$ (im Anfang) ein.

Noch anschaulicher tritt das Verhalten hervor, wenn in die
Figur 5 von 0 ab nach Links die Sauerstoffmenge in die Abscissen-
axe gelegt, die Atmungsgrösse und der Druck als Ordinaten ein-
getragen werden.

5. Vergleichende Bestimmung der Atmungsgrösse.

Von den Algen bis zu den Phanerogamen sind hier die
Atmungsgrössen vergleichend zusammengestellt. Bei den Bestim-
mungen wurde ein Druckunterschied für die Absorption eingehalten,
welcher 20—30 mm nicht überstieg. Die Fehler, infolge der Druck-
und Sauerstoffschwankung, sind also so klein wie möglich.

I. Algae.

Die Algen können mit Ausnahme der niedersten Chroococ-
caceen, Palmellaceen, Volvocineen u. a. m. in Reinkulturrasen
draussen aufgefunden im feuchten Zustand in Reagensgläsern in
die Rezipienten eingesetzt werden.

Serie 21.

R		$\frac{F}{T}$	A
	März. Dauer 15 Stunden 30 Minuten. T 14 - 18° C.		
6	Oscillariarasen	5,833	178,4
	März. Dauer 5 Stunden 15 Minuten. T 15 - 18° C.		
5	Gr. Flechtengonidien; Baumrinde	2,66	54,10

Es ist leicht einzusehen, dass für alle in Rasen herausgehobene
Algenmassen die Relation des Frisch- und Trockengewichtes eine
geringe wissenschaftliche Bedeutung haben kann, anders liegt
dies mit den Werten der letzten Kolonne, welche sich auf das
Trockengewicht beziehen.

Serie 22.

Spirogyra maxima. 20. Juni. Dauer 9 Stunden 30 Minuten. T. 15,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Fäden im Lot	4,15	0,4	10,14	22,11
3	„ „ horizontal	3,2	0,6	5,33	20,77

R 22. — Der Maximalwert für A ist beträchtlich, 178 cm³.
Der Minimalwert bei Spirogyra 20 cm³.

II. Fungi.

Die hier gewählten Versuchsobjekte sind zum Teil erdbewohnend (saprophyt), wie die Agaricini, ein Teil der Ascomyceten, oder sie sind auf tote Stämme, Rinde, Blätter angewiesen, oder endlich obligat parasitär. Je nach diesen Umständen muss das Substrat mit in die Messung hereingezogen werden, oder es muss die Atmungsgrösse des gesunden lebenden Wirtes mit der des pilzkranken verglichen werden.

Im Nachfolgenden sind die Beobachtungen in der Reihenfolge des Pilzsystemes geordnet:

1. Mixomycetes.

Serie 23.

Plasmodium, kurz vor und während der Sporogonbildung.

10. Juli. Dauer 2 Stunden T 17,5–19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die ellipsoide Masse mit der grossen Ellipsenaxe i. d. Rezipienten	3,6	1,01	3,564	91,09
2	Die Masse umgekehrt	3,6	1,01	3,564	35,64

Die Differenz kann beruhen in der Umlagerung der Schwingungen durch die Gravitation oder in der Phasenänderung, Sporenbildung.

R 23. — Der niedere Wassergehalt von 3,564 weist darauf hin, dass von der ersten Bestimmung für A mit 91,09 nach der zweiten der Körper in die Sporenbildung überging. Es ist dies somit eines der durchschlagenden Beispiele für die Änderung der Atmungsgrösse durch den Phasenwechsel.

7. Definition. Bei allen endophyten Pilzen wird der grösste Teil der plastischen Masse für die Mycelien und Sporogonien des Pilzes von dem Wirt geliefert. Die Spore bringt eine verschwindende Menge plastischen Materiales mit. Der Wirt deckt allen übrigen Aufwand des Parasiten. Der Parasit führt die Organe der Wirtspflanze mehr weniger bedeutenden Hypertrophieen entgegen, oder er bringt die Organe in den Zustand des Kümmerens bis zur Atrophie.

2. Myceliophori.

a) Phycomyetes.

α) Peronosporeen.

Nahezu gleiche Mengen der gesunden und der unter dem Einfluss von *Cystopus candidus* erkrankten Stengel von *Capsella bursa pastoris* werden, mit der Schere herausgeschnitten, der Untersuchung unterworfen.

Serie 24.

Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 17—19° C. 22. Mai.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	<i>Capsella bursa pastoris</i> , gesunde Stengel	2,6	0,55	4,728	78,29
III	<i>Capsella bursa pastoris</i> , Stengel mit Conid. d. <i>Cystopus candidus</i>	1,92	0,41	4,682	153,0

Auf 1 Gramm des Trockengewichtes zeigten somit die erkrankten fast den doppelten Wert der Atmungsgrösse der gesunden.

Serie 25.

Peronosporakrankes Kartoffellaub, 25. Juni. Dauer 2 Stunden. T 19—20,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Das kranke Kartoffelblatt . .	3,36	0,70	4,799	152,2
II	Das gesunde Kartoffelblatt .	4,10	0,56	7,321	112,6

R 23 A. — Die erkrankte Capsella, mit mächtigen Hypertrophieen des Stammes, zeigt nahezu den gleichen Wassergehalt ($\frac{F}{T}$) wie die gesunde, aber das doppelte der Atmungsgrösse. Das Peronosperalaub der Kartoffel dagegen weist auf: Geringeren Wassergehalt, keine Hypertrophieen, dagegen Erschlaffung, Missfärbung und ein Verhältnis der Atmungsgrösse zum gesunden wie 112 : 152. Das kranke Laub ergibt für A 40 cm³ mehr Kohlensäure wie das gesunde.

β) Chytridieae.

Ranunculus Ficaria zeigt in der Nähe von Münden eine endemische Chytridiee, welche fast in allen Jahren herausgegriffen werden kann. Kurz vor der Ausbildung der Sporogonia auf den Blättern ergibt die Messung:

Serie 26.

28. April. 9 Stunden. 18,5° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Ranunculus Ficaria, chytridiumkrank .	7,00	190,70
II	„ „ gesunde Blätter	7,619	146,9

R 24. — Der Wassergehalt der gesunden Blätter ist etwas höher. Die Chytridiee zwingt den Wirt zu mässigen Hypertrophieen da, wo die Sporogonia des Pilzes entstehen. Das endophyt-intrazelluläre Mycel bringt Gelbflecken in dem Laub hervor von 4—6 mm Durchmesser. Die Atmungsgrösse der gesunden Blätter ist relativ gross, die kranken brauchen 43 cm³ Kohlensäure mehr.

b) Hypodermiei.

z) Ustilaginei.

8. Definition. Die Ustilagineen zerstören, bis auf geringe Reste der Fibrovasalien, das ganze System der Grasblütenstände:

Serie 27.

Triticum Spelta. 28. Juni. Dauer 5 Stunden. T 21—22° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Vier gesunde Ähren in der Blüte stehend	4,35	1,42	3,063	67,04
III	Drei Ustilago-Ähren	1,62	0,65	2,491	109,8

R 25. — Der Wassergehalt der erkrankten Ähren ist merklich kleiner. Die Gewebe sind fast vollständig zerstört und resorbiert oder durch Atmung verbraucht. Der Parasit zeigt das $\frac{109}{67}$ fache der Atmungsgrösse der gesunden Ähren.

β) Uredinei.

9. Definition. — Die Uredineen bringen schwächere oder stärkere Hypertrophieen, oder Deformirungen und Fernwirkungen der Erkrankung zu stande. Wir ordnen das Material nach der gradweisen Steigerung des störenden Einflusses.

Serie 28.

Aecidium berberidis. 30. Mai. Dauer 6 Stunden 35 Minuten. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Abschnitte der kranken Blätter von <i>Berberis vulgaris</i> .	1,50	0,401	3,55	128,1
II	<i>Aecidium</i> kranke Blätterabschnitte von <i>Berberis vulgaris</i>	1,65	0,550	5,23	146,3

R 26. — Gerade hier ist die Hypertrophie des erkrankten *Berberis* blattes sehr stark, der Atmungsgrößenunterschied 18 cm^3 Kohlensäure. Dies beruht aber, was scharf betont werden muss,

darin, dass die Hypertrophie bereits ausgeführt war zur Zeit der Messung. Der Wassergehalt der krankhaft hypertrophen Teile ist beträchtlich grösser.

Serie 29.

8. Mai. Dauer 5 Stunden. T 18—20° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	<i>Viola canina</i> , aecidiumkrank	3,5 $\bar{3}$	85,27
4	„ „ , das gesunde Blatt	4,000	97,01

R 27. — Hier zeigt das gesunde Laub einen höheren Wert für A gegenüber dem kranken.

Aegopodium Podagraria zeigt erst im Juni die Sporogonia in der Reife. Die befallenen Blätter mit mässigen Hypertrophieen der Blattfläche zeigen am 24. Mai:

Serie 30.

Uromyces auf *Aegopodium Podagraria*. 24. Mai. Dauer 5 Stunden 30 Minuten. T 17—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Die kranken Blätter	0,94	0,25	3,760	135,7
5	Die gesunden Blätter	2,40	0,54	4,444	94,56

R 28. — Auch hier zeigt der gesunde Wirt einen höheren Wassergehalt bei hoher Atmungsgrösse, die kranken Blätter ergeben 41 cm³ mehr Kohlensäure.

Serie 31.

2. Mai. Dauer 16 Stunden. T 15—18° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
2	<i>Anemone nemorosa</i> , aecidiumkrank	5,436	109,8
3	„ „ , gesunde Blätter	5,400	89,28

R 29. — Der Wassergehalt ist bei beiden Versuchsobjekten nahezu gleich; der Überschuss von A für die kranken beträgt 20 cm^3 .

Ausserordentlich starke Deformirung finden sich bei *Euphorbia Cyparissias* unter dem Einfluss eines *Aecidium*, die erkrankte Pflanze zeigt die Blätter breit elliptisch entwickelt. Das Ergebnis ist in Bezug auf die gesunden Blüten von Interesse.

Serie 32.

Euphorbia Cyparissias. 28. Mai. T $16-18^\circ \text{ C}$. Dauer $8,83$ Stunden.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Blätter	0,86	0,30	2,866	119,0
II	<i>Aecidium</i> kranke Blätter . . .	2,45	0,56	4,375	160,2
III	Blüten	1,30	0,26	4,999	162,9

R 30. — Die erkrankten Stämme kommen überhaupt nicht zur Blütenbildung. Der Überschuss für A der kranken ist 41 cm^3 Kohlensäure.

Die Phase, in welcher der Pilz steht, ist auf die Atmungsgrösse von Einfluss. Die Atmungsgrösse der Mycelien, Sterigmen, Sporen u. s. f. muss veränderlich sein, andererseits aber muss auch der Wirt selbst eine von der Phase des Gastes abhängige verschiedene Grösse aufweisen, wie aus folgenden zwei Messungen erhellt:

Serie 33.

2. Mai. Dauer $10,5$ Stunden. T $15-16^\circ \text{ C}$.

R		$\frac{F}{T}$	A
5	<i>Picea excelsa</i> mit <i>Chrysomixa abietis</i> . .	2,090	13,51
6	„ „ , die gesunden Nadeln . .	1,975	8,095

Am zweiten Mai war die Nadel noch geschlossen. Die Sterigmen nicht gestreckt. Die Sporidien nicht gebildet. Am 30. Mai stäubten die Sterigmen.

Serie 34.

Chrysomixa abietis. 30. Mai. Dauer 5,75 Stunden. T 18,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Fichtennadeln	3,1	1,85	1,676	8,74
III	Chrxsomixakranke Nadeln, Chry- somixa mit Sporidien	2,15	1,00	2,15	31,30

R 31. — In der Entwicklung der Sporogonien von Chrysomixa wird die Atmungsgrösse der erkrankten Nadeln vom andertbalbfachen (am 2. Mai) auf das vierfache (30. Mai) der gesunden gesteigert.

10. Definition. Holz und Rinde zeigen eine kleinere Atmungsgrösse bei kleinerem Wassergehalt.

Serie 35.

Pilzkranke Zweige. 4. Mai. 5 Stunden. T 15,5° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	Juniperus Sabina mit Podisoma- Gymnosporangien	1,70	16,12
2	Juniperus Sabina ohne Podisoma- Gymnosporangien	2,10	6,667

R 32. — Die Rinden bewohnende Podisoma vermindert den Wassergehalt des Wirtes und zeigt das 2 $\frac{1}{2}$ fache der Atmungsgrösse des gesunden Wirtes.

Serie 36.

Secale cereale, uredokranke Blätter.

19. Juni. 2 Stunden 30 Minuten. T. 15,5–16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Blätter ohne Sporogonien . .	1,68	0,50	3,359	53,60
III	„ mit Uredo- und Puccinia- sporenlagern	2,30	0,60	3,832	84,01

R 33. — Der Wassergehalt ist am 19. Juni bei dem Roggen schon sehr klein und erscheint an den erkrankten Pflanzen wenig alterirt. Die erkrankten Blätter ergeben eine um 31 cm³ Kohlensäure höhere Atmungsgrösse. Die erkrankten Blätter zeigen die 1,604fache Atmungsgrösse der gesunden.

c) Basidiomycetes.

Die Pilzmassen, aus der freien Natur hereingebracht, hatten draussen Zeit genug, sich mit Wasser zu sättigen. Die Koeffizienten für T und F stellen daher den oberen Sättigungsgrad dar. Das Hauptgewicht ist auf den in der Entwicklung befindlichen Trametes und das weissfaule, zu ihm gehörige Holz von *Carpinus betulus* zu legen. Der Trameteshut bildet 90 cm³, das weissfaule Holz nur 18 cm³ Kohlensäure.

Serie 37.

R		$\frac{F}{T}$	A
März. Dauer 15 Stunden 30 Minuten. T 14—16° C.			
II	Weissfaules Eichenholz	3,48	5,162
März. Dauer 1 Stunde 35 Minuten. T 16° C.			
I	Trametes conchata, die wachsenden Hüte	2,396	90,12
März. Dauer 5 Stunden 40 Minuten. T 16° C.			
III	Weissfaules Holz zu Trametes . . .	2,218	18,44
März. Dauer 5 Stunden 40 Minuten. T 16° C.			
II	Exidia (Agaricini), Eichenrinde . . .	4,451	43,55

Der ausgewachsene Agaricineenhut ergibt 43 cm³ Kohlensäure, also nur die Hälfte, bezogen auf den in der Entwicklung begriffenen Trameteshut.

Serie 38.

Basidiomycetes, Agaricineenhüte. 19. Juni. T 16° C

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Hydnum repandum	8,7	1,1	7,909	185,0
II	Cantharellus cibarius	9,70	0,91	10,66	65,07

R 34. — Die Vergleichung der Phase verschiedener Basidiomycetenarten ist schwer, wenn nicht unmöglich. Die Serie 38 zeigt Hydnum mit kleinerem Wassergehalt gegenüber Cantharellus. Gleichwohl ist die Atmungsgrösse des ersteren dreimal grösser, was nur auf Energieunterschiede (Rassenenergie) zurückgeführt werden kann.

10. Definition. In der Serie 39 lag ein junger turgeszenter Pilzhut vor von 5 cm Querdurchmesser. Die Lamellen waren in der Entwicklung begriffen.

Serie 39.

Boletus edulis. 12. Juli. Dauer 4 Stunden 30 Minuten. T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Hutgewebe	3,10	0,4	7,750	155,5
II	Lamellen der Basidien	3,85	0,68	8,604	240,2

R 35. — Hier fällt der ausserordentlich hohe Wert für A von 240 cm³ auf. Die Lamellen zeigen einen höheren Wert gegenüber dem Hutgewebe.

d) *Ascomycetes*.

In dieser Gruppe konnten nur zwei Messungen ausgeführt werden.

Serie 40.

Peziza graminis auf *Festuca elatior*.

29. Mai. Dauer 11 Stunden. T 16,5—18,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Gesunde Halme	1,95	0,40	4,874	17,04
4	Pezizakranke Halme	1,20	0,31	3,871	80,93

Tubercularia laburni auf Rinde von *Carpinus betulus*; 120 Spermogonpusteln. Dauer des Versuchs 13 Stunden 45 Minuten. Temperatur 13—17° C (Februar).

R_{II}. Die Rindenstückchen mit *Tuberculariapusteln* $\frac{F}{T}$ 2,00. CO₂ pr. gr. T 100 St. 18,79. Der Wert von 18,79 überwiegt den

Maximalwert aller Werte der beobachteten Atmungsgrösse gesunder Rinden (s. unten) nicht wesentlich.

R 36. — Zusammenstellung für die Pilze und die Algen. Der höchste Wert von A für die Pilze beträgt 240,2 für Boletus gegenüber dem höchsten Wert von 178 bei den Algen (Oscillarien). Der höchste Wassergehalt kommt den Pilzen zu $\frac{F}{T}$ 10,6. Für die endophyten Pilze auf lebenden Organen der Wirte erreichen die Überschüsse von A der kranken gegenüber den gesunden Organen für 1 Gramm der trockenen Substanz des Wirtes bei

<i>Viola odorata</i>	. . .	mit <i>Aecidium</i>	. . . . .	0
<i>Picea excelsa</i>	. . .	„ <i>Chrysomixa abietis</i>	. . .	5
<i>Juniperus Sabina</i>	. . .	„ <i>Podisoma juniperi</i>	. . .	10
<i>Berberis vulgaris</i>	. . .	„ <i>Aecidium</i>	. . . . .	18
<i>Anemone nemorosa</i>	. . .	„ <i>Aecidium</i>	. . . . .	20
<i>Picea excelsa</i>	. . .	„ <i>Chrysomixa</i>	. . . . .	23
<i>Solanum tuberosum</i>	. . .	„ <i>Peronospora</i>	. . . . .	40
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	. . .	„ <i>Aecidium</i>	. . . . .	41
<i>Aegopodium Podagraria</i>	. . .	„ <i>Uromyces</i>	. . . . .	41
<i>Triticum Spelta</i>	. . .	„ <i>Ustilago</i>	. . . . .	42
<i>Ranunculus Ficaria</i>	. . .	„ <i>Chytridiee</i>	. . . . .	54
<i>Capsella bursa pastoris</i>	. . .	„ <i>Cystopus candid.</i>	. . .	75
Eiche, totes Holz	. . .	„ <i>Trametes</i>	. . . . .	72
<i>Festuca elatior</i>	. . .	„ <i>Peziza graminis</i>	. . . . .	63.

Der Wassergehalt erscheint erhöht bei den kranken Organen gegenüber den gesunden bei:

<i>Picea excelsa</i>	. . .	mit <i>Chrysomixa</i>	. . .	um	1,67 : 2,15
<i>Picea excelsa</i>	. . .	„ <i>Chrysomixa</i>	. . .	„	1,97 : 2,09
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	. . .	„ <i>Aecidium</i>	. . .	„	2,86 : 4,37
<i>Secale cereale</i>	. . .	„ <i>Uredo</i>	. . .	„	3,35 : 3,83
<i>Berberis vulgaris</i>	. . .	„ <i>Aecidium</i>	. . .	„	3,55 : 5,23.

Der Wassergehalt erscheint bei den kranken Organen niedriger gegenüber den gesunden:

<i>Juniperus Sabina</i>	. . .	mit <i>Podisoma</i>	. . .	um	2,10 : 1,70
<i>Triticum Spelta</i>	. . .	„ <i>Ustilago</i>	. . .	„	2,49 : 3,06
<i>Viola odorata</i>	. . .	„ <i>Aecidium</i>	. . .	„	3,55 : 4,00
<i>Aegopodium Podagraria</i>	. . .	„ <i>Uromyces</i>	. . .	„	3,67 : 4,44

Solanum tuberosum . mit Peronospora	um	4,79 : 7,32
Capsella bursa pastoris .. Cystopus . . .	„	4,68 : 4,72
Festuca elatior.	„	Peziza graminis „ 3,87 : 4,87.

Der Aschengehalt muss in erkrankten Organen wachsen, oder es müssen die durch die Atmung gewonnenen Aschen nach den gesunden Organen abfließen (vgl. Translokation der Aschenbestandteile in Handb. der Pflanzenphysiologie).

III. Flechten (Lichenes).

Eine geringe Anzahl von Messungen im trockenen und nassen Zustand des Thallus liegt hier vor. Den Flechten kommt zu ein langsames Wachstum und grosse Zählebigkeit gegenüber dem Wechsel im Wassergehalt.

Serie 41.

R	Trocken	$\frac{F}{T}$	A
März. Dauer 12 Stunden 45 Minuten. T 15—17° C.			
III	Cladonia, Thallus	1,825	7,666
März. Dauer 25 Stunden. T 15—18° C.			
I	Evernia auf Eschenrinde		1,580

R 37. — Dem trockenen Thallus kommt ein niederster Wert für A zu.

Serie 42.

3. Mai. Dauer 5 Stunden 33 Minuten. T 15—18° C.

R	Nass	$\frac{F}{T}$	A
2	Cladonia pyxidata	2,686	22,66

Peltigera canina. 1. Juli. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Thallus	3,30	0,82	4,024	54,88
II	Apothecien	1,45	0,35	4,135	51,42

R 38. — Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ schwankt zwischen 1,82 und 4,135. A erreicht den Maximalwert von 54 cm³, welcher niedriger ist wie die Maximalwerte für die Mycelien der Myceliophori unter den Pilzen. Die mit wenig Hyphen vermischten Flechtengonidien (Serie 21) weisen für A 54,1 auf. Eine approximative Abwägung von A für die Hyphen und Gonidien des Thallus ist nicht zu ermöglichen.

IV. Musci.

Die feuchten Rasen (Februar—März) wurden von der Erde gesäubert, die humosen, abgestorbenen Teile bei Polstermoosen mit der Schere entfernt. Die Pflänzchen mit grünen, in der Entwicklung begriffenen Kapseln wurden besonders untersucht.

Serie 43.

R		$\frac{F}{T}$	A
	Februar. Dauer 11 Stunden 10 Minuten. T 13—16° C.		
II	<i>Jungermannia barbata</i>	4,000	12,77
	Februar. Dauer 9 Stunden. T 15—16° C.		
4	<i>Polytrichum commune</i>	2,681	21,63
	März. Dauer 18 Stunden 20 Minuten. T 13—16° C.		
3	<i>Bartramia pomiformis</i> mit grünen Kapseln	2,143	20,06
	März. Dauer 27 Stunden 40 Minuten. T 13—16° C.		
2	Dieselbe ohne Kapseln	2,500	18,99
	März. Dauer 15 Stunden. T 15—18° C.		
II	<i>Hypnum cupressiforme</i>		14,91
III	<i>Catharinaea Callibryon</i>		36,67
	März. Dauer 18 Stunden 40 Minuten. T 15—16° C.		
2	<i>Bryum nutans</i> mit Seten	3,380	41,60

R 39. — Geringere Atmung zeigt *Jungermannia*, die Laubmoose nahe beisammenliegende Grössen wie 14 bis 21. Der Maximalwert kommt den weiblichen Kapselpflanzen von *Bryum nutans* mit 41,60 zu. Die Beziehung zwischen lebenden Teilen und der Vermoorung unterliegenden ist weiter unten berücksichtigt.

Serie 44.

R		$\frac{F}{T}$	A
2. Mai. Versuchsdauer 27,5 Stunden. T 15° C.			
III	Aneura pinguis	20,00	51,24
II	Lencobryum europaeum, die grünen Polster- teile	17,82	36,38
I	Lencobryum europaeum, d. braunen Polster- teile	6,112	12,66
2. Mai. Dauer 16 Stunden. T 15—18° C.			
4	Polytrichum commune, die weibliche Pflanze	2,643	11,34
		Seten!	
5	„ „ , die männliche „	3,492	15,18
6	„ „ , die ungeschlechtliche Pflanze	3,714	26,25

Ende Mai sind die Seten und Kapseln bei *Polytrichum commune* dem Volum nach ausgewachsen. Die Kapseln, noch grün, müssen im Innern noch Zustandsänderungen ausführen.

Serie 45.

Polytrichum commune. 28. Mai. Dauer 11,5 Stunden. T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die weibliche Pflanze ohne Seta und Kapsel	1,6	0,71	2,253	12,86
II	Die halbreife Kapsel und Seten .	2,2	0,75	2,933	43,70
III	Die sterile Pflanze	1,8	0,75	2,400	23,54
		Erschöpfung der ♀ Pflanze.			

R 40. — Die Kapseln zeigen die grösste Atmungsenergie. Die beblätterte weibliche Pflanze, aus welcher die Seten herausgepfückt worden waren, zeigt alle Symptome der Erschöpfung gegenüber der sterilen Pflanze, welche die doppelte Atmungsgrösse aufweist.

Serie 46.

18. Juni. Dauer 6 Stunden 20 Minuten. T 16,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
5	Marchantia polymorpha, das Lager	2,7	0,55	4,909	35,04

R 41. — In Bezug auf den Wassergehalt tritt der Minimalwert von 2,1, der Maximalwert von 20 bei Aneura, der Maximalwert von A 51,24 bei Aneura pinguis auf. Den Sexualpflanzen und den heranreifenden Kapseln und Seten kommen höhere Werte für A zu gegenüber den vegetativen Organen.

In diesem Teil der Untersuchung kommen wir zu den Pilzen (vgl. oben, S. 192 ff.) zurück. Mit dem Absterben und der Vermoerung tritt Pilzwirkung ein. Die erste Beziehung ist die Relation der Atmungsgrösse lebender und toter vermoorender Moospolster.

Serie 46 A.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
---	--	---	---	---------------	---

Sphagnum squarrosum. Dauer 8 Stunden. T 15–17° C.

I	Der lebende Teil des Polsters		0,35		34,33
II	Der vermoorende Teil des Polsters		0,95		17,63

Hypnum triquetrum. Dauer 11 Stunden. T 15–16° C.

I	Der lebende Teil	1,80	0,92	1,956	14,03
II	Der abgestorbene Teil	2,75	1,10	2,50	8,26

R 41. — Im abgestorbenen Teil der Moospolster ist A annähernd $\frac{1}{2}$ der gesund vegetirenden.

V. Gefässkryptogamen.

Im Interesse der Übersicht über die Hauptgruppen der Pflanzen folgen hier einige Bestimmungen an den Gefässkryptogamen.

Serie 47.

Februar. Dauer 17 Stunden. T 16–17° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	Selaginella Mertensii (Stengel)		5,88
5	Junge Farnpflanze (Prothallien)		17,84

R		$\frac{F}{T}$	A
	Februar. Dauer 11 Stunden 45 Minuten. T 15—17° C.		
3	Polypodium vulgare, Rhizom	3,272	3,790
	Februar. Dauer 9 Stunden 45 Minuten. T 15—17° C.		
4	Polypodium vulgare, Wedel	2,555	16,75

Keiner der Werte erreicht die niederen Kryptogamen mit Ausnahme des Wertes 16,75. Geforderte Differenzen liegen noch in den Wedeln der Farne, welche dicht mit Sporogonien besetzt sind gegenüber den nicht fertilen Wedeln. Die Sporogonien sind grün, noch in der Entwicklung begriffen.

Serie 48.

6. Mai. Dauer 4,666 Stunden. T 17° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Aspidium filix mas, junge Wedel mit Sporogonien	5,315	228,1
II	Aspidium filix mas, junge Wedel ohne Sporogonien	5,631	182,9

R. 42. — Es ergibt sich ein Überwiegen der fertilen Wedel um 46 cm³ Kohlensäure pro Gramm des Trockengewichtes für 100 Stunden. Eine geringere Atmungsgrösse weisen die Equiseten auf. Aber auch hier ist dieselbe in den Sporogonien beträchtlich grösser.

Serie 49.

28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Equisetum silvaticum, junge Grünstämme mit Sporogonien	3,971	26,97
3	Equisetum arvense, Sporogonien allein .	4,829	49,94
4	„ „ , Grünstämme allein .	6,334	35,93
5	„ „ , Bleichstämme allein, ohne Sporogonien	7,439	33,60

R 43. — Die Grünstämme atmen stärker wie die Bleichstämme. Den Sporogonien kommt während ihrer Entwicklung der Maximalwert für A zu. Die Equiseten erreichen die Farne in der Atmungsgrösse nicht.

VI. Phanerogamen.

Während der Keimung und während der Blütezeit kommen, wie bekannt, die höchsten Werte für die Atmungsgrösse zum Ausdruck. In den folgenden Versuchen wurden die Sämereien in flachen Keimschalen von gebranntem Ton angequellt, im dunstgesättigten Thermostatenreibhaus zur Keimung gebracht, sodann in den Rezipienten auf ihre Atmungsgrösse untersucht. Die Temperatur für die Aufzucht bis zum Versuch liegt zwischen 18 bis 23° C, die Temperatur für den Versuch ist der des Versuchsrannes 15° bis 18°, oder für die Versuche der Temperaturfunktionen die künstlich gesteigerte des Thermostaten oder sonstiger Wärmereservoirs. Da die Individualität hier zur Geltung gelangt, werden in den Tabellen die Zahl der Keimlinge, das Frisch- und Trockengewicht, sowie der Koeffizient $\frac{F}{T}$ ausgeworfen. Zunächst spielt für die Rechnung das Anfangsgewicht des Aussaatobjekts, ob eine Eichel oder ein Kressenkorn, eine Rolle (vgl. auf p. 175 unter A Methoden).

Mit Ausnahme der ersten Versuchsreihe (Serie 50) werden alle Objekte im Dunkeln aufgezüchtet und für alle wird der Atmungsversuch in absoluter Dunkelheit ausgeführt.

1. Licht und Dunkelheit.

Die im Licht bis zum Ergrünen der Blätter aufgezüchtete Pflanze muss sich gegenüber der im Dunkeln etiolirten verschieden verhalten in Bezug auf die Atmung in absoluter Dunkelheit.

Serie 50.

Keimpflanzen gleicher Aussaat im Licht und in der Dunkelheit.

März. Dauer 14 Stunden. T 13—15° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	Gerste im Licht	4,333	53,81

März. Dauer 24 Stunden 50 Minuten. T 13—15° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
1	Gerste im Dunkeln etiolirt	5,555	39,90

R 44. — Die Atmungsgrösse ist für die etiolirte Pflanze sehr entschieden kleiner, 39 gegen 53 der Lichtpflanze. Das Trockengewicht ist nach den Koeffizienten ebenso kleiner.

2. Der Gesamtvorgang der Keimung.

Vom Zeitpunkt des Anquellens bis zur vollen Ausbildung aller Embryonalorgane, bis zur Entfaltung der ersten Blätter müssen verschiedene Atmungsgrössen gefunden werden.

Die Sämereien wiegen im lufttrockenen Zustand:

50 Stück	Bohnen (<i>Phaseolus multiflorus</i>)	Gramm	30,30
„	„ Erbsen (<i>Pisum sativum</i>) . . .	„	19,00
„	„ Weizen (<i>Triticum vulgare</i>) . .	„	2,30
„	„ Roggen (<i>Secale cereale</i>) . . .	„	1,65
„	„ Hafer (<i>Avena sativa</i>)	„	1,90
„	„ Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>) . .	„	2,20
„	„ Kresse (<i>Lepidium sativum</i>) . .	„	0,23.

I. Serie von Gasmessungen bei der Keimung.

Nachdem die Sämereien bei 20° C im Thermostaten, während 48 Stunden angefeuchtet, gequollen waren, bis die Integumente der beiden ersten Sämereien straff angezogen erschienen, wurden die Respiratoren mit denselben beschickt. Nach der Ablesung kommen die sechs Rezipienten in den Thermostaten bei 22° C. für acht Stunden, dann zur Abkühlung auf den Gastisch bei 17° C während zwei Stunden und 30 Minuten. Es erfolgt die Ablesung und Volumberechnung. Die Sämereien haben bis jetzt 8 Stunden 22° C, 2 Stunden 30 Minuten 17° C, zusammen 12 230 Celsiusminutengrade. Bis jetzt zeigt nur der Roggen die 1/2 bis 1 Millimetervorstösse der Keimaxe und Wurzeln. Die Rechnung ergibt:

Serie 51.

Keimende Sämereien während der Quellung und des Ankeimens.

Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 17—22° C.

R		T	CO ₂ cm ³	A
1	8 Stück Phaseolus multiflor.	4,40	3,51	7,59
2	14 „ Pisum sativum	4,70	3,64	7,37
3	50 „ Triticum	2,30	0,98	7,75
4	„ „ Secale cereale	1,50	1,15	7,30
5	„ „ Hordeum	2,20	0,38	1,64
6	„ „ Avena	1,55	0,42	5,10

II. Serie von Gasmessungen bei der Keimung.

Nach den Ablesungen der I. Serie wurden die Rezipienten in den Thermostaten 2 Stunden 10 Minuten 24° C = 3020 Minuten-Celsiusgrade zurückgegeben, hierauf auf dem Experimentirtisch 16,5° C 30 Minuten = 395 Minuten-Celsiusgrade, sodann in den Thermostaten 7 Stunden 40 Minuten 25° C = 11500 C Minutengrade verbracht. Die Rezipienten 1, 2 eilten vor, so dass der Skalenspielraum des Manometers fast erschöpft war. Diese ergaben somit nach 10 Stunden 20 Minuten als der Gesamtdauer:

Serie 52.

Dauer 10 Stunden 20 Minuten. T 17—25° C.

R		T	CO ₂ cm ³	A
1	8 Stück Phaseolus	4,40	3,46	7,53
2	14 „ Pisum	4,70	3,88	8,01

Die Gesamtlänge der aus den Integumenten hervorragenden Wurzeln ist für die Bohne 50 mm, für die Erbse 119 mm.

Die übrigen vier Rezipienten blieben im Thermostaten von 4 Uhr 30 Minuten vormittags bis 3 Uhr 30 Minuten nachmittags 11 Stunden 25° C = 14700 Minutengrade. Diese haben also insgesamt: 21 Stunden, fünfzig Minuten und 26515 Celsius-Minutengrade.

Serie 53.

Dauer 21 Stunden 50 Minuten. T 17—25° C.

R		T	CO ₂ cm ³	A
3	50 Stück Triticum	2,30	1,03	2,05
4	„ „ Secale	1,50	3,67	10,20
5	„ „ Hordeum	2,20	2,29	4,77
6	„ „ Avena	1,55	1,49	4,40

Die Wurzellängen sind: Weizen 0, Roggen 102, Gerste 8 mm, Hafer 28 mm. Bei dem Weizen zeigen sich die ersten weissen Vorstösse der Keimaxe. Die Atmungsgrösse ist somit von der Grösse der wachsenden Keimorgane abhängig, wie die Zahl für Secale gegenüber den übrigen beweist. Aus denselben Aussaaten wurden die nachfolgenden Bestimmungen in dem Mass, wie sich die Keimteile entfalteteten, ausgeführt:

III. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 54.

Keimende Sämereien. Gesamtkeimpflanze mit den Reservebehältern.

(Februar.)

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
Dauer 2 Stunden. 15—16° C.						
5	8 Stück Phaseolus	10,2	4,5	2,266	1,42	15,78
II	10 „ Pisum	8,80	3,05	2,885	2,25	36,89
Dauer 11 Stunden 15 Minuten. T 14—16° C.						
4	30 Stück Triticum	2,06	0,70	2,942	3,72	47,13
6	40 „ Hordeum	2,40	1,15	2,087	4,51	33,16
Dauer 14 Stunden 15 Minuten. T 14—16° C.						
2	30 Stück Avena	2,20	0,51	4,313	3,81	52,42

Die mittleren Längen der Keimorgane in mm sind für diese Serie:

	Keimaxe oder Konvolut der Blätter		Wurzeln
Phaseolus	8	. . . . .	30
Pisum	10	. . . . .	30
Triticum	13	. . . . .	15
Hordeum	5	. . . . .	8
Avena	40	. . . . .	18

IV. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Diese zeigt die Atmungsgrösse der Kotyledonen von Phaseolus der Fruchtkörper der Cerealien, nachdem die Keimteile abgeschnitten waren.

Serie 55.

Sämereien, Kotyledonen und Frucht ohne Keimteile.

Februar. Dauer des Versuches 8 Stunden. T 15—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
1	Phaseolus multiflor., 8 Integ. 16 Kotyledon.	9,00	3,85	2,337	0,29	9,410
2	54 Stück Triticum	2,90	1,75	1,658	0,60	4,286
4	50 „ Secale cereale	2,20	1,20	1,833	1,39	14,47
5	„ „ Hordeum	3,10	1,70	1,825	0,58	4,265

V. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 56.

Keimende Sämereien. Etiolirte Keimstämme und Blätter allein.

Dauer 12 Stunden. T 16—18° C.

R		A	Mittlere Länge mm
1	Phaseolus multiflorus	61,41	22
2	Pisum sativum	144,0	10
3	Triticum	108,6	38
4	Secale cereale	178,9	62
5	Hordeum	111,4	52
6	Avena sativa	158,8	65

Die gefundenen Werte erweisen die Atmungsgrösse der Stämme und Blattoorgane als sehr gross gegenüber den Reservebehältern.

VI. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 57.

Pisum sativum. Samen, Kotyledonen, Keimwurzel.

Februar. Dauer 6 Stunden 10 Minuten. T 15—17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
I	5 Samen mit allen Teilen	6,10	1,90	3,210	4,41	37,67
II	10 Kotyledonen allein . .	5,30	1,60	3,312	3,05	42,68
III	30 Keimwurzeln	0,85	0,10	8,500	2,26	33,42

VII. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 58.

Sämerei mit allen Teilen und Keimwurzel allein.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
Dauer 6 Stunden 40 Minuten. T 14—17° C.						
4	Secale mit allen Teilen . . Wurzeln 15 mm, Stämme 8 bis 10 mm lang.	6,15	2,71	2,000	4,95	27,43
Dauer 10 Stunden. T 14—17° C.						
1	Secale, Wurzeln allein . . .	0,31	0,043	7,209	2,01	465,00

R. 45. — Zusammenstellung. Da, wie längst erwiesen ist, die verschiedenen Arten verschiedene Ansprüche an die Temperatur stellen, so muss das Fortschreiten der Keimung bei den gleichen hier angewendeten Temperaturen verschiedenen Erfolg haben. Einige Sämereien eilen vor, andere bleiben zurück. Immerhin muss es möglich sein, die Atmungsgrössen für die einzelnen Phasen der Entwicklung festzustellen. Es empfiehlt sich die Einzelpflanzen aufzuführen.

1. *Phaseolus multiflorus* zeigt in den aufeinanderfolgenden Zuständen die Werte für A von 7,59, 7,63, 15,78 für den Gesamtsamen mit allen Teilen. Die Kotyledonen zeigen für A 9,410,

die Keimstämme und Blätter 61,41. Der Maximalwert liegt in den immer noch sehr kleinen Keimstämmen.

2. *Pisum sativum* in den aufeinanderfolgenden Zuständen für den Samen die Werte für A: 7,37, 8,01, 36,89, für die Keimstämme allein 144, für die Kotyledonen 42,68, für die Keimwurzeln 33,42.

3. *Triticum* in den aufeinanderfolgenden Zuständen 7,75, 2,05, 47,13, die Frucht ohne die Keimteile 4,286, die Keimstämme und Blätter allein 108,6.

4. *Secale* ergibt ebenso für A: 7,30, 10,2, für die Frucht ohne Keimteile 14,47, Keimstämme allein 178,9, in späterer Phase für die Frucht mit allen Teilen 27,43, für die Wurzeln allein 465,00.

5. *Hordeum* ergibt ebenso: 1,64, 4,77, 33,16, die Frucht ohne Keimteile 4,265, die Keimstämme allein 111,4.

6. *Avena* ergibt: 5,10, 4,40, 5,242, die Keimstämme allein 158,8.

Man erkennt, dass die Reservebehälter, mögen diese die Kotyledonen sein, so *Pisum* und *Phaseolus*, oder die Endosperme und Fruchtkörper, so die Cerealien, für die Atmung in schwache Mitleidenschaft gezogen werden, dass in dem Mass wie die Embryonalorgane sich strecken, die Atmungsgrösse wächst. Für die Keimstämme werden hohe, für die Keimwurzeln höchste Werte erreicht. (Man vgl. potenzielle Energie, weiter unten.)

3. Forstkeimpflanzen.

Auch das beste Material von Aussaatobjekten aus den Samenhandlungen zeigt für die erste Aufzucht grössere Schwierigkeiten in Hinsicht des gleichmässigen Fortschreitens der Entwicklung, auch das Keimprozent schwankt in weiten Grenzen.

In lufttrockenen Zustand wiegen

50 Stück	<i>Picea excelsa</i>	. . . . .	Gramm	0,405
50 „	<i>Pinus silvestris</i>	. . . . .	„	0,350
50 „	<i>Larix europaea</i>	. . . . .	„	0,300
50 „	<i>Abies pectinata</i>	. . . . .	„	2,410
50 „	<i>Alnus glutinosa</i>	. . . . .	„	0,02
100 „	<i>Betula alba</i>	. . . . .	„	0,029
50 „	<i>Fraxinus excelsior</i> , Frucht	. . . . .	„	3,950

30 Stück *Fraxinus excelsior*, Same . . . Gramm 1,600
 10 „ *Quercus pedunculata* . . . „ 31,720

Die ersten Keimphasen sind, soweit dies möglich, oben S. 175 untersucht. Hier folgt die Relation der einjährigen Pflanzen im März 1897 aus der Aussaat im Freiland vom Sommer 1896.

Serie 59.

Forstkeimpflanzen 1896 im März 1897.

Dauer 6 Stunden 20 Minuten. T 15,5—18,5° C.

A. Die Wurzeln.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
1	2 Stck. <i>Quercus pedunculata</i>	6,40	3,20	2,000	1,51	7,46
2	2 „ <i>Acer platanoïdes</i> .	4,00	1,10	3,637	2,00	28,72
3	5 „ <i>Picea excelsa</i> . . .	0,40	0,12	3,334	1,27	167,2
4	5 „ <i>Pinus silvestris</i> . .	1,40	0,40	3,499	2,03	80,17
5	2 „ <i>Fagus silvatica</i> . .	2,90	1,90	1,526	1,21	10,06
6	5 „ <i>Abies pectinata</i> . .	0,60	0,12	5,00	1,23	161,90

Serie 60.

B. Die Stämmchen.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 15—18° C.						
1	2 Stck. <i>Quercus pedunculata</i>	1,20	0,61	1,967	4,21	3,34
2	2 „ <i>Acer platanoïdes</i> .	2,90	1,30	2,231	4,90	6,72
3	5 „ <i>Picea excelsa</i> m. Nadeln	0,70	0,31	8,710	0,72	22,55
4	5 „ <i>Pinus silvestris</i> . .	2,10	0,85	2,823	2,54	29,01
5	2 „ <i>Fagus silvatica</i> . .	2,30	1,30	1,769	0,40	2,98
6	5 „ <i>Abies pectinata</i> . .	0,80	0,32	2,500	0,95	29,14

Dauer 24 Stunden. T 15—18° C.

I	2 Stck. <i>Alnus glutinosa</i> Wurzel	0,55	0,12	4,583	2,14	74,30
II	2 „ „ „ Stämmchen	0,31	0,11	2,818	1,18	31,16

Serie 61.

Keimpflanzen.

R		F T	A
	1. Mai. Dauer 9 Stunden 5 Minuten. T 16—17° C.		
5	<i>Fagus silvatica</i> , 3 Stck., Keimpfl., alle Teile	5,200	64,43
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.		
6	<i>Fagus silvat.</i> , Keimaxen ohne Kotyledon.	3,417	23,15

Serie 62.

Fagus silvatica. Keimpflanze am 24. Mai. Dauer 2 Stunden 45 Minuten.

T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Kotyledonen	3,10	1,05	2,952	40,18
II	Die ersten Laubblätter	1,95	0,55	3,545	83,79

R 46. — Bei allen ohne Ausnahme ist A für die Keimwurzeln höher wie für die Keimstämme. Extreme Fälle sind:

Alnus glutinosa Wurzel 74, Stamm 31.

Abies pectinata „ 161, „ 29.

Die ersten Laubblätter der Buche zeigen die doppelte Atmungsgrösse der Kotyledonen.

Die Kotyledonen der Buche zeigen die dreifache Atmungsgrösse der Keimaxe.

Im allgemeinen ist der Koeffizient $\frac{F}{T}$ bei den Wurzeln höher.

4. Rhizome, Wurzeln, Grünstämme und Blätter.

So sehr verschieden die biologischen Wesenheiten der Pflanzenteile sind, so zeigt sich doch eine Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen.

Serie 63.

Rhizome, Knollen, Rüben, Wurzeln und Grünstämme im Februar und März.

R		$\frac{F}{T}$	A
	Dauer 17 Stunden 30 Minuten. T 16—17° C.		
III	Dahliaknolle		1,049
	Dauer 11 Stunden 50 Minuten. T 16—17° C.		
2	Vaccinium Myrtillus, Rhizom	2,00	3,254
	Dauer 10 Stunden. T 16—17° C.		
5	Juncus conglomeratus, Rhizom	2,75	9,477
	Dauer 20 Stunden. T 16—17° C.		
6	Juncus conglomeratus, Grünstengel	4,125	3,125
	Dauer 20 Stunden. T 15—18° C.		
I	Kartoffelknolle		14,81
II	Betarübe		31,06
	Dauer 10 Stunden 40 Minuten. T 14—16° C.		
4	Luzula max., überwinterte braune Blätter |	2,963	0,811
	Dauer 7 Stunden 50 Minuten. T 13—16° C.		
5	Luzula max., Rhizom	4,444	11,140
6	„ „ überwinterte Grünblätter	2,960	7,310
	Dauer 11 Stunden 20 Minuten. T 13—16° C.		
4	Oxalis acetosella, Rhizom	3,546	14,20
6	„ „ überwinterte Blätter	5,715	20,81
	Dauer 11 Stunden 25 Minuten. T 14—16° C.		
3	Chrysozplenium alternifolium	9,601	61,70
	Dauer 16 Stunden. 15—16° C.		
4	Viola canina, Rhizom	3,125	17,73
5	„ „ , Wurzeln	3,666	17,08
6	„ „ , Blätter	4,134	66,16

R 47. — Wir betonen den grossen Aufwand der wasserreichen Beta mit 31,06, Kartoffel mit 14, Chrysozplenium mit dem Koeffizienten 9,6 und 61 Atmungsgrösse.

Die Übereinstimmung von Wurzel und Rhizom bei Viola im Gegensatz zu den Blättern mit der vierfachen Atmungsgrösse.

5. Knospen im Februar und März bis April und Mai.

(Zu vergleichen mit den Versuchen über potentielle Energie; s. weiter unten.

Genau dasselbe Interesse, welches die Keimknospe im Saatkorn beanspruchte, muss der Winterknospe zugewendet werden.

Serie 64.

Koniferenknospen im Februar. Dauer 20 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	<i>Pinus silvestris</i>	7,16
5	<i>Pinus Strobus</i>	14,17
6	<i>Picea excelsa</i>	11,87

R 48. — Im Februar ist der Maximalwert 14,17 gegen den Minimalwert von 11,87 für A gegenüber dem Wert von 76,88 am 30. April (Mai).

Serie 65.

Laubknospen im Februar. Dauer 18 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	<i>Salix fragilis</i>	15,14
3	<i>Pyrus Malus</i>	54,67
4	<i>Sambucus nigra</i>	44,34
5	<i>Aesculus hippocastanum</i>	18,65
6	<i>Syringa vulgaris</i>	38,35
1	<i>Fagus silvatica</i>	0,478
3	<i>Carpinus betulus</i>	5,16
4	<i>Fraxinus excelsior</i>	16,96
6	<i>Quercus pedunculata</i>	4,15

R 49. — Der Maximalwert bei den untersuchten Laubbäumen beträgt im Februar 54,67 (hier spielen bei *Pyrus* jedenfalls die Blütenknospen eine Rolle), *Sambucus* 44,34. Mittlere Maximale 18,65 gegenüber dem Minimalwert 0,478 bis 4,15.

Ganz andere Werte kommen schon am 17. März, wo soeben der Knospenkegel eine geringe Streckung vollzieht, bei *Syringa* eine mässige Chlorophyllbildung in den Knospenschuppen sich kenntlich macht.

Serie 66.

Knospen am 17. März bei beginnender Streckung.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
Dauer 3 Stunden. T 16,5–18,5° C.						
4	22 Stck. <i>Syringa vulgaris</i>	2,70	0,8	3,375	2,05	85,43
5	50 „ <i>Ribes nigrum</i>	1,55	0,4	3,875	1,40	116,60
Dauer 11 Stunden. T 16–17° C.						
6	<i>Carpinus betulus</i>	1,45	0,55	2,636	2,44	40,33

R 50. — Für *Carpinus* ist jetzt die achtfache, für *Syringa* die doppelte Atmungsgrösse zu beobachten.

Die Stipeln und Knospenschuppen zeigen bei dem Öffnen der Knospen ein merkliches Intercalarwachstum an der Basis, diesem entspricht eine gesteigerte Atmungsgrösse:

Serie 67.

Knospenschuppen und Stipulae. Ende April.

R		$\frac{F}{T}$	A
28. April. Dauer 9 Stunden. T 17–18° C.			
1	<i>Fagus silvatica</i> , Knospenschuppen und Stipulae	2,440	1,02
28. April. Dauer 9 Stunden. T 18–19° C.			
I	<i>Aesculus hippocastan.</i> , Knospenschuppen	4,063	47,76

Kurz vor der Öffnung und in der ersten Phase der Streckung werden die Maximalwerte erreicht:

Serie 68.

Blattknospen kurz vor der Entfaltung.

R		$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 15—16,5° C		
3	<i>Fagus silvatica</i>	3,045	53,32
4	„ „ in der Streckung	3,530	81,72
	30. April. Dauer 9 Stunden. T 17—17,5° C.		
4	<i>Picea excelsa</i> , sich streckende Knospen	4,266	76,88

Alle und jede Phasenänderung, welche nunmehr folgt, gehört nicht mehr in diese Abteilung, da von nun ab die potentielle und aktuelle Energie des jungen Laubes zur Wirkung gelangt.

6. Zweige der Holzpflanzen vom Februar bis zur Kambialzeit und bis Oktober.

Die Wunden an abgeschnittenen Zweigen bewirken einen rascheren Gasaustausch und sie zeigen in den geringen, der Kontusion beim Schneiden unterlegenen Gewebepartien jedenfalls die Atmung etwas gestört. Von drei nahezu gleich grossen Zweigabschnitten blieb der eine intakt, der andere wurde der Länge nach gehälftet, der dritte wurde ebenso geviertelt.

Serie 69.

Eschenzweig gehälftet, geviertelt. Dauer 22 Stunden. T 15—18° C.

R		A
I	Der Zweig intakt	17,84
II	„ „ gehälftet	19,87
III	„ „ geviertelt	25,33

R 51. — Die Verwundung der Zweige bewirkt für die Messung einen Fehler, welcher A grösser erscheinen lässt. An solchen Zweigabschnitten werden die Knospen und Nadeln vorsichtig entfernt. Der Natur der Translokation entsprechend, herrscht in der

Rinde ein grösserer Stoffwechsel wie im Holz. Rinde und Holz werden vorsichtig getrennt:

Serie 70.

Holz und Rinde vierjähriger Zweige.

Dauer 9 Stunden 30 Minuten.

R		A
1	<i>Abies pectinata</i> , Holz	4,56
2	„ „ Rinde	2,858
3	<i>Pinus montana</i> , Holz	2,680
4	„ „ Rinde	5,690
5	<i>Larix leptolepis</i> , Holz	3,052
6	„ „ Rinde	18,60

R 52. — Wenn von *Abies* als Ausnahme abgesehen wird, ist A für die Rinde merklich grösser.

Das Verhältnis Rindenvolum zu Holzvolum wird von Jahr zu Jahr, wegen des geringeren Rindenzuwachses, für die Rinde ungünstiger. Daher muss die Atmungsgrösse sonst intakter Cylinderabschnitte im Lauf der Jahre sinken:

Serie 71.

Entnadelte Zweige im Februar (zu vergleichen mit „Entnadelte Zweige zur Kambialzeit“). Dauer 23 Stunden. T 15—18° C.

R		A
I	<i>Abies pectinata</i> , 1jährig. Zweig .	12,05
II	„ „ 2 „ „	12,94
III	„ „ 3 „ „	8,23

R 53. — Der Maximalwert der Rindenatmung liegt im zwei-jährigen und ist merklich höher wie im dreijährigen Abschnitt.

Koniferenzweige haben eine höhere Atmungsgrösse wie Laubhölzer. Jeder Art muss eine spezifische Atmungsenergie zugesprochen werden.

Serie 72.

Koniferenzweige ohne Nadeln im Februar (zu vergleichen mit „Koniferenzweige ohne Nadeln zur Kambialzeit“). T 13—15° C.

R		A
1	<i>Pinus silvestris</i>	20,32
2	<i>Taxus baccata</i>	11,93
3	<i>Larix europaea</i>	6,36
4	<i>Picea excelsa</i>	5,50
5	<i>Pinus Cembra</i>	5,67
6	<i>Abies pectinata</i>	36,04

R 54. — Der Maximalwert von A für die Koniferenzweige im Februar ist 36,04, der Minimalwert 5,50.

Serie 73.

Laubholzweige im Februar (zu vergleichen mit „Laubholzweige zur Kambialzeit“).
Dauer 17 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	<i>Quercus pedunculata</i>	5,262
2	<i>Tilia grandifolia</i>	5,828
3	<i>Fagus sylvatica</i>	2,343
4	<i>Fraxinus excelsior</i>	3,779
5	<i>Aesculus hippocast.</i>	5,576
6	<i>Carpinus betulus</i>	8,026

Die spezifische Atmungsenergie verdeckt den geforderten Unterschied zwischen immergrünen und Peridermzweigen. In der nachfolgenden Bestimmung liegen immergrüne R 1—3, Peridermzweige R 4—6:

Serie 74.

Immergrüne Zweige und Peridermzweige im Februar.
Dauer 22 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	<i>Ilex aquifolium</i>	4,511
2	<i>Nerium Oleander</i>	9,319
3	<i>Hedera Helix</i>	13,38
4	<i>Ampelopsis quinquefolia</i>	6,04
5	<i>Quercus pedunculata</i>	2,24
6	<i>Fraxinus excelsior</i>	18,11

R 55. — Der Maximalwert von A für Laubholzweige im Februar gehört der Esche mit 18,11, der Maximalwert der Buche mit 2,343 (s. Serie 73).

Serie 75.

Die laufendjährigen und die vorjährigen entblätternen Zweige zur Kambialzeit April, Mai. (Zu vergleichen mit den Winterserien.)

Serie 76.

Ulmus montana. 20. Mai. Versuchsdauer 7 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Vorjährige Zweige	2,7	1,1	2,455	190,9
5	Diesjährige Zweige	1,73	0,27	6,406	116

Serie 77.

R		$\frac{F}{T}$	A
---	--	---------------	---

30. April. Dauer 9,33 Stunden. T 17,5° C.

5	<i>Picea excelsa</i> , der laufendjährige Zweig	7,233	116,5
6	„ „ „ vorjährige „	2,526	22,56

1. Mai. Dauer 9,50 Stunden. T 16—17° C.

3	<i>Fagus silvatica</i> , der laufendjährige Zweig	4,500	67,02
4	„ „ „ vorjährige „	2,117	10,83

R		$\frac{F}{T}$	A
2. Mai. Dauer 10,5 Stunden. T 15–16° C.			
3	Carpinus betulus, d. laufendjährige Zweig	4,750	45,71
4	„ „ „ vorjährige „	2,563	12,02
29. April. Dauer 5,66 Stunden. T 18,5° C.			
3	Acer platanoides, d. laufendjährige Zweig	5,641	79,50
5	„ „ „ vorjährige „	2,035	11,80
1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14–18° C.			
3	Quercus pedunculata, d. laufendjähr. Zweig	5,386	57,61
5	„ „ „ vorjährige „	2,333	9,215
6. Mai. Dauer 4,33 Stunden. T 16° C.			
4	Abies pectinata, diesjähr. entnadelte Zweige	4,000	364,20
5	„ „ vorjähr. „ „	2,297	12,83

Serie 78.

9. Mai. Dauer 9 Stunden.

R		T	A
5	Salix fragilis, Rinde der vorjährigen Zweige	1,25	51,04
6	„ „ Holz „ „ „	2,7	14,38

Serie 79.

Entblätterte einjährige Zweige.

22. Oktober. Dauer 10 Stunden. T 17,5–19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
1	Carpinus betulus	4,5	2,25	2,00	1,35	5,999
3	Quercus pedunculata	4,4	2,00	2,20	2,06	10,30
4	Tilia parvifolia	4,6	2,00	2,30	1,48	7,401
5	Fagus silvatica	4,5	2,45	1,837	2,71	11,06

Diese Oktoberwerte von A sind zu dividieren in die entsprechenden des laufendjährigen Zweiges der Serie 77.

Es ergibt <i>Carpinus betulus</i> . . .	$\frac{45,71}{5,999}$	= 7,619.
<i>Quercus pedunculata</i> . . .	$\frac{57,61}{10,30}$	= 5,724.
<i>Fagus silvatica</i>	$\frac{67,02}{11,06}$	= 6,059.

R 56. — Die Oktoberwerte für A sind beträchtlich kleiner wie die Werte der Kambialzeit, aber merklich grösser wie die Februarwerte.

R 56 A. — Zusammenstellung für die Zweige:

a) Die Rindenatmung ist grösser wie die Atmung des Holzes.

b) Das Rindenvolum sinkt, oder besser: der Volumkoeffizient $\frac{V_h}{V_r}$, worin V_h das Holzvolum, V_r das Rindenvolum bedeutet, wächst mit der Zeit, jüngere Zweige müssen höhere Atmungswerte zeigen.

c) Die Verwundung bewirkt einen merklichen Fehler in der Beobachtung, welcher nicht ganz eliminiert werden kann.

d) Für den Februar kommt den Koniferen ein grösserer Wert für A zu gegenüber den Laubböhlzern.

e) Die Rindenatmung erreicht bei *Salix* zur Kambialzeit im Mai den dreifachen Wert der Holzatmung. (Serie 78.)

f) Zur Kambialzeit ist die Zweigatmung erhöht. Der Zweig (aus dem Februar) erreicht diese Werte für $\frac{Ac}{Af}$, worin Ac die Atmungsgrösse für die Kambialzeit, Af die Atmungsgrösse für den Februar bedeuten:

Name der Pflanze	$\frac{Ac}{Af}$	
<i>Quercus pedunculata</i>	$\frac{9,215}{5,262}$	= 1,747.
<i>Fagus silvatica</i>	$\frac{10,830}{2,343}$	= 4,622.
<i>Carpinus betulus</i>	$\frac{12,02}{8,026}$	= 1,497.
<i>Picea excelsa</i>	$\frac{22,56}{5,50}$	= 4,102.

g) Bis auf einen Fall (Serie 76) zeigen alle laufendjährigen Zweige im April und Mai ausserordentlich gesteigerte Atmung, be-

zogen auf die vorjährigen im Februar und im April und Mai. Die Werte der Koeffizienten $\frac{A_1}{A_v}$, worin A_1 die Atmungsgrösse des laufendjährigen, A_v diejenige des vorjährigen Zweiges bedeuten, sind für Ende April-Mai belegen auf 6., 7., 8.

7. Das Laubblatt.

Der grössere Aufwand wird im grünen Laubblatt getrieben. Die Flächenwirkung für die Anstösse der Gasmolekeln hat hier ihr Maximum. Nur die Blütenblätter können in dieser Hinsicht überwiegen. Die Entfaltung der aktuellen Energie für das gegebene Organ ist grossartiger, wie in jedem andern. Es müssen nach den Erfahrungen aus den Serien 1—79 Extreme vorkommen, welche alle früheren verschatten. Die Volumvergrösserung der Blätter mag von dem Anlagezustand nach dem Endzustand sich verhalten wie 1 zu einer Million im äussern Extrem, *Livistonia*, *Nymphaea*, *Viktoria* u. s. f. Sie mag sein 1 : 1000 bis 1 : 100 000 bei den hier herangezogenen Untersuchungsobjekten. An die Spitze mögen die immergrünen Blätter im Februar gestellt werden.

Serie 80.

a) Blätter der Immergrünen im Februar und Mai.

R		A	
Nadeln der Koniferen. Dauer 21 Stunden. T 15—18° C.			
1	<i>Thuja occidentalis</i>	19,19	N.-Am.
2	<i>Taxus baccata</i>	15,60	N.-Eu.
3	<i>Picea excelsa</i>	15,54	N.-Eu.
4	<i>Abies pectinata</i>	8,26	M.-Eu.
5	<i>Pinus montana</i>	10,20	M.-Eu.
6	<i>Juniperus communis</i>	26,50	N.-Eu.
Dauer 24 Stunden. T 15—18° C.			
I	<i>Nerium Oleander</i>	10,30	Mittelmeergebiet.
II	<i>Ilex aquifolium</i>	13,88	M.-Eu.
III	<i>Buxus sempervirens</i>	10,36	N.-Afr.
II	<i>Rochea falcata</i>	20,45	Cap.

R		A	
Dauer 29 Stunden. T 15—18° C.			
I	<i>Laurus nobilis</i>	11,80	Mittelmeergebiet.
II	<i>Camellia japonica</i>	5,06	Japan. China.
III	<i>Nerium Oleander</i>	10,75	Mittelmeergebiet.
Dauer 8 und 16 Stunden. T 17—18° C.			
1	<i>Dracaena indivisa</i>	1,09	Brasilien.
2	<i>Hyacinthus</i>	15,63	Mittelmeergebiet.
4	<i>Camellia japonica</i>	15,90	China. Japan.
5	<i>Yucca filamentosa</i>	10,19	Florida.
6	<i>Phyllodendron</i>	8,035	Trop. Asien.

Serie 81.

Blätter der Immergrünen.

R		Dauer St. M.	T ° C.	A	
1	<i>Mahonia aquifolium</i>	9 30	15—17,5	0	N.-Am.
4	<i>Livistonia austral.</i>	17 —	16—17	0,81	S.-Austral.
5	<i>Cycas revoluta</i>	17 —	15—16	4,76	Japan.
2	<i>Acacia longifolia</i>	17 —	16—17	2,99	N.-S.-Wales.
II	<i>Aucuba japonica</i>	29 —	15—16	7,64	Japan.
6	<i>Hedera Helix.</i>	9 30	15—17	9,870	N.-Eu.
III	<i>Hoya carnosa</i>	16 —	17—18	12,90	Indien.
I	<i>Prunus Laurocerasus</i>	7 —	16,5—17	16,55	Klein-As., Mittelm.
III	<i>Evonymus japonicus.</i>	9 30	15—17,5	17,71	Japan.
2	<i>Myrtus communis</i>	9 30	15—17,5	22,62	Mittelmeergebiet.
4	<i>Viburnum Tinus</i>	17 —	15—16	25,95	Mittelmeergebiet.
I	<i>Sedum acre</i>	18 —	16—17	27,32	N.-Eu.
3	<i>Metrosideros</i>	9 30	15—17,5	29,70	Indien. Trop. As.
II	<i>Ficus elastica</i>	7 45	17—18	25,57	Trop. As.
I	<i>Agave americana</i>	7 45	16—18	48,40	Trop. Am.

R 57. — Die Koniferen der nordisch gemässigten Zone zeigen bei den Temperaturen von 15—18° C den Minimalwert *Abies* 8,26, den Maximalwert *Juniperus* 26,50. Die tropischen und subtropischen

immergrünen Laubbölzer (beziehentlich immergrünen Blattpflanzen) den Minimalwert *Dracaena* 1,09, *Livistonia* 0,81, *Acacia* 2,99, die Maximalwerte *Ficus elastica* 25, *Agave* 48.

Die des gemässigten Ostasien: Minimalwert *Camellia* 5—15, Maximalwert *Evonymus* 17.

Kleinasien und Mittelmeergebiet: Minimalwert *Nerium*, *Buxus* 10, Maximalwert *Viburnum Tinus* 25.

Das südlich gemässigte Nordamerika (Florida): Minimalwert bezw. Maximalwert *Yucca* 10 bezw. 19.

Die wenigen nordeuropäischen Immergrünen: *Hedera* 9,87, *Ilex* 13,88.

Die Immergrünen mit Ausnahme der Sukkulenten (*Agave*, *Sedum*, *Rochea* u. s. f.) zeigen geringsten Wassergehalt, geringe Atmungsgrösse. Von Interesse schien der Vergleich der jungen Blätter immergrüner Pflanzen im Mai mit den vorjährigen.

Serie 82.

Junge Blätter und vorjährige der Immergrünen.

R		$\frac{F}{T}$	A
4. Mai. Dauer 10 Stunden. T 13—16° C.			
5	<i>Mahonia aquifolium</i> , junge Blätter	5,273	104,00
4	„ „ vorjährige Blätter	2,160	18,52
30. April. Dauer 9 Stunden 33 Minuten. T 17,5° C.			
3	<i>Picea excelsa</i> , junge Nadeln	6,295	69,85
3	„ „ vorjährige Nadeln	2,154	9,234
6. Mai. Dauer 9 Stunden. T 16° C.			
II	<i>Buxus sempervirens</i> , diesjährige Laubblätter	3,555	95,45
I	„ „ vorjährige „	2,400	19,08
6. Mai. Dauer 4 Stunden 5 Minuten. T 16—17° C.			
II	<i>Vinca minor</i> , diesjährige Laubblätter . .	4,982	143,2
I	„ „ vorjährige „	2,759	10,54
6. Mai. Dauer 4 Stunden 33 Minuten. T 16—17° C.			
2	<i>Abies pectinata</i> , diesjährige Nadeln . .	4,257	88,82
3	„ „ vorjährige Nadeln	2,348	63,46

Serie 83.

Hedera Helix, junge und alte Blätter. 20. Mai. Dauer 8,5 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Junge Blätter	1,10	0,24	4,583	62,75
3	Alte Blätter	1,40	0,501	2,795	23,48

R 58. — Für den Koeffizienten $\frac{F}{T}$ gilt für alte wasserarme und junge wasserreichere Blätter die Annäherung 2 : 4 bis 2 : 6. Für A aber ergeben sich die spezifischen Werte im Minimum:

$$\frac{88}{63} \text{ Abies pectinata} = 1,397, \quad \frac{143}{10} \text{ Vinca minor} = 14,300.$$

Die Atmung ist somit bei dem Übergang aus dem Knospenzustand nach dem Endzustand ausserordentlich gesteigert gegenüber dem fertigen Zustand.

Am Schluss der Betrachtung der Immergrünen möge hier die Untersuchung einer Korrektur festgelegt werden, welche bei den Laubbölzern einen geringeren, bei den Nadelhölzern einen höheren Einfluss üben muss. Wenn in einem Organsystem, Zweig und Nadeln, der Zweig mit den Nadeln dem Atmungsversuch unterworfen wird, so können die Reservekörper des einen während des Versuchs den Verbrauch des andern Organes decken durch die Translokation. Diese ist unmöglich gemacht, wenn beide Organe getrennt untersucht werden:

Serie 84.

Die Nadeln mit dem Zweig, der Zweig allein, die Nadeln allein.

Taxus baccata. 17. Oktober. Dauer 15 Stunden. T 21° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
3	Zweige m. d. Nadeln	Zw. 1,31	0,56	2,696	4,63	18,05
		Nad. 3,30	1,15			
		4,61	1,71			
4	Zweige allein	1,51	0,56	2,697	1,23	14,64
5	Nadeln allein	3,10	1,1	2,818	1,48	8,971

Auf nahezu das gleiche Trockengewicht vor der Zerlegung kommt somit die Atmungsgrösse 18,05, nach der Zerlegung dagegen 23,611. Nach den Resultaten in R₄ und R₅ müsste in R₃ gefunden werden aus den Gewichtsrelationen (unter 3 T):

für 0,3275	Trockengewicht der Zweige an Kohlensäure	4,795			
„ 0,6725	„ „ Nadeln „ „				6,032
für 1,000 gr Trockengewicht zusammen					10,827.

In Wirklichkeit wurden beinahe 8 cm³ mehr gefunden. Hieraus ist zu folgern:

R 59. — Machen in einem Organkomplex (Nadeln, Zweige) die Organe ungleichen Atmungsanfang, so deckt die Translokation aus einem Organ nach dem andern den Aufwand und es wird die Atmungsgrösse des Komplexes grösser wie die Atmungsgrösse der beiden getrennten Organe.

b) Sommergrüne Laubblätter.

Es liegt in der Natur der Sache, dass der jüngste Zustand der Blätter schwer für unsere Untersuchung herangezogen und dass die gleiche Phase für verschiedene Spezies nicht vergleichsweise herausgegriffen werden kann. Wohl aber kann für eine und dieselbe Art die Mai-Phase mit der Juni-Phase, mit der Oktober-Phase verglichen werden.

Serie 85.

Junge Laubblätter im April—Mai.

R		F T	A
1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 16—17° C.			
6	Vaccinium Myrtillus	7,273	181,9
2	Fagus sylvatica	4,167	71,06
28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.			
III	Aesculus hippocastanum	4,914	114,7
29. April. Dauer 5,66 Stunden. T 18,5° C.			
2	Acer platanoïdes	4,752	233,2
4	„ „ Blattstiele	7,450	93,54

R		$\frac{F}{A}$	A
2. Mai. Dauer 10,5 Stunden. T 15—16° C.			
2	Carpinus betulus	3,400	43,81
29. April. Dauer 6 Stunden. T 18,5° C.			
II	Ulmus montana	4,799	259,6
III	Tilia parvifolia	4,762	195,6
4. Mai. Dauer 5 Stunden. T 15,5° C.			
6	Magnolia Yulan	6,400	81,61
1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.			
2	Quercus pedunculata	4,048	60,87
28. April. Dauer 9 Stunden. T 17—18° C.			
6	Larix europaea	4,183	82,79

R. 60. — Der beobachtete Maximalwert für A von jugendlichen Normallaubblättern der Sommergrünen, also im Übergang aus der potentiellen in die aktuelle Energie: *Ulmus montana* 259. Der Minimalwert: *Carpinus betulus* 43,81. Minimal $\frac{F}{T}$: 4,048 *Quercus*; Maximal $\frac{F}{T}$ 7,450 *Acer*, Blattstiel.

Panachirte und rote Varietäten müssen gegenüber Normalgrünen Unterschiede ergeben:

Serie 86.

Junge panachirte und rote Laubblätter.

R		$\frac{F}{T}$	A
3. Mai. Dauer 5,33 Stunden. T 15—18° C.			
I	<i>Acer Pseudoplatanus</i> , stark panachirt	9,462	140,00
II	„ „ schwach „	6,340	143,00
III	„ „ nicht „	4,743	150,2
4. Mai. Dauer 10 Stunden. T 13—16° C.			
3	<i>Fagus silvat.</i> , Variet. Blutbuche, rotes Laub	4,321	74,63
4	„ „ die grünen Blätter	4,500	77,67

R 61. — Die Normalgrünen zeigen für A 150, die stark Panachirten 140. Die Normalgrünen 77 gegenüber der Rotvarietät 74.

R 62. — Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ für Panachirte 9,4, für Normalgrüne 4,7, für Rotvarietät 4,321, für die Normalgrüne 4,500.

Nach einiger aber nicht vollendeter Erstarkung der Blätter vom 8. Mai wurde der Verlust der Turgeszenz herangezogen:

Serie 87.

Turgeszente und welke Blätter. 8. Mai. Dauer 5 Stunden. T 18–20° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Aesculus hippocastanum, junges turgeszentes Blatt	5,184	166,6
II	Aesculus hippocastanum, durch Welken erschlafte Blatt	4,999	169,2
III	Aesculus hippocastanum, durch Knittern erschlafte Blatt	4,583	208,3

R 63. — Absoluter Turgorverlust steigert den Wert A von 166 auf 208.

Mitte Juni schon sind die Blätter einiger Rosskastanien vollkommen erstarkt.

Serie 88.

Laub nach der vollen Entfaltung.

19. Juni. Dauer 6 Stunden 10 Minuten. T 16,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Quercus pedunculata	2,3	0,96	2,395	46,89
2	Acer Pseudoplatanus	1,8	0,70	2,571	43,10
4	Carpinus betulus	2,25	0,90	2,500	29,84

R 64. — Im Juni liegt der Koeffizient $\frac{F}{T}$ bei 2,3–2,5, Der Minimalwert für A Carpinus betulus 29, der Maximalwert Quercus 46.

Ende Oktober, kurz vor dem Blattfall (1897 früher Blattfall):

Serie 89.

Laubblätter am 17. Oktober. Dauer 4 Stunden 40 Minuten. T 19–21° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
I	<i>Fagus silvatica</i>	5,0	2,25	2,222	6,87	65,52
II	<i>Aesculus hippocastanum</i> . . .	4,9	1,61	3,044	6,49	86,50
III	<i>Ulmus montana</i>	5,2	2,21	1,663	7,14	69,33
3	<i>Quercus pedunculata</i>	5,0	1,69	2,959	4,49	57,01

Herbstrote und grüne Blätter von *Ampelopsis quinquefolia* am 17. Oktober.

Dauer 4 Stunden 40 Minuten.

4	Rote Blätter	5,2	1,01	5,148	3,04	66,09
5	Grüne Blätter	5,4	0,82	6,586	0,99	25,90

R 65. — Für den Koeffizienten $\frac{F}{T}$ im Oktober *Ulmus montana* 1,66, der Maximalwert *Ampelopsis* 6,58. Für A Minimalwert *Ampelopsis* grüne Blätter 25,90, der Maximalwert *Aesculus* 86.

R 66. — Die herbstroten *Ampelopsis*blätter für A 66, die grünen A 25.

R 67. — Zusammenstellung.

1. Die Atmung ist nach S 86, R 61 eine Chlorophyllfunktion.
2. Das absolute Maximum für A fällt in den frühen Zustand der Laubentfaltung, mit dem Fortschreiten dieser sinkt A.

	28 Apr.—2. Mai		Juni		Oktober	
	$\frac{F}{T}$	A	$\frac{F}{T}$	A	$\frac{F}{T}$	A
<i>Carpinus betulus</i> , 2. Mai . . .	3,40	43,81	2,50	29,84		
<i>Quercus pedunculata</i>	4,408	60,75	2,395	46,89	2,959	57,01
<i>Fagus silvatica</i>	4,167	71,06			2,222	65,00
<i>Aesculus hippocastan.</i>	4,914	114,7			3,044	86,50
<i>Acer platanoïdes</i> , Pseudopl. .	4,752	233,2	2,571	43,10		
<i>Ulmus montana</i>	4,799	259,6			1,663	69,33

3. Alle Juni- und Oktoberwerte für A sind niedriger wie die April-Maiwerte. Die Oktoberwerte sind etwas höher wie die Juniwerte (höhere Temperaturen im Versuchsraum).

4. Alle Oktoberwerte für $\frac{F}{T}$ sind niedriger wie die April-Maiwerte.

c) Durch Insekten beeinflusste Blätter.

In diesen Messungen ist das Material geordnet nach der Grösse der krankhaften Umgestaltung der Laubblätter. Es sind zum Teil Frassobjekte, zum Teil Hypertrophieen infolge der Eingriffe von seiten der Insekten während ihrer Entwicklung. Der Fehler der Atmung des Insektes oder dessen Larve kann leider — dies liegt in der Natur der Sache — nicht eliminirt werden.

Serie 90.

Fagus silvatica, gesundes und orchessteskrankes Laub.

18. Juni. Dauer 6 Stunden 50 Minuten. T 15,5—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Das gesunde Laub	2,5	0,96	2,604	16,69
4	Das kranke Laub	2,2	0,95	2,390	19,15

R 68. — A ist für das kranke Laub merklich grösser. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ ist für das gesunde Laub grösser.

Serie 91.

Alnus glutinosa. 19. Juni. Dauer 3 Stunden 40 Minuten. T 16,5—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesundes Laub	2,25	0,65	3,461	68,10
II	Phytocoptuslaub	1,35	0,42	3,215	40,99

R 69. — A ist für das kranke Laub merklich kleiner. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ ist für das gesunde Laub grösser.

Serie 92.

Tilia grandifolia. 22. Mai. Dauer 3 Stunden. T 17—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Blätter	1,50	0,45	3,334	115,5
II	Phytooptusblätter, schwache Hypertrophie	2,25	0,65	3,461	107,2
	Atmung des Parasiten jedenfalls verschwindend.				

R 70. — A ist für das kranke Laub merklich kleiner. (Deckt sich mit R 69.) $\frac{F}{T}$ ist für das kranke Laub grösser.

Serie 93.

Tilia grandifolia, Blatt gesund und mit Caecidomyengallen.

18. Mai. T 18,5—19,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
4	Gesundes Blatt.	0,301	0,052	5,789	26,58	153,8
5	Blattabschnitt mit 10 jungen roten Gallen	0,260	0,041	6,342	30,76	163,6

R 71. — A ist für die krankhafte Deformierung merklich grösser. $\frac{F}{T}$ ist für die Gallen grösser.

Serie 94.

Ribes nigrum (Aphis species). 1. Mai. Dauer 4,5 Stunden. T 15—16° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
II	Krankes Laub, Hypertrophieen	5,142	109,1
I	Gesundes Laub	4,363	96,16

R 72. — A ist für die krankhafte Hypertrophie merklich grösser. $\frac{F}{T}$ ist für das kranke Laub grösser.

Serie 95.

19. Mai. Versuchsdauer 6,5 Stunden. T 19–20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Prunus Padus, gesundes Blatt .	1,05	0,26	4,038	127,8
II	„ „ , lauskranke Blatt	1,09	0,301	6,313	160,4

R 73. — A ist für die krankhafte Deformierung erheblich grösser. $\frac{F}{T}$ ist für das kranke Laub erheblich grösser.

Serie 96.

Cynips, Terminalgallen. Quercus sessiliflora, 2–3 cm im Durchmesser.

20. Mai. Versuchsdauer 40 Minuten. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Zwei Eichengallen, intakt . . .	3,4	0,5	6,8	378,7
II	„ „ zerschnitten .	4,4	0,5	7,33	436,8

R 74. — Keiner der Werte für A bei der Eiche erreicht die hier vorliegenden. Der Maximalwert für das junge Blatt ist nach Serie 85 gleich 60,87. $\frac{F}{T}$ ist für die Deformierung erheblich grösser wie für die normalen Blätter der Eiche: Mai 4,048, Juni 2,395.

Serie 97.

Chermes abietis. Picea excelsa. 18. Juni. Versuchsdauer 5,25 Stunden. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	10 mm grosse Knospendeformig.	4,2	1,10	3,818	28,39
II	Vorjährige gesunde Nadeltriebe	1,55	0,65	2,384	15,82
III	Diesjährige „ „	1,40	0,40	3,499	18,09

R 75. — A ist für die krankhafte Deformierung erheblich grösser wie für diesjährige und vorjährige gesunde Nadeltriebe. $\frac{F}{T}$ ist für die Deformierung grösser wie für die Normaltriebe.

R 76. — Zusammenstellung: In den Hypertrophieen ist in den gegebenen Phasen der Koeffizient $\frac{F}{T}$ in 5 Fällen (unter 9 Fällen) grösser wie im gesunden Laub.

A ist in 7 Fällen merklich bis ganz erheblich grösser für die erkrankten Organe gegenüber den normalen.

Man wird hieraus mit Sicherheit schliessen dürfen, namentlich mit Hinsicht auf Serie 96, dass Hypertrophieen unter ausserordentlich grossem Atmungsaufwand vollführt werden, im Vergleich zu den Pilzen somit (s. oben Serie 24—40):

In fast allen Fällen kommt durch den Pilzeingriff die Atmungsgrösse des Pilzgastes und unter Umständen die durch Hypertrophieen gesteigerte Atmung des Wirtes in A zum Ausdruck.

In fast allen Fällen kommt bei der durch Insekten veranlassten Hypertrophie des Wirtes die dieser Hypertrophie entsprechende gesteigerte Atmung des Wirtes in A zum Ausdruck.

Vorgreifend in ein zweites Gebiet, die Verwesung, möge hier eine Versuchsserie Platz finden:

Serie 98.

Buchenlaubstreu, sterilisirt in Äther und Alkohol.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
Dauer 50 Stunden 20 Minuten. T 20° C.					
I	Die Streu trocken	16,00	3,20	5,00	0,1118
Dauer 51 Stunden. T 20° C.					
II	Die Streu mit sterilisirtem Wasser benetzt	16,00	3,20	5,00	4,681

R 77. — Die Streu zeigt im sterilisirten und im trockenen Zustand eine verschwindende, im sterilisirten aber nassen Zustand eine ganz merkliche Kohlensäureausscheidung. Eichenlaubstreu, im März untersucht, ergibt für A den Wert 11,01.

Serie 99.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
III	Schwarze Hochwalderde	11,20	5,00	2,240	3,169
II	Ackererde (Nenhaus)	14,7	12,10	1,213	0,103
I	Vermorschte Eisenbahnschwelle, Eiche	4,4	1,9	2,317	0,8296

R 78. — Im nicht sterilisirten Zustand ist die Kohlensäureausscheidung schwarzer Hochwalderde beträchtlich zu nennen gegenüber der Ackererde und gegenüber einer vermorschenden Eisenbahnschwelle aus Eichenholz.

Von einem Mitglied der Limes-Kommission wurden hierher Holzbruchstücke aus dem Pfahlgraben im Nassauischen eingesandt. Die Bestimmung der Hölzer ergab: *Alnus*, *Quercus*, *Corylus*, *Carpinus*. Die Kohlensäuremengen:

Serie 100.

Pfahlgrabenhölzer *Carpinus*, *Quercus*, *Corylus*.

8. Juli. Dauer 24 Stunden. Temperatur 18—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Die Holzstückchen im nassen Zustand	10	5,2	1,923	1,561

Nachdem die vorstehende Bestimmung ausgeführt war, wurden die Holzstücke im Wasserbad getrocknet, mit Äther $\frac{1}{3}$, Alkohol $\frac{2}{3}$ benetzt, im Wasserbad getrocknet, sodann mit sterilisirtem Wasser benetzt und von neuem in die Rezipienten gegeben. Der Rechnungsbeleg möge hier folgen:

Zeit	Temp.	Barometerstand	Spiegeldifferenz
Freitag, 9. Juli nachm. 3 Uhr	19,2	755,5	+ 3 .
Donnerst., 15. Juli vorm. 9 Uhr	19,5	750,0	— 9

Hieraus:

Anfangsvolum, A	Endvolum, E
lg V 2,0170	2,0170
lg P 0,8800	0,8802
2,8970	2,8972
lg 1 + αt 0,0995	0,0299
2,8675	2,8673.

Die Differenz $E - A = 0,03$ für 6 Tage somit gleich Null.

R 79. — Nicht sterilisirte Pfahlgrabenhölzer machen im nassen Zustand einen kleinen aber merklichen Aufwand von Kohlen-säure. Im sterilisirten Zustand ist diese Ausscheidung fast gleich Null.

8. Blütenknospen und Blüten.

Die Atmungsgrösse schwankt hier in den weitesten Grenzen, je nach der Phase, in welcher die Blütenknospe steht und je nach der Speziesenergie. Auch kann die Laubknospe im Frühling, dafern sie in ihrem Innern die Evolution früher vorbereitet, wie die Blütenknospe höhere Werte der Atmungsgrösse aufweisen. Im allgemeinen ist die Phase entscheidend.

Der Phasenunterschied der Blüten einer Art durch mikroskopische Untersuchung festzustellen ist nicht zu ermöglichen gewesen.

Es ist daher bei Vergleichen auf das Datum Gewicht zu legen.

a) Kleinblütige (Kätzchenblüten).

Serie 101.

Männliche Kätzchen. Ende Februar im Vergleich mit den Laubknospen.

Dauer 3–8 Stunden. T 14–18° C.

	A
<i>Alnus viridis</i> , Kätzchen	7,459
„ „ Laubknospen	9,05
<i>Corylus Avellana</i> , Kätzchen	54,49
„ „ Laubknospen	24,02
<i>Betula alba</i> , Kätzchen	2,463
„ „ Laubknospen	7,767

R 80. — Der Maximalwert für A gehört den Kätzchen von *Corylus*, 54 gegenüber 24 für die Laubknospen. Minimalwert der Birke mit 2,46 gegenüber 7,76 für die Laubknospen. Im zeitigen Frühling kann A für die Laubknospen höhere Werte haben gegenüber den Blütenkätzchen und umgekehrt. Es hängt dies ab von dem spezifischen Phasenwechsel der Organkomplexe und Organe.

Serie 102.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
	12. März. Dauer 11 Stunden. T 16—17° C.					
1	<i>Salix cinerea</i> , männliche .	2,21	0,50	4,42	0,51	9,27
	4. Mai.					
6	<i>Populustremula</i> , jung. Frücht.			3,334		47,12
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.					
4	<i>Quercus pedunculata</i> , männl.			4,918		95,83
	1. Mai. Dauer 4 Stunden. T 15,5° C.					
III	<i>Luzula campestris</i> . . .			4,509		153,1

R 81. — Der Maximalwert für A bei *Luzula* 153.

b) Die Abietineen.

Der Phasenwechsel der Männlichen fällt zeitlich nicht mit dem Phasenwechsel der Weiblichen zusammen. Wie in der Natur der Sache liegt, haben die Messungen nur Bedeutung als spezifische Angaben im Vergleich zu den früher betrachteten vegetativen Teilen.

Serie 103.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
	12. März. Dauer 10 Stunden. T 16,5—18,5° C.					
2	<i>Pinus montana</i> , weibliche Zapfen aus dem vorigen Jahre	5,70	2,30	2,778	1,73	25,07
	20. Mai. Dauer 40 Minuten. T 20° C.					
III	<i>Pinus silvestris</i> , männl. Blüten	2,8	0,72	3,890		231,8

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
	29. Mai. Dauer 11 Stunden. T 16,5–18,5° C.					
2	Pinus silvestris, weibl. Blüten	3,05	0,071	4,351		91,03
	1. Mai. Dauer 4,75 Stunden. T 16,5° C.					
I	Picea excelsa, männl. Blüten			3,922		95,88
	1. Mai. Dauer 4,75 Stunden. T 16,5° C.					
II	Picea excelsa, weibl. Blüten			4,354		146,0

R 82. — Maximalwert der männlichen Blüten 231 (Pinus), der weiblichen 146 (Picea) gegenüber dem Maximalwert der vegetativen Organe mit 167 für die Keimwurzel (s. oben).

c) Grossblütige Pflanzen.

Hier gilt dasselbe: die Phase entscheidet. In einem Organkomplex wie der Blütenstand ist, kann im gegebenen Zeitpunkt ein Organ, welches später das absolute Maximum für A aufweist, im Minimum für A stehen, z. B.:

Bei *Convallaria* war in der gegebenen Phase die Blütenstandsaxe (Stengel) noch in der Streckung, die Blätter waren ausgewachsen, die Blüten im Knospenzustand.

Serie 104.

Cavallaria majalis. März. Dauer 15 Stunden. T 13–15° C.

R		F	T	$\frac{T}{F}$	A
6	Stengel	1,70	0,15	1,157	35,88
2	Laubblätter	1,25	0,14	8,92	43,52
3	Hochblätter	0,36	0,05	7,209	11,33
4	Blütenknospen	0,30	0,015	20,00	31,56

R 83. — Die Maximalwerte kommen dem Stengel und den Laubblättern, die Minimalwerte den Hochblättern und Blütenknospen zu.

Ganz anders gestaltet sich das Verhältnis zur Zeit der Blüte für *Helleborus* im Februar, *Hyacinthus* im März. Die Relationen für das Frischgewicht der Blütenteile von *Helleborus niger* sind:

Vier Stück intakte Blüten . . .	Gramm	2,60
Antheren aus 12 Blüten	„	2,25
Karpelle „ 12 „	„	1,25

Serie 105.

Helleborus niger. Februar. Dauer 5 Stunden 50 Minuten. T 15—18,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Intakte Blüte, 4 Stück . . .	2,60	0,60	4,333	117,4
II	Antheren aus 12 Blüten . . .	2,25	0,51	4,412	139,90
III	Karpelle „ 12 „	1,85	0,31	5,968	128,30
1	Korolle allein, 5 Blüten . . .	3,4	0,55	6,181	137,20

R 84. — Der Maximalwert für A kommt dem männlichen Sexualorgan zu. Die Korolle überwiegt die Karpelle.

Serie 106.

Hyacinthus. März. T 17—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
III	Korolle aus 30 Blüten . . .	5,80	0,75	7,732	157,00
II	Karpelle „ 30 „	0,70	0,21	3,334	84,98
I	Antheren „ 30 „	0,16	0,05	3,200	82,00
II	Junge Frucht, kurz nach dem Abblühen	2,60	0,21	1,238	85,04

R 85. — Auch hier überwiegt das männliche Sexualorgan: das absolute Maximum gehört der Korolle.

Serie 107.

Magnolia Yulan. 4. Mai. Dauer 5 Stunden. T 15,5 C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Korolle	11,11	226,7
4	Antheren aus 3 Blüten	6,50	22,00
5	Karpelle	8,273	100,00

R 86. — Hier gehört das Maximum für A den Karpellen gegenüber den Antheren. Das absolute Maximum, wie vorher, kommt der Korolle zu.

9. Von der Blütenknospe bis zur Frucht und dem Samen.

Bei dieser Evolution liegt, wenn die Versuchsreihe bis nahe zu der Frucht und Samenreife durchgeführt wird, der Minimalwert am Schluss. Alle Früchte und Samen lassen mit dem Heranreifen zuletzt ihre Atmungsgrösse sinken. Die Kenntnis der speziellen Embryologie muss hier selbstredend vorausgesetzt werden. Das Versuchsmaterial ist von dem unvollkommeneren zu den vollkommeneren Versuchsserien fortschreitend geordnet.

Serie 108.

Acer, Blütenknospe bis Frucht.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
	März. Dauer 11 Stunden. T 16–17° C.					
3	Acer rubrum, Blütenknospen	0,90	0,26	3,461	2,52	88,10
	24. Mai. Dauer 2 Stunden. T 18–20° C.					
I	Acer platanoïdes, junge Früchte	4,2	0,82	5,122		140,9

R 87. — Maximalwert lange vor der Reife am 24. Mai 140,9. Mitte März bis 24. Mai. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ wächst.

Serie 109.

Sambucus racemosa.

R		$\frac{F}{T}$	A
	März. Dauer 4 Stunden 50 Minuten. T 15–16° C.		
3	Blütenknospen	3,50	73,36
	6. Mai. Dauer 4 Stunden 33 Minuten. U 17° C.		
6	Junge Früchte	7,382	159,5

R 88. — Maximalwert für A 159,5. Periode März bis 6. Mai. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ wächst.

Serie 110.

Secale cereale.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	18. Juni. Dauer 2 Stunden. T 15,5–16° C.				
2	Zwei Ähren kurz nach der Blüte	4,80	1,42	3,380	28,32
	28. Juni. Dauer 5 Stunden 20 Minuten. T 22° C.				
I	Drei Ähren, das Korn 8 mm lang	4,95	1,85	2,543	58,69
	7. Juli. Dauer 3 Stunden. T 18–19° C.				
3	Zwei Ähren, das Korn 8 mm lang	5,01	2,10	2,385	23,85

R 89. — A hat ein absolutes Maximum in der zweiten Bestimmung 58,69, von welchem ab A bis 23,85 sinkt. $\frac{F}{T}$ sinkt vom Anfang bis zum Ende (Natur der Embryologie).

Serie 111.

Ulmus montana. Früchte und Blätter.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	29. April. Dauer 6 Stunden. T 18,5° C.				
I	Junge Früchte			7,204	111,90
	20. Mai. Dauer 7 Stunden. T 19° C.				
2	Junge Früchte	1,52	0,20	7,609	104,30
2	Blätter	2,05	0,46	4,457	103,00

R 90. — A sinkt vom 29. April bis zum 20. Mai. $\frac{F}{T}$ wächst der Natur der Embryologie entsprechend. Die Blätter und fast ausgewachsene Früchte zeigen fast gleiche Atmungsgrösse, bei ganz verschiedenem Wert für $\frac{F}{T}$ (zufällige Koinzidenz.)

Serie 112.

Fraxinus excelsior.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	22. Mai. Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 17–19° C.				
I	Junge Früchte, nach dem Abblühen	3,40	0,75	4,533	140,4

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
18. Juni. Dauer 2,40 Stunden. T 15,5–16° C.					
5	Junge Früchte	4,40	1,30	3,386	25,16
7. Juli. Dauer 4 Stunden. T 18–19° C.					
1	Same, fertiges Endosperm . .	2,07	0,50	5,400	184,0
6	Die Frucht ohne die Samen .	2,90	0,85	3,412	35,85

R 91. — Die Esche hat 2 Maxima, welche nicht befremden dürfen. Das erste Maximum 140 entsteht kurz nach dem Sexualakt, sodann streckt sich das Karpid und zeigt später ein Minimum, weil die Streckung der Samenknope und deren Endospermbildung sehr viel später eintreten und das zweite Maximum 184 für A herbeiführen. Es kommt in der vorliegenden Reihe zur Konvergenz nach dem letzten absoluten Minimum, hier mit 35,85 für die Fruchtschale vor der Samenreife.

Serie 113.

Pisum sativum. 7. Juli. Dauer 4 Stunden. T 18–19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Schoten ohne Samen	12,2	1,50	8,134	40,66
4	Die reifen Samen	12,80	3,20	4,000	24,63

R 92. — Die Früherbse zeigte reife Samen mit kleinerem Wert für A gegenüber den Schoten. Der Wert $\frac{F}{T}$ ist für die Schoten doppelt so gross als für die reifen Samen.

Serie 114.

Prunus avium.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
28. April. 9 Stunden. T 17–18° C.					
III	Blüte			4,827	153,3
6. Mai.					
5	Abgeblüht, junge Früchte . .			4,903	122,90

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	20. Mai. Dauer 6,5 Stunden. T 18—20° C.				
I	Junge Früchte, Endospermgallert	5,10	0,65	7,847	135,8
	26. Mai. T 16,5° C.				
I	Junge Frucht	4,00	0,65	6,155	90,42
	16. Juni. T 19—20° C.				
II	Junge Frucht, erhärteter Stein .	6,60	1,84	3,66	55,16
	7. Juli. T 18—19° C.				
II	Drei reife Kirschen	14,00	3,20	5,508	6,539

R 93. — Ganz genau der speziellen Embryologie der Kirsche entsprechend, kommen zwei Maxima für A vor. Das erste Maximum 153,3 gehört der offenen Blüte, ein Minimum 122 entsteht nach dem Abblühen, ein zweites Maximum während des Heranwachsens der jungen Frucht; Bildung der Endospermgallert und Anlegung des Keimlings 135. Von nun ab mit dem Erhärten des Steines, mit dem Heranwachsen des Keimlings, der Resorption des Endosperms kontinuierliches Sinken der Werte für A bis zum Minimum 6,5 zur Zeit der Kirschenreife. (7. Juli.) Ähnliche Periode zeigt der Wert $\frac{F}{T}$ wie es gefordert werden muss nach der Karpologie der Kirsche.

Serie 115.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	4. Mai. Dauer 5 Stunden. T 15,5° C.				
III	Ribes aureum, Blüte			6,566	200,8
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.				
II	Ribes nigrum, 20 Blüten			9,545	111,1
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 18° C.				
I	Ribes nigrum, 14 junge Früchte			8,547	70,8
	26. Mai. Dauer 1 Stunde 40 Minuten.				
III	Ribes nigrum, junge Frucht . . .	3,15	0,601	5,241	60,15
	16. Juni. Dauer 1 Stunde 40 Minuten.				
III	Ribes nigrum	8,60	1,20	7,166	20,09

R 94. — Ein einziges Maximum 200 in der Blüte und stetes Sinken bis zum Minimum 20,09 in der Zeitnähe der Fruchtreife (16. Juni). $\frac{F}{T}$ hat der Karpologie entsprechend zwei Maxima.

Serie 116.

Pirus Malus und Pirus communis.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 17—18° C.				
5	Pirus Malus, Blütenknospen . . .			5,572	125,07
	1. Mai. Dauer 4 Stunden 30 Minuten. T 15—16° C.				
III	Pirus Malus, Blüte			5,960	123,05
	„ „ soeben abgeblüht . . .	2,5	0,55	4,545	151,1
	6. Mai. Dauer 4 Stunden. T 15—16° C.				
2	Pirus communis, junge Frucht . . .			3,943	93,54
	26. Mai. T 16,5° C.				
II	Pirus Malus, junge Frucht . . .	2,65	0,71	3,785	102,40
	15. Juni. T 17° C.				
I	Pirus Malus, junge Frucht . . .	7,50	1,25	6,001	87,38
	7. Juli. T 18—19° C.				
III	Pirus Malus, junge Frucht . . .	12,5	1,40	8,930	75,11
	T 15—18° C.				
III	Pirus Malus, reifer Apfel im Febr.		1,40		13,43

R 95. — Mit Bestimmtheit können hier drei Maxima, welche mit der speziellen Embryologie nicht im Widerspruch stehen, definiert werden. Der Wert $\frac{F}{T}$ hat im Beginn ein Maximum und strebt am Schluss der Entwicklung, der saftigen Frucht entsprechend, dem zweiten zu.

Serie 117.

Aesculus hippocastanum.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.				
II	Blütenknospe, 3—5 mm gross . . .			4,063	151,4

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
8. Mai. Dauer 5 Stunden. T 18–20° C.					
2	Blütenknospen			6,524	149.6
18. Mai.					
2	Blütenknospen kurz vor dem Aufblühen	3,05	0,462	6,198	151,9
3	Blüte vor dem Stäuben	1,95	0,26	7,499	111,9
22. Mai.					
I	Die Blüte kurz nach dem Stäuben	1,50	0,30	5,00	129,1
II	Das Gynaeceum allein aus dieser Blüte	2,90	0,55	5,272	191,4
27. Mai. Dauer 1 Stunde. T 17° C.					
I	Junge Früchte, 12 mm gross	14,4	2,6	5,538	222,7
19. Juni. Dauer 2 Stunden. T 16,5–16,7° C.					
III	Junge Früchte	11,90	2,30	5,174	46.52
7. Juli. Dauer 1 Stunde. T 18–19° C.					
III	Junge Früchte	16,6	2,70	6,148	59.26

R 96. — Ein Maximum für A liegt in der Blütenknospe, ein zweites im Karpell nach der Blüte mit 222: von da ab bis 7. Juli ein Minimum und das Zustreben nach einem dritten Maximum, welches der Embryobildung entspricht. Der Wert $\frac{F}{T}$ weist zwei Maxima und das Zustreben zum dritten nach.

Generalübersicht. — Die Phanerogamen. — Einer jeden Pflanze kommt eine bestimmte Energiegrösse der Evolution zu, welche in der Massenbewegung einerseits, in der Atmungsgrösse andererseits bemessen werden kann. Von der Aussaat beginnend, wächst A mit der soeben beginnenden Keimung. Von den Keimorganen weist die Keimwurzel den grössten Wert für A auf, dem Keimstamm kommt ein kleinerer, den Reservebehältern (Endosperm, Kotyledonen) ein kleinster Wert zu. In der Keimphase bis zur vollen Entfaltung der Embryonalorgane liegt das erste Maximum der durch A gemessenen Energie. Für die Winterruhe kommen für Zweige (Holz und Rinde), Knospen, Wurzeln, absolute Minimalwerte für A, Minimalwerte auch den immergrünen Blättern im

Winter zu. Mit dem blossen Erwachen kambialer Thätigkeit in den Zweigen wächst A. Mit der ersten Streckung der Interfolien in den Knospen tritt das zweite absolute Maximum für A ein. Für die Laubblätter der immergrünen und sommergrünen liegt das Maximum im Beginn der Entfaltung. A sinkt im Sommer nach voller Entfaltung und wächst wenig bis Oktober-November vor dem Blattfall. Das dritte Maximum gehört der Blüte, in Schwebungen Maxima, Minima-Maxima, Minima, aber durchaus abhängig von den verwickelten Vorgängen im Innern der Früchte und Samen, sinkt A bis zum absoluten Minimum, welches Null wird während und nach der Samenreife, also während der Periode der Ruhe.

Jeder Pilzeingriff in der Entwicklung steigert A für die befallenen Organe des Wirtes. Durch Insekten erzeugte Hypertrophieen zeigen ebenso höhere Werte für A. Hier kann nicht immer entschieden werden, ob die Atmung des Parasiten oder die Energie der Hypertrophie das Steigen des Wertes A bewirken.

10. Phanerogamen-Parasiten und Bleichlinge.

Die chlorophylllosen, nicht- oder fakultativ-parasitären Pflanzen zeigen, dass auch bei chlorophylllosen Phanerogamen grosse, kleine und Mittelwerte für A auftreten, je nach den Organen und der Rassenenergie.

Serie 118.

Monotropa hypopitys. 10. Juli. Dauer 4—6 Stunden. T 18,2° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Stengel und Infloreszenz, umgekehrt im Lot ↓	3,72	0,51	7,293	30,39
4	Infloreszenz allein, aufrecht im Lot ↑	3,70	0,52	7,115	35,89
5	Stengel ohne Infloreszenz, aufrecht im Lot ↑	8,50	0,90	9,445	17,22
	Für R 2 und R 4 die Umkehrung.				
2	Stengel und Infloreszenz, aufrecht im Lot ↑				26,00
4	Infloreszenz, umgekehrt im Lot ↓				34,01

R 97. — Die bleichbeblätterten farblosen Stengel zeigen nur 27,22 für A. Der Infloreszenz kommt der Maximalwert zu mit 34,01. Leider war es nicht zu ermöglichen, die Pflanze vor der Beugung der Infloreszenz zu untersuchen. Bei aufrechter Stellung des Stengels hängt der Blütenstand um 180° über, so dass die Scheitel der Blüten erdwärts orientirt sind. Wird die Infloreszenz abgesehritten aufrecht ins Lot orientirt, so zeigt sie einen etwas höheren Wert für A gegenüber der umgekehrten Lage. Der Beweis für die Richtigkeit der Beobachtung ergibt sich aus dem anderen Differenzversuch: Wird das System (Stengel und Infloreszenz in Verbindung), also das intakte Organsystem, umgekehrt, so dass die Stengelbasis zenithwärts liegt, so stehen die Blüten mit ihrem Scheitel zenithwärts und es ergibt sich für A der Wert von 30,39. — Steht dasselbe System aufrecht, so stehen die Scheitel der Blüten erdwärts und es wird für A der Wert von 26,00 erhalten.

Diese Wahrnehmung bildet den Übergang zu den Beobachtungen über potenzielle und aktuelle Energie im Abschnitt C dieser Abhandlung.

Serie 119.

Neottia nidus avis. 28. Mai. Dauer 2,83 Stunden. T 16—17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Rhizom	5,15	1,9	2,711	37,18
II	Blütenstengel	5,70	0,58	9,823	80,20
III	Blüten	1,60	0,24	6,667	106,0

R 98. — Bei diesem Bleichling kommt dem Rhizom der beträchtliche Minimalwert 37 zu. Die Blüten zeigen den beträchtlichen Maximalwert 106.

Serie 120.

Viscum album. 20. Mai. Versuchsdauer 2 Stunden 50 Minuten. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Junge Blätter.	1,5	0,54	2,777	43,83
II	Vorjährige Zweige	4,25	1,60	2,657	12,97
III	Vorjährige Blätter	8,35	2,35	3,553	12,19

R 99. — Der Baumparasit zeigt den Maximalwert für junge Blätter von 43,83. Der Wert $\frac{F}{T}$ steigt von den jungen nach den alten Blättern.

R 99A. — Die Maximalwerte von $\frac{F}{T}$ der Bleichlinge sind hoch: 9,45; 9,828.

Serie 121.

Cuscuta europaea auf *Artemisia*, *Galium*, *Urtica*.

21. Juni. T 15—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Stämme vor dem Schlingen und nichtschlingende Stämme	4,00	0,523	7,649	109,1
II	Die Stämme während d. Schlingens	0,74	0,15	4,933	55,31
III	Haustorien vor der Verbindung mit dem Wirt	1,01	0,225	4,386	93,46
5	Haustorien nach der Verbindung mit dem Wirt	0,71	0,15	4,734	45,74

R 100. — Dieser Parasit fordert zur Definition der Phasen heraus: Zuerst nutzen die nichtschlingenden, bleichen Stämme. In dieser Phase ist A im Maximum 109. Wenig später umschlingen dieselben den Wirt (*Urtica*, *Artemisia* u. a.), damit sinkt A auf 55. Die Haustorien entstehen während oder kurz vor dem Schlingen und zeigen den Maximalwert für A 93 vor der Verbindung mit dem Wirt; nach derselben sinkt A auf 45. Somit ergeben sich vier beachtenswerte Phasen (Gegenstand der Untersuchung für die Schlingpflanzen im Abschnitt C dieser Abhandlung).

11. Wasserpflanzen.

Die grossen luftführenden Intercellularräume, geringe Mächtigkeit der Fibrovasalia, Chlorophyllfunktion im Stamm geben den wasserbewohnenden Phanerogamen histiologisch ein bestimmtes Gepräge.

A. Die Blätter fehlen, der Stamm übernimmt die
Blattfunktion.

Serie 122.

Dauer 3 Stunden 50 Minuten. T 16,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Lemna minor	6,5	0,35	18,57	72,18

R 101. — Der phylloartige Stamm von Lemna hat einen hohen Wert für A 72, höher wie alle Stämme der Landpflanzen und die Mehrzahl der ausgewachsenen Blätter von Landpflanzen.

B. Die Blätter sind vorhanden, haben geringen
Wert für A.

Serie 123.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
---	--	---	---	---------------	---

Polygonum natans. 19. Juni. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. T 16° C.

I	Die Blätter	6,5	1,80	3,611	100,1
II	Die Stengel	4,8	0,70	6,857	103,5

Veronica Beccabunga. 29. Mai. Dauer 6 Stunden. T 18–18,5° C.

4	Die Stämme	5,4	0,36	15,00	38,90
5	Die Blätter	2,8	0,32	8,752	36,46

R 102. — Die Blätter haben einen Wert für A Maximal 100, Minimal 36, beide niedriger wie dieselben Werte für die Stämme.

C. Die Blätter sind vorhanden und zeigen hohe
Werte für A.

Serie 124.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
---	--	---	---	---------------	---

Ranunculus fluitans. 19. Juni. Dauer 9 Stunden 45 Minuten. T 15–16° C.

I	Stengel	3,8	0,5	7,60	11,28
II	Blätter	4,53	0,42	10,78	91,01

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
Alisma Plantago. 19. Juni. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. T 16° C.					
III	Die Blätter	4,5	0,65	6,923	90,18
2	Rhizom und Wurzeln	2,96	0,30	9,868	47,30
Myriophyllum verticillatum. 19. Juni. Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 15—16° C.					
4	Die Blätter	3,40	0,41	8,292	176,5
5	Die Stengel	3,30	0,35	9,428	65,03

R 103. — A erreicht das Doppelte, das $2^{1/2}$ -, das 8fache bei den Blättern gegenüber den Stämmen.

R 104. — Der Wert $\frac{F}{T}$ erreicht die Beträge 3,611 als Minimum bis 9,42—15 und kulminirt mit 18,57 bei Lemna; es sind die höchsten Werte, welche überhaupt vorkommen.

C. Potenzielle und aktuelle Energie.

1. Plasmodia der Mixomyceten.

In den Tagen vom 16. bis 19. Juli wurden die Plasmodien von Aethalium septicum in zierlichen Stromsystemen auf fester Walderde (Waldweg) und auf Fichtenrinden ohne jegliche Verletzung in die Rezipienten übertragen. Sie stellten dendritisch verzweigte Stromnetze dar, mit strahliger Ordnung der Hauptstrombahnen, waren in lebhaft strömender Bewegung und konnten in drei Stellungen der Untersuchung unterzogen werden:

Serie 125.

I. Versuch. Das Stromnetz auf Fichtenrinde.

18. Juli. Dauer 3—5 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Stromfläche im Lot	0,25	0,06	4,166	229,7
I	Die Stromfläche im Horizont, so dass das Plasmodium auf der Unterlage ruht	0,25	0,06	4,166	177,6
I	Die Stromfläche im Horizont, so dass das Plasmodium hängt	0,25	0,06	4,166	266,7

Übernacht zogen sich die Massen zusammen und gingen zur Sporenbildung über, für 14 Stunden wird nun erhalten für A (pro g. T 100 Stunden) 391,6.

R 105. — Das Ganze ergibt ein Beispiel für den Einfluss der Phasenänderung. Die gewaltigen Unterschiede in den vier Messungen können sein: Folgen der Lagenänderung zur Richtung der Gravitation. Die supponirten Gesamtschwingungen würden dementsprechend ihre grösste Intensität zeigen, wenn die Stromfläche ins Lot fällt. Sie können aber auch Folge der Phasenänderung sein, denn bei der dritten und vierten Ablesung, welche steigende Werte ergibt, ging der Organismus in den Zustand der Sporenbildung über, mit ausserordentlich grosser Steigerung von A.

Serie 126.

II. Versuch. Das Stromnetz auf festgestampfter Walderde.

Dauer des Versuchs 2—3 Stunden. Temp. 18,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Das Plasmodium in dendritisch strahligem Stromnetz . . .	0,801	0,19	4,215	38,33
II	Dasselbe als formlose Masse, durch Zusammenkratzen zum Teil desorganisiert	0,801	0,19	4,215	165,8

R 106. — Die Störung des Molekulargefüges eines in strömender Bewegung begriffenen Plasmodium steigert A von 38,33, dem Wert für die normale Beschaffenheit, auf 165,8.

R 107. — Der Maximalwert für die Strömungsphase ist 266, der Maximalwert für den Übergang in die Sporenbildung ist 391,6.

R 108. — Der Wert für $\frac{F}{T}$ ist klein zu nennen: Max. 4,215.

Diese merkwürdigen Relationen glaubte ich in den Vordergrund stellen zu müssen für Betrachtungen und Messungen der Atmung an Zellenpflanzen während ihres Überganges aus dem Zustand der potenziellen in den Zustand der aktuellen Energie.

2. Umsetzung der potenziellen in die aktuelle Energie.

a) Geradlinige Stämme.

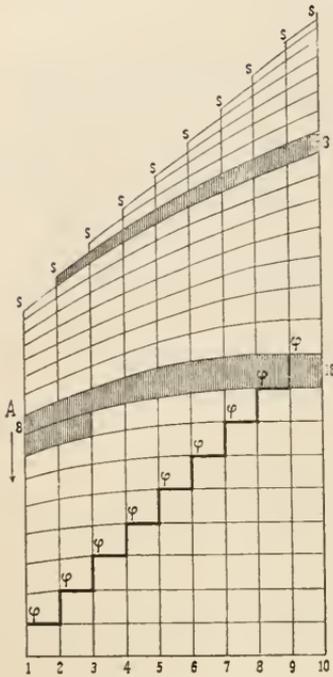


Fig. 7.

Die Abscissenaxe entspricht der Zeit, die Ordinaten sind die Längen der Zellen in wachsenden Stämmen.

A die Richtung der Gravitation.

Die Stamminterfolien und die Blätter sind angelegt, besitzen eine hohe potenzielle Energie, welche in die aktuelle Zuwachsendnergie umgesetzt wird. Da die Streckungsgrösse pro Längemillimeter in der mathematischen Spitze gleich Null, in gegebener Entfernung im absoluten Maximum, in noch grösserer Entfernung wieder gleich Null ist (s. Fig. 7), so müssen auch verschiedene Atmungsgrössen gefunden werden, je nach der Phase, in welcher die Abschnitte stehen. Es sind nicht Widersprüche, wenn bei einigen, wie bei den Gramineen, die Sache umgekehrt liegt. Wir heben diese zuerst heraus. Bei den Gramineen erlischt die Bewegung im Scheitel des Interfolium zuerst, in der saftigen Basis zuletzt.

Serie 127.

Beispiel für die Beziehung: Streckung der Organe und Atmung.

Gramineen: *Alopecurus pratensis*. 6. Mai. Dauer 5,5 Stunden. T 17,5° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Der untere saftige Teil d. Stamminterfolium	7,000	155,8
3	Der obere trockene Teil d. „	4,000	53,33
4	Blattscheiden	4,451	62,16
5	Blätter	4,428	89,84
6	Blütenähren vor dem Aufblühen . . .	4,357	130,1

Ähnliche Relationen zeigt *Secale cereale*:

Serie 128.

Ähre; Blätter und Interfolien. 24. Mai. Dauer 3 Stunden. T 18,5–20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Blätter	1,50	0,46	3,260	73,55
3	Die saftigen Teile der Interfolien	2,95	0,45	6,555	97,09
6	Die nichtsaftig. Teile der Interfol.	2,03	0,601	3,378	34,30
III	Die Ähre vor dem Aufblühen .	2,51	0,91	3,80	128,5

R 109. — Erlischt, wie bei den Gramineen. an den Interfolien, die potenzielle Energie in der Richtung von dem Scheitel nach der Basis, so ist der Wert für A im basilaren Teil sehr viel höher wie im akroskopischen Teil, die Relationen sind 155,8 : 53,33 und 97,09 : 34,30.

Eine ausserordentliche Steigerung der Atmungsenergie zeigen raschwüchsige Stämme und Blätter:

Serie 129.

Galium Aparine, Stämme. 24. Mai. Dauer 2 Stunden. T 17–17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
III	Die entblätternen Stämme aufrecht	3,85	0,55	7,00	114,6

Serie 130.

Sambucus nigra. 9. Mai. Dauer 9 Stunden. T 15° C.

R		T	A
2	Das junge Blatt	0,4	111,9
4	Holz und Mark des saftigen Sprosses .	0,85	104,0

R 110. — Stämme und Blätter von Holzpflanzen, wie *Sambucus*, zeigen, wenn die aktuelle Energie gleich 0 ist, die Organe ausgewachsen sind, immer höheren Wert von A für die Blätter. Dass es nicht der Saftgehalt, „das Saftigsein“, ist, welche bei den jetzt zu besprechenden und in den Serien 127, 128 besprochenen Energiedifferenzen den Ausschlag geben, zeigen die folgenden Aufnahmen, sowie die Serie 126. Es ist die Wachstumsenergie, welche mit A in kausalem Zusammenhang steht.

Bei der Mehrzahl der hier untersuchten Stammpflanzen schreitet der Zuwachs nach dem Scheitel des Stammes fort.

Serie 131.

I. Sambucus, die jüngeren und älteren Stamminterfolien unzerlegt (intakt).

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Das obere jüngere Stamminterfolium . .	9,000	165,1
3	Die mittleren älteren „ . .	10,380	117,4
4	Das untere älteste „ . .	10,000	93,05

Serie 132.

II. Sambucus nigra, die jüngeren und älteren Stamminterfolien zerlegt in Markstreifen und Holz-Rindestreifen.

R		$\frac{F}{T}$	A
5	Die jüngeren Interfolien zusammen 358 mm lang, 13 mm Markverlängerung . .	9,583	344,7
6	Die älteren Interfolien zusammen 200 mm lang, 5 mm Markverlängerung . . .	9,800	266,7

R 111. — In drei aufeinanderfolgenden Interfolien eines in akropetaler Richtung wachsenden Sprosses zeigt im sonst intakten Zustand das jüngste den geringsten Wert von $\frac{F}{T}$ und den Maximalwert für A 165, das untere einen höheren Wert für $\frac{F}{T}$ und Minimalwert für A 93. Die Ausschläge für A sind sehr beträchtlich zu nennen. Werden solche Interfolien in Mark- und Rinde-Holzstreifen zerlegt, wird damit die Gewebespannung der Autoren aufgehoben, so steigen die Werte für A auf 344,7 und 266,7. Hieraus folgt: Die potenzielle Energie ist im Scheitel im Maximum, sie geht in den Interfolien in aktuelle Wachstumsenergie über, sinkt dementsprechend in dem Mass, wie die Interfolien durch ihren Zuwachs von dem Scheitel fortgerückt erscheinen. A sinkt dementsprechend von dem Scheitel nach der Basis.

b) Laubblätter.

Serie 133.

In der Streckung befindliche Laubblätter von *Sambucus nigra*.
10. Mai, Versuchsdauer 2 Stunden 30 Minuten. T 15–16,5° C.

R		Grösse der Blätter Serie 77	CO ₂ cm ³	$\frac{F}{T}$	A
I	Die jüngsten Blätter .	40 mm lang	4,566	5,714	244,8
II	Die älteren Blätter . .	110 „ „	1,909	5,333	166,3
III	Die ältesten Blätter .	170 „ „	1,104	5,274	112,6

R 112. — Für die in akropetaler Folge sich streckenden Laubblätter eines Sprosses gilt dasselbe wie für die Interfolien. Das Maximum der Atmungsgrösse kommt den oberen mit grosser potenzieller Energie zu.

R 113. — In allen diesen Versuchen ist von Differenzen in der Lage zum Lot abgesehen worden. Es lag aber nahe zu vermuten, dass die Gravitation der Erde die Schwingungen, welche mit der Kohlensäurebildung abschliessen, beeinflusse. Wir betonen aber vor diesem noch einmal: Bei allen in akropetaler Richtung sich entfaltenden Phanerogamenpflanzen liegt das Maximum der Atmungsgrösse in den jüngeren Interfolien mit grösserer potenzieller Energie für Blätter und Stämme.

3. Geopolarisation der Schwingungen.

Ich unterlasse die Definition für „ unreine Differenz.“ Ein reiner Differenzversuch ist in der Serie 118 bereits vorgeführt worden. Wird in unserem Apparat (Fig. 1 u. 2) ein Stengel einmal so aufgestellt, dass er im Lot mit dem Scheitel zenithwärts, zum zweiten so, dass sein Scheitel erdwärts, zum dritten so, dass er, durch Drehung des Rezipienten im Tubulus (Fig. 1 u. 2) horizontal steht, so sind dies drei „reine Differenzen,“ bezogen auf die Lage des Organcomplexes der Pflanze zur Richtung der Gravitation, weil sich in dem Apparat nichts in Bezug auf alle anderen Betriebsfaktoren geändert hat.

Die einzige Unreinheit, wenn man so sagen darf, kann darin bestehen, dass der Pflanzenteil während der Dauer der drei Versuche (6—20 Stunden) Phasenänderungen durchmacht, welche Folgen

der Verwundung sind. In diesem Fall müssen in drei gleichen Rezipienten die Lagenunterschiede gleichzeitig realisiert werden.

Als Beispiel aus der Pflanzenphysiologie wähle ich den schwierigsten Versuch, den Vöchtingschen Weidenversuch. Hier ist der Atmungsversuch ein „Reiner Differenzversuch.“ Die vitalen Funktionen für die Fragestellung lassen aber eine reine Differenzfrage nicht zu, weil der Organkomplex „Weidensteckling“ von dem Augenblick an, in welchem er in nassen Sand gesteckt, seine endogene Umwandlung beginnt, in Bezug auf diese Umwandlung erst definiert werden kann, nachdem die Organe differenziert äusserlich zum Vorschein kommen.

4. Polarisation in Weidenstecklingen.

Nachdem Vöchting zuerst gezeigt, dass für die Bildung der Adventivwurzeln eine Polarität herrschen muss, lag es nahe, den Umlagerungen der Molekularschwingungen in solchen Stecklingen mit Hilfe der vorstehend geschilderten Messungen nachzuspüren. Von 8 cm langen Stecklingen von *Salix incana* wird ein Teil mit dem basiskopen, ein anderer Teil mit dem akroskopen Querschnitt in nassen Sand im Glasrezipienten aufgestellt. Nach 48 Stunden ist der erste Versuch fällig. Vier Differenzen wurden herausgegriffen. Von den aufrechtstehenden wird einer aufrecht der andere verkehrt in der Lotlage in die Gasrezipienten gebracht; ebenso kommen zwei aus den zuerst umgekehrten zur Untersuchung.

Serie 134.

Dauer des Versuches 24 Stunden. T 19—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Der Steckling zuerst aufrecht, jetzt aufrecht $\uparrow\uparrow$	5,50	2,15	2,559	1,646
2	Der Steckling zuerst aufrecht, jetzt umgekehrt $\uparrow\downarrow$	5,01	1,80	2,753	1,389
4	Der Steckling zuerst umgekehrt, jetzt aufrecht $\downarrow\uparrow$	4,75	1,85	2,566	2,882
5	Der Steckling zuerst umgekehrt, jetzt umgekehrt $\downarrow\downarrow$	4,61	1,75	2,634	0,642

R 114. — Bis hierher ist der Versuch rein und zeigt, dass die Schwingungen, welche mit der Kohlensäurebildung abschliessen, durch die Gravitation polarisirt sein müssen. Denn in der Differenz R_1 u. R_2 hat sich nichts geändert, wie die Lage; das Maximum von A kommt der Normallage zu. In der Differenz 4 u. 5 gilt dasselbe, nur war der aufrechte vorher in der umgekehrten Lage; hier ist die Differenz für A 2,8 : 0,6. Ein Teil der Stecklinge blieb in der Normallage, ein anderer Teil in der umgekehrten Lage in nassen Behältern stehen, dann erfolgte die Wiederholung.

Serie 135.

Weidenstecklinge; Wiederholung, acht Tage nach dem ersten Versuch der Serie 134.

28. Juni. Dauer 25 Stunden. T 17—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{A}$	A
2	Der Steckling aufrecht, bleibt aufrecht	7,4	3,01	2,458	2,565
3	Der Steckling aufrecht, jetzt umgekehrt	9,42	3,45	2,471	2,934
4	Der Steckling umgekehrt, jetzt aufrecht	7,1	2,4	2,959	4,567
5	Der Steckling umgekehrt, jetzt umgekehrt	9,91	3,41	2,906	3,414

Serie 136.

Weidenstecklinge dieselben, der Gegenprobe unterzogen.

Dauer 11 Stunden 50 Minuten. T 20—21,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Steckling aufrecht, aufrecht, jetzt umgekehrt	7,4	3,01	2,458	2,977
3	Der Steckling aufrecht, umgekehrt, jetzt aufrecht	9,42	3,45	2,731	2,523
4	Der Steckling umgekehrt, aufrecht, jetzt umgekehrt	7,1	2,4	2,959	4,754
5	Der Steckling umgekehrt, umgekehrt, jetzt aufrecht	9,91	3,41	2,906	3,297

Streckung der Knospen, geringe Durchbrüche der Adventivwurzeln.

Die Vorgänge, welche im Innern des Stecklings sich abspielen, in Serie 134 aber erst am Schluss von Serie 136 äusserlich definierbar sind, machen die Differenz 2, 3 unrein; dass die Differenz 4, 5 sich deckt mit Serie 134 kann ein Zufall sein. In Serie 136 herrscht gar keine Koinzidenz, A ist bald so, bald so. Da dem Versuch die grösste Präzision zugewandt wurde, können es nicht Fehler in der Beobachtung sein. Der Versuch erscheint unrein, weil die Definition der Phasenänderung: Knospentreckung, Wurzelbildung, geotropische Tendenzen, geotropische Beugung, kurz eine ganze Reihe von innern und äusserlich sichtbaren Bewegungen zur Herrschaft gelangten, deren Definition bezogen auf Lagendifferenz nicht möglich war und somit für die gasometrische Differenz keine Unterlage schaffen konnte.

5. Polarisation in wachsenden Sprossen.

11. Definition. In jedem wachsenden Spross wird die potenzielle Energie von den jüngsten Interfolien beziehentlich Stammniveaus nach den älteren umgesetzt in die potenzielle Energie der Gewebespannung, in welcher die Grundgewebe Mark und Rinde positiv elastisch, die Fibrovasalien und Epidermis negativ elastisch erscheinen. Das Maximum dieser Längsspannung liegt in dem Niveau des grössten Partiärzuwachses.

In jedem in akropetaler Richtung wachsenden Spross wird die potenzielle Energie für den Wachstumsvorgang in die aktuelle Energie des Wachsens umgesetzt: Die Grössen für A und für diese potenzielle Energie nehmen vom Scheitel nach der Basis ab.

Serie 137.

Junge Sambucus-Sprosse. 15. Mai. Dauer 3 Stunden. T 16—17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	$\frac{\text{CO}_2 \text{ pr}}{1 \text{ gr F}} \cdot 100 \text{ St.}$	A
3	Der Spross in aufrechter Lotstellung	16,6	1,95	8,513	8,37	63,77
	Der Scheitel d. Sprosses nach d. Zenith.					

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ pr 1 gr F 100 St.	A
4	Der Spross in umgekehrter Stellung	13,53	1,45	9,330	5,04	46,67
	Der Scheitel des Sprosses erdwärts.					
5	Der Spross horizontal	11,50	1,38	8,333	4,31	35,99

R 115. — Die Schwingungen der Molekeln in wachsenden Sprossen sind in diesem Sinne durch die Gravitation der Erde polarisirt: Steht der Spross aufrecht lotrecht, so wächst die Schwingungsintensität und damit die Atmungsgrösse, steht er umgekehrt, so sinkt die Atmungsgrösse.

Vorstellung. Die Schwingungen gehen über das ganze System, beherrschen alle Zellen, welche Zuwachs zeigen und müssen nach drei Richtungen vor sich gehen, entsprechend den Raumdimensionen, nach welchen Volumvergrößerung durch Wachstum eintritt. Der Schwingungskomplex ist dreiaxig (vgl. unten Theorie der Schwingungen).

12. Definition. Durch Schütteln wird das Mass der potenziellen Energie der Gewebespannung kleiner.

Serie 138.

Sambucus nigra. 29. Mai. Dauer 1 Stund. T 17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Der nicht geschüttelte Spross, lotrecht aufrecht	8,15	0,802	11,16	111,0
III	Der geschüttelte Spross, lotrecht aufrecht	10,40	0,870	11,94	85,0
II	Der nicht geschüttelte Spross, lotrecht abwärts				86,02
III	Der geschüttelte Spross, lotrecht abwärts				71,22

R 116. — Nach dem vorstehenden Versuch: Der gesamte Komplex der Molekularschwingungen, welcher die potenzielle Energie in die aktuelle der Längsstreckung

umsetzt und damit die potenzielle Energie der Gewebespannung zu stande bringt, unterliegt der Geopolarisation. Die Atmungsgrösse ist für die aufrechte Lotlage, für die volle und die durch Schütteln geminderte potenzielle Energie im Maximum, gegenüber der inversen Lage des Sprosses in beiden Zuständen.

Der nicht geschüttelte Spross zeigt die Relation 111 : 86, der geschüttelte dagegen 85 : 71. Hieraus ergibt sich:

R 116 A. — Ein so ausserordentlich rauher Eingriff, wie das Schütteln des Sprosses, bewirkt Überverlängerung aller Gewebepartien, vernichtet einen Teil der potenziellen Energie, A sinkt instantan gegenüber dem nicht geschüttelten Spross. Die Koinzidenz zu diesem beachtenswerten Ergebnis liegt in dem Versuch (s. unten) der Serie 194 unter „äussere Arbeit und Atmung, künstliche Belastung der Erbsenkeimaxe.“

Die Erscheinung solcher Polarisation erschien mir zu bedeutungsvoll, um weitere Versuche zu unterlassen, denn wenn ein Spross in der aufrechten Normallage das Maximum für A, in der umgekehrten das Minimum zeigt, so muss er in der Horizontalstellung einen Mittelwert oder doch einen Wert aufweisen, welcher zwischen jenen beiden liegt:

Serie 139.

Rubus fruticosus, saftiger Spross. 24. Mai. Dauer 2—3 Stunden. T 17 - 17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Der Spross aufrecht, lotrecht				60,01
6	Der Spross abwärts, lotrecht	4,1	0,65	6,308	51,53
6	Der Spross horizontal				53,03

R 117. — Die supponirten Molekularschwingungen in wachsenden Sprossen, welche durch den Wert A gemessen werden, haben in der Normallage das Maximum, in der umgekehrten das Minimum der Intensität. Jede Abweichung von diesen Lotlagen muss Mittelwerte für A und Mittelwert der Intensität herbeiführen, weil die Schwingungen vorherrschend nach zwei Richtungen, im Cylinder, als Modell des Triebes, nach der Axe und senkrecht zu dieser erfolgen. Der Transversal-Schwingungskomplex muss wieder zwei Axen aufweisen, den Radius und die Tangente. Da nun aber

der Versuch nur aussagt, dass die Umkehrung des Systemes um 180° die Intensität der Längsschwingung verändert, weil bei der Horizontalstellung der Transversal-Schwingungskomplex, zum Teil wenigstens, in Längsschwingungen umgelegt wird, so ist die Forderung des Mittelwertes für A für die Horizontalstellung nicht absolut.

Sehr viel durchschlagender zeigt die Fichte in ihren soeben sich streckenden Nadeltrieben die Beziehung zwischen aktueller Energie und Atmung. Wir geben die scharfe mechanische Definition: Die Lottriebe (Endtriebe) haben in der Streckung der Glieder nur die Nadeln in ihrer aufrechten Lage auszubilden, die potenzielle Energie ohne merkliche Torsionen in die aktuelle umzusetzen. Die Seitentriebe verhalten sich wie vorher, müssen aber für jede der vielen Nadeln an der Nadelbasis Drehungen ausführen, so dass ein Teil der Nadeln von oben nach unten, der andere Teil von unten nach oben in der Nähe der Insertion Torsionen ausführt, bis die Nadeln in den Horizont fallen. Diese zahlreichen kleinen Arbeitsleistungen summieren sich zu überraschend merklichen Ausschlägen.

Serie 140.

Fichte. 17. Mai. Versuchsdauer 4,5 Stunden. T $17-19^\circ$ C.

Länge der Triebe 3-6 cm.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO ₂ cm ³	A
2	Der turgeszente Lottrieb im Rezipienten aufrecht .	4,81	0,81	5,937	17,14	101,8
3	Der erschlaffte Lottrieb im Rezipienten aufrecht .	4,30	0,84	5,119	10,64	54,50
4	Der turgeszente Seitentrieb im Rezipienten aufrecht	1,80	0,32	5,626	14,20	79,87
5	Der erschlaffte Seitentrieb im Rezipienten aufrecht	2,50	0,501	4,990	12,53	62,55
6	Der turgeszente Lottrieb im Rezipienten umgekehrt	3,45	0,600	5,749	16,55	95,17

R 118. — Der turgeszente Lottrieb aufrecht im Lot und umgekehrt im Lot ergibt die Relation für A 101,8 : 95,17, also durchschlagend Anschluss an R 137.

Der turgeszente Lottrieb und der erschlafte Lottrieb in der gleichen Lage ergeben 101,8 : 54,50, also durchschlagenden Anschluss an R 138.

Der turgeszente Lottrieb und der turgeszente Seitentrieb (dieser steht am Schaft unter 45° geneigt) zeigen in der gleichen Lage für A 101 : 79 (der Seitentrieb hat an sich also kleinere Energie). Der turgeszente und erschlafte Seitentrieb 79 : 62.

6. Geopolarisation der Schwingungen in Kressensaaten.

Bei den vorhergehenden Versuchen waren Wunden unvermeidlich, im nachfolgenden Versuch sind diese ausgeschlossen.

Wie in den früheren Versuchen werden sterilisierte Stäbchen von nichtglasirtem Porzellan von der Länge eines Reagenzcyinders benetzt, mit den Samen beschickt, in Reagenzcyindern aufgestellt. Die Kressenpflänzchen orientieren die Wurzeln und Stämme ins Lot. Die Saaten werden in den Gasrezipienten normal aufrecht und umgekehrt aufgestellt:

Serie 141.

Kressensaat in aufrechter und umgekehrter Lage 3 mal 24 Stunden nach der Aussaat.
Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Saampflänzchen aufrecht, lotrecht	1,61	0,16		94,64
3	Die Saampflänzchen in umgekehrter Lage	1,70	0,20		71,91

Serie 142.

Kressensaat. Wiederholung des Versuches in späterer Phase.
Dauer 7 Stunden 10 Minuten. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Saampflänzchen lotrecht aufrecht	1,75	0,25	7,000	178,6
3	Die Saampflänzchen lotrecht umgekehrt	1,85	0,22	8,219	165,1
4	Die Saampflänzchen horizontal	1,50	0,202	7,425	159,6

Hieraus folgt:

R 119. — In Kressensaaten, in welchen Stämme und Wurzeln negativ bzw. positiv geotropisch orientiert wachsen, unterliegt der Gesamtschwingungskomplex der Geopolarisation: Die Maximalwerte der Atmungsgrösse kommen der Normallage zu.

Der Versuch 142 zeigt, wie ausserordentlich schwankend die von der Keimphase abhängigen Grössen für A sind. Er bestätigt auf das Bestimmteste mit dem Wert 159,6 für die dritte Differenz der Horizontallage das R 139.

7. Geopolarisation der Schwingungen in Wurzeln.

Aus den bisherigen Untersuchungen folgt, dass A für wachsende Stämme (Sprosse) in der Normalotlage höhere Werte erhält, wie für die umgekehrte Lotlage, dass Keimpflanzen der Kresse mit Keimstämmen und Keimwurzeln (also Organkomplexe zu zwei Organen) sich ebenso verhalten. Damit ist die Frage nicht erledigt für die Wurzel. Diese ist sehr viel schwieriger zu lösen. Ich wähle, wie für die Stämme, die Wurzel einer normalwüchsigen dreijährigen Esche. Die gewählte Seitenwurzel liegt im Boden fast horizontal und ist mit Würzelchen der dritten bis vierten Ordnung so besetzt, dass diese, in zwei Orthostichen gereiht, die Mediane ihrer Reihung im Horizont orientiert zeigen. Diese Wurzelfiederung hat eine zenith- und eine erdwändige Ebene. Die Oberseite ist gleich der zenith-, die Unterseite gleich der erdwändigen Ebene (der Nadirseite).

Serie 143.

Fraxinus excelsior. 1. Juli. Dauer 2 Stunden. T 24° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Horizontalwurzel mit der Spitze nach oben	5,60	1,40	4,000	34,72
3	Die Horizontalwurzel mit der Spitze nach unten	4,10	1,02	4,020	41,78
4	Die Horizontalwurzel horizontal, Oberseite oben	2,76	0,80	3,449	32,20
5	Die Horizontalwurzel horizontal, Oberseite unten	1,80	0,501	3,593	26,28

R 120. — In der Differenz 2, 3 ergibt die Normallotlage das Maximum 41,78 gegenüber 34 der umgekehrten Lage.

Für die Horizontalstellung 4, 5 zeigt die Zenithlage mit 32 gegenüber der umgekehrten mit 26 die absolute Koinzidenz mit den früheren Versuchen. Der Gesamtschwingungskomplex ist in dem Wurzelkörper durch die Gravitation polarisirt. Der Maximalwert von A kommt der Normallage zu.

8. Geopolarisation der Schwingungen in Keimwurzeln (in Organkomplexen).

Die angequollenen Erbsen werden auf Drähte von verzinktem Eisendraht gereiht.

Serie 144.

Erbsen, drei Tage nach der Aussaat, die Wurzeln 6–15 mm lang in genau positiv geotropischer Lage.

Dauer 90 Minuten. T 19,5–20,5° C.

R		F Kotyle- donen	F Wur- zeln	T gesamt	$\frac{F}{T}$ gesamt	CO ₂ pr g d. F der Wurzeln 100 St.	A
5	Die Wurzeln abwärts lotrecht	6,7	0,31	2,85	2,352	266,7	29,00
6	Die Wurzeln aufrecht lotrecht	7,9	0,35	3,50	2,257	339,0	33,90

R 121. — Das Ergebnis steht in direktem Widerspruch zu dem R 117. Die Serie 143 ist aber kein reiner Differenzversuch, da die Vorgänge in der nicht sichtbaren Plumula und den Kotyledonen sich der Betrachtung entziehen.

9. Geotropismus und Geopolarisation der Schwingungen.

Die Atmungsgrösse während der geotropischen Krümmung.¹

A. Wurzeln.

Von dem besten Material an Saaterbsen wurden die gequollenen Samen so auf verzinkte Eisendrähte gereiht, dass im Beginn, bei senkrechter Aufstellung der Drähte in Reagenzröhren,

¹ Methode. An einer oder wenigen Keimpflanzen, als den einzig praktikabeln Objekten, Energiebestimmungen auszuführen, ist kaum möglich oder erfordert

die Wurzeln horizontal standen. Die Samen blieben alle in dieser Lage während 24 Stunden. Sodann wurden fünf Rezipienten so mit den Objekten beschickt, dass im Rezipient 2 die Anfangslage herrschte. In den vier übrigen Rezipienten 3, 4, 5, 6 wurden die Drähte umgekehrt, so dass hier die Spitze der Wurzel die Abweichung von der Horizontalen nach oben zeigte.

I. Versuch.

Die **13. Definition** für die Zustandsänderung der Differenz lautet: Die wachsenden Wurzeln im Rezipienten 2 folgen der Krümmungstendenz, zu welcher sie durch die Wirkung der Gravitation in 24 Stunden angeregt waren, sie führen diese Krümmung aus, bis das Stück, in welchem der Zuwachs erfolgt, im Lot steht; sie wachsen sodann geradlinig im positiv geotropischen Sinne weiter. Die Wurzeln der Rezipienten 3, 4, 5, 6 stehen unter der Nachwirkung jener 24 Stunden der Anfangslage, erhalten aber durch die Umkehrung eine neue Tendenz der Krümmung nach der entgegengesetzten Richtung. Der Rezipient 2 bleibt bis zum Schluss des Versuchs in der Anfangslage, die vier übrigen werden, je nach 4–5 Stunden, umgekehrt, so dass jedesmal, wenn die Wurzeln durch eine Lage die Tendenz zur positiven geotropischen Krümmung erhalten haben, durch die Umkehrung von neuem eine entgegengesetzte Tendenz in sie hineingelegt wird. Die fünf Rezipienten stehen im Dunkeln bei gleicher Temperatur 15–17° C. Nach 4 Stunden 30 Minuten erfolgt die Ablesung des Manometer-

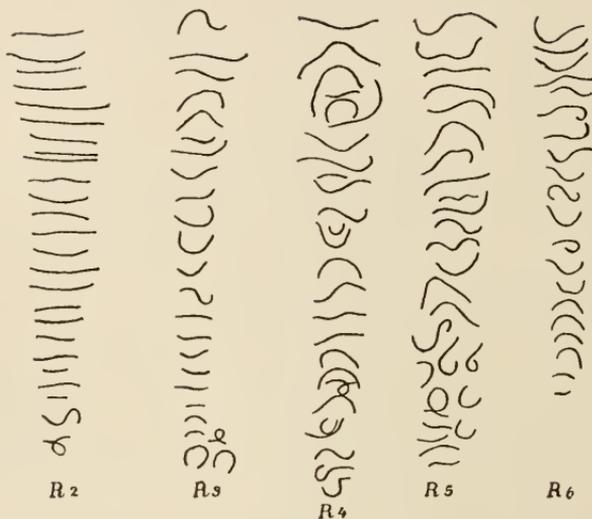
Präzisionsapparate für Gasometrie, welche übermässige Zeit in der Versuchsanstellung erheischen. Summiren sich aber die Wirkungen zahlreicher Pflänzchen, so muss schon mit Hilfe der einfachen Apparate Fig 1, 2 eine derartige Bestimmung möglich sein. Werden Erbsen im gequollenen Zustande so an dünne Drähte gereiht, dass die Keimorgane sich nur zu strecken brauchen, um positiv-negativ geotropisch zu wachsen, so ist ein kleinerer Energieaufwand nötig, wie wenn sie umgekehrt liegen, so dass jedes Organ erst eine Krümmung ausführen muss. Lässt man eine Reihe von 20 Samen in dem einen Rezipienten unter der ersten Bedingung wachsen, während in dem zweiten gleichgrossen Rezipienten m Umdrehungen desselben ebenso viele geotropische Beugungen zum Gefolge haben, so muss es möglich sein, aus einer Differenz der Atmungsgrösse auf die Relation von Atmung und Energieaufwand zu schliessen, weil sich die kleinen Differenzen summieren.

und Barometerstandes. Die Rechnung ergibt Kohlensäure in Kubikcentimetern:

Serie 145.

R 2	. . . . .	6,75	CO ₂ cm ³
3	. . . . .	5,76	
4	. . . . .	6,65	
5	. . . . .	5,76	
6	. . . . .	7,07.	

Nur einer der Rezipienten 3—6 erreicht den Rezipienten 2.



Figur 8.

R 2. Die Wurzellängen für den Normalrezipient, in welchem die Wurzeln geradlinig ungestört wuchsen.

R 3, 4, 5, 6. Die Drehrezipienten, in welchen die Wurzeln durch wiederholte Umkehrung zum krummlinigen Wachstum durch die Gravitation gezwungen wurden.

Der Rezipient 2 bleibt in der Anfangslage, die übrigen werden umgekehrt, nach weiteren 4 Stunden 25 Minuten erfolgt die zweite Kohlensäurebestimmung; sie ergibt:

Serie 146.

R 2	. . . . .	5,74	CO ₂ cm ³
3	. . . . .	2,86	
4	. . . . .	3,62	
5	. . . . .	3,56	
6	. . . . .	1,87.	

Die Kohlensäuremengen sinken in den Rezipienten 3—6 nun schon ganz erheblich gegenüber dem Rezipienten 2. Wie vorher bleibt dieser letztere in der Anfangslage, die übrigen werden von neuem, also zum drittenmale umgekehrt; nach 5 Stunden sind die Kohlensäuremengen:

Serie 147.

R 2	6,73	CO ₂ cm ⁵
3	1,44	
4	4,17	
5	2,07	
6	1,22.	

Damit schliesst der Versuch. Die Apparate werden geöffnet, die Frischgewichte, Trockengewichte der Samentheile, die Wurzellängen bestimmt, die Wurzelkrümmungen graphisch festgelegt (s. Fig. 8).

R 122. — Das erste Ergebnis: Die 29 Samen des Rezipienten 2 zeigen in ihren Wurzeln das Frischgewicht 0,74 g, gegenüber dem entsprechenden für die Samen der Rezipienten 3 bis 6 von 0,54 g. Die ungestört positiv geotropisch wachsenden Samentheile zeigen ein höheres Frischgewicht, gegenüber den zu Krümmungen gezwungenen.

R	Wurzeln		Kotyledonen und Integumente		Wurzellängen mm	Stückzahl der Samen
	F	T	F	T		
2	0,74	0,06	20,1	6,7	446	29
3	0,55	0,064	18,8	6,3	265	28
4	0,65	0,063	18,99	6,25	390	29
5	0,71	0,067	18,1	6,20	438	29
6	0,45	0,068	19,25	6,14	296	29

Drei Relationen für die Berechnung der gebildeten Kohlensäure müssen herangezogen werden:

I. Kohlensäure für 1 g Trockengewicht der Wurzeln in 100 Stunden:

R 2 die positiv geotropischen Wurzeln **2342** CO₂ cm³

3—6 die krummlinig wachsenden Wurzeln **1268**.

Es zeigen die geradlinig gewachsenen nahezu die doppelte Atmungsgrösse gegenüber den krummlinig gewachsenen Wurzeln.

II. Kohlensäuremenge für 1 g Trockensubstanz der Gesamtmasse der Samen:

R 2	die positiv geotropischen Wurzeln	20,76 CO ₂ cm ³
	3—6 der krummlinig wachsenden Wurzeln	13,19

also nahezu dasselbe Verhältnis wie in I.

III. Kohlensäuremenge für 1 cm der gewonnenen Wurzellänge und 100 Stunden:

R 2	die positiv geotropischen Wurzeln	3,137 CO ₂ cm ³
	3—6 der krummlinig wachsenden Wurzeln	2,393.

R 123 weist nach, dass bei den Wurzeln Zuwachs und Atmung proportional sind, dass geotropische Krümmung bedeutet: Zuwachsverlust, Retardirung, Zuwachsdepression, welchen eine Minderung der Atmungsgrösse entspricht. Vollständige Deckung mit R 117 und mit dem Resultat, künstlich belastete Keimstämme (s. unten).

B. Die Stämme.

II. Versuch.

Aus derselben Aufzucht von Erbsen wurden im Zeitpunkt, wo soeben die Stämmchen sich strecken, nachdem die Samen an lotrecht stehenden Drähten gereiht waren, also durch 2—3 Tage in der Lage sich befanden, in welchen Stamm und Wurzeln ihre positiv beziehentlich negativ geotropische Orientirung ausführten, vier Differenzversuche, jeder zu drei Samen, eingeleitet.

Serie 148.

Dauer 8 Stunden. T 17—18,5° C.

R 2	Drei Erbsen mit Wurzeln lotrecht aufrecht	1,34 CO ₂ cm ³
3	" " " " " umgekehrt	1,65
4	" " ohne Wurzeln lotrecht aufrecht	0,56
5	" " " " " verkehrt	0,83.

Nachdem die Ablesungen gemacht waren, wurden die verkehrt stehenden Versuchspflanzen umgekehrt, kamen also in die normale Lage, die aufrechtstehenden blieben in der Anfangslage.

Nach drei Stunden ergaben die Ablesungen:

Serie 149.

R 2	Drei Erbsen mit Wurzeln, von Beginn aufrecht	0,94 CO ₂ cm ³
3	„ „ „ „ „ zuerst aufrecht, sodann umgekehrt, zuletzt aufrecht . . .	0,76
4	Drei Erbsen ohne Wurzeln, von Beginn aufrecht	1,10
5	„ „ „ „ „ wie R 3 . . .	0,36.

Nach den Ablesungen werden die Samendrähle im R 3 und R 5 wieder umgekehrt, diejenigen in R 2 und R 4 bleiben in der Anfangslage.

Serie 150.

Dauer 5 Stunden 40 Minuten.

R 2	Drei Erbsen mit Wurzeln, von Beginn aufrecht für den Stamm	1,39 CO ₂ cm ³
3	Drei Erbsen mit Wurzeln, zuletzt umgekehrt, vorher dreimal umgekehrt	0,17
4	Drei Erbsen ohne Wurzeln, von Beginn aufrecht	2,10
5	Drei Erbsen ohne Wurzeln, zuletzt umgekehrt, vorher dreimal umgekehrt	0,81.

Die dauernd aufrechten Versuchspflanzen hatten in beiden Rezipienten 2 und 4 die negativ-geotropische Krümmung ausgeführt. Bei den umgekehrten Erbsen standen die Keimstämmchen im Horizont, wie gefordert ist durch den Versuch.

Am Schluss des Versuches die Frisch- und Trockengewichte:

R	Keimstengel	Wurzeln	Kotyled. und Integum.	F gesamt	T gesamt	$\frac{F}{T}$
2	0,110	0,225	2,3	2,635	0,66	3,993
3	0,090	0,190	1,75	2,030	0,51	3,980
4	0,12	0	2,55	2,670	0,64	4,178
5	0,10	0	2,05	2,600	0,65	4,006

Für die Rechnung liegen die folgenden Relationen vor:

1. Die Summierung der drei Kohlensäurevolumen für die Samen,

welche dauernd in der normalen Anfangslage verharren (R 2, 4) gegenüber derselben für die Samen, welche einer dreimaligen Umkehrung ihrer Pole, bezogen auf die Lotrichtung, unterzogen wurden (R 3, 5).

Dauernde Anfangslage: mit Wurzeln . . .	3,67 CO ₂ cm ³
ohne „ . . .	3,76 „ „
	<u>7,43 CO₂ cm³</u>

Wechsel der Lage (und Tendenz): mit Wurzeln	2,08 CO ₂ cm ³
ohne „	2,00 „ „
	<u>4,08 CO₂ cm³</u>

Da die Stammkrümmung der Vorwurf der Studie war, so ist massgebend:

Dauernde Anfangslage der wurzellosen Pflanzen	3,76 CO ₂ cm ³
Wechsel der Lage der wurzellosen Pflanzen	2,00 „ „

2. Auf das Gramm des Gesamttrockengewichts und 100 Stunden berechnet für die vier Differenzen:

R 2 Dauernde Anfangslage mit Wurzeln	33,38 CO ₂ cm ³
4 „ „ ohne „	35,26
3 Wechselnde Lage mit Wurzeln .	30,38
6 „ „ ohne „ .	18,46.

Zum Schluss also die wurzellosen als Massstab:

R 124. — Drei Erbsenkeimstämme, an welchen die Wurzeln abgeschnitten waren, führen in der normalen Anfangslage während 16—17 Stunden bei 17° C die negativ geotropische Krümmung aus und machen pro 1 g Trockengewicht des Samens und für 100 Stunden den Atmungsanfang von **35,26** CO₂ cm³.

Drei ebensolche Keimlinge, welche in dem gleichen Zeitraum dreimal umgekehrt wurden, so dass die Krümmungstendenzen durch die Gravitation angeregt, aber nicht durchgeführt wurden, machen für dieselbe Masseinheit von Gewicht und Zeit den Atmungsanfang von **18,46** CO₂ cm³.

Hieraus folgt:

R 125. — Die Gesamtschwingungsintensität, welche mit der Kohlensäurebildung abschliesst und der Geopolarisation unterliegt, wird bei beiden Organen

herabgemindert, der Gesamtzuwachs wird herabgemindert, wenn beide, aus der Normallage gebracht, zu positiven beziehentlich negativen geotropischen Krümmungen gezwungen werden, oder wenn durch öftere Umkehrung der Lage die geotropischen Tendenzen geändert werden, so dass diesen Tendenzen nicht Folge geleistet werden kann.

C. Die Keimwurzel hat die grössere Energie.

III. Versuch.

Von dem besten Erbsensaatmaterial wiegen 29 Stück 6,8 g im trockenen Zustand. Die Erbsen werden im gequollenen Zustand in Distanzen von 3 cm auf verzinkte Eisendrähte so gereiht, dass bei der Lotstellung der Drähte in Reagenzcyllindern die Keimwurzeln alle im Horizont stehen. Von diesen Zuchten werden zwei Differenzversuche durchgeführt in absoluter Dunkelheit bei der gleichen Temperatur. 29 Erbsen bleiben in der gegebenen Stellung, die Organe entwickeln sich, wachsen in der Normallage während 8 Tagen: T 17—21° C (Normalrezipient). 29 Erbsen wurden mit den Rezipienten während 8 Tagen von 4—6 zu 4—6 Stunden umgekehrt (Drehrezipient). Nach 7 Tagen hat der Drehrezipient 21 Umkehrungen erfahren. Die Tendenzen wurden also 21mal geändert. Die geotropischen Krümmungen konnten selbstredend den Tendenzen nicht Folge leisten, denn war die zuerst aus dem Integument austretende Wurzel soeben im Begriff, ihre positiv geotropische Keimung durchzuführen, so wurde sie durch die Umdrehung in die entgegengesetzte Tendenz versetzt. Bezogen auf den Normalrezipienten waren die Erbsen im Drehrezipienten 80 Stunden lang in der Normallage und 81 Stunden in der inversen Lage. Bezogen auf den Zustandswechsel waren sie überhaupt nicht in der Normallage, weil ihre Tendenz 21mal gestört wurde. Am 7. Tag wurden die Wurzeln abgeschnitten: R 126.

	F	T	$\frac{F}{T}$
Wurzeln der Erbsen im Normalrezipienten .	2,10	0,2502	8,395
„ „ „ „ Drehrezipienten . .	1,15	0,199	5,779

Die Gesamtwurzelproduktion im Normalrezipienten ist somit sehr viel grösser, der Wassergehalt ist sehr viel höher wie im Drehrezipienten.

Nach acht Tagen wurde der Versuch beendet:

R 127. — Im Normalrezipient haben von 29 Erbsen sich 27 Keimstämme, normal etiolirt, mit der Maximallänge von 35 mm gebildet. Im Drehrezipient waren nur 5 Keimstämme mit der Maximallänge von 26 mm ausgebildet, bei den übrigen 24 Erbsen waren die Keimstämme verkümmert, verkrümmt in den Integumenten eingeschlossen. Die Gewichte der Teile sind jetzt:

Normalrezipient.

	F	T	$\frac{F}{T}$
Keimstämme	2,40	0,33	7,273
Kotyledonen und Integumente	14,60	5,55	2,631

Drehrezipient.

	F	T	$\frac{F}{T}$
Keimstämme verkrümmt	1,40	0,20	7,000
Kotyledonen und Integumente	14,76	5,15	2,866

Der Drehrezipient hat nahezu 0,5 g mehr gebraucht.

Die Gesamtbilanz für beide Rezipienten ergibt:

Normalrezipient.

Trockengewicht vor dem Versuch		6,800
„ der Keimwurzeln	0,2502	
„ „ Keimstämme	0,3300	
„ „ Kotyledonen u. Integumente	5,5000	
Gesamtverbrauch durch Atmung	<u>0,7198</u>	
	6,8000	6,800

Gesamtverbrauch durch Atmung ist 0,7198 g.

Drehrezipient.

Trockengewicht vor dem Versuch	6,800
„ der Keimwurzeln	0,199
„ „ Keimstämme	0,200
„ „ Kotyledonen u. Integumente	5,150
Gesamtverbrauch durch Atmung	<u>1,251</u>
	6,800 6,800

Der Gesamtverbrauch von 1,251 g durch Atmung ist merklich grösser wie im Normalrezipienten. Die Gesamtproduktion ist ebenso merklich kleiner. Alle übrigen Bedingungen waren die gleichen. Hieraus folgt im Anschluss an die Versuche weiter oben (S. 266):

1. Unter allen Umständen zeigt die Keimwurzel grössere vegetative Energie gegenüber dem Keimstamm:

	T Konsum der Atmung	Wurzeln				Stämme			
		Stück	F	T	$\frac{F}{T}$	Stück	F	T	$\frac{F}{T}$
Normal- rezipient	0,7198	29 normale	2,10	0,250	8,395	27 normale	2,40	0,33	7,273
Dreh- rezipient	1,251	29 verkrümmte	1,15	0,199	5,779	5 normale	1,40	0,20	7,000

Für beide Organe zeigt der Normalrezipient $\frac{F}{T}$ mit höherem Wert, wie es aus den früheren Sätzen theoretisch gefordert ist. Diese Relation ist für die Wurzel 8,3 : 5,7; beim Stamme nur 7,37 : 7,01. Die Umlagerung der Tendenzen hat bei der Wurzel kein Individuum so gestört, dass die Wurzeln kümmern, für den Stamm sind von 29 nur 5 normal ausgebildet.

2. Werden die Tendenzen zur positiven-negativen geotropischen Krümmung umgelagert durch Umkehrung der Organe, ehe die jeweilig geforderte Krümmung aktuell vollführt wird, so erfolgt Zuwachsdpression und längere Andauer des potenziellen Zustandes, welchem ein grösserer Atmungsaufwand entspricht.

10. Geopolarisation der Schwingungen in Blättern.

An einem Lottrieb der Eiche hatten die Laubblättchen ihre Lichtdrehung fast vollendet, sie standen alle im Horizont, waren aber noch lange nicht ausgewachsen, ihre Länge 3—5 cm, also eine potenzielle Energie in der Flächenstreckung von 3—5 cm zu 10—12 cm. Hier setzen sich offenbar zwei Schwingungskomplexe zusammen, der Flächenzuwachs und der Dickenzuwachs der Gesamtblattfläche.

Serie 151.

Laubblättchen der Eiche in der Entwicklung.

25. Mai. Versuchsdauer 5 Stunden 10 Minuten. T 16,5—17° C.

R		F	CO ₂ pr g F 100 St.
2	Die Blättchen stehen im Lot aufrecht .	0,85	28,72
3	„ „ „ „ „ abwärts .	0,70	27,69
4	„ „ „ horizontal, die Ober- seite oben . .	0,65	37,87
5	„ „ „ horizontal, die Ober- seite unten . .	0,62	35,63

Das Gesamtfrischgewicht ist 2,82 g, das Gesamttrockengewicht 0,71 g, woraus $\frac{F}{T} = 4,028$ g folgt.

Der Maximalwert liegt in der Normalstellung, es ist dies die Horizontalstellung mit der Oberseite nach oben. Es verhält sich somit das Blättchen, wie der Horizontalspross von Hedera (s. weiter unten), in welchem die Theorie ähnliche, wenn schon komplizirtere, Schwingungen supponiren muss.

R 128. — In einem heranwachsenden Laubblättchen, welches seine geo-heliotropische Bewegung der Orientirung bereits ausgeführt hat, aber noch nicht ausgewachsen ist, unterliegt der Gesamtschwingungskomplex für das Heranwachsen der Geopolarisation. Die grosse Axe der Schwingungsintensität steht senkrecht zur Blattfläche.

Junge Blätter von *Vitis vinifera*, 3–5 cm lang, haben bis zum ausgewachsenen Zustand die potenzielle Energie, sich von der angegebenen Länge auf 10–14 cm durch Wachstum zu vergrössern. Solche junge Blättchen haben ihre Lichtorientierung bereits vollführt, ihre Fläche steht nahezu senkrecht zum Lot.

Die Differenzen ergaben die erstaunlichen Ausschläge der nachfolgenden Tabelle:

Serie 152.

Vitis vinifera, junge Blättchen. 1. August. Dauer 1 Stund. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Die Blättchen lotrecht, mit der Spitze nach oben	3,05	0,65	4,692	160,0
II	Die Blättchen lotrecht, mit der Spitze nach unten	3,05	0,65	4,692	139,2
III	Die Blättchen horizontal, die Oberseite nach oben	3,35	0,64	5,234	201,6
III	Die Blättchen horizontal, die Oberseite nach unten	3,35	0,64	5,234	130,5

R 129. — Nimmt man die Horizontallage der Blättchen am unverletzten, nahezu im Lot stehenden Rebspross „die Normallage“, so lautet das Resultat: Ein wachsendes Blättchen der Rebe hat, ganz entsprechend seiner sehr komplizierten, anatomischen, morphotischen Ausgliederung zahllose Richtungen der Molekülschwingungen, von welchen ein Teil mit der Bildung von Kohlensäure abschliesst. Der Gesamtschwingungskomplex unterliegt der Geopolarisation. Der Maximalwert der Atmungsgrösse gehört der Horizontalnormallage und derjenigen Lotlage, in welcher die Spitze zenithwärts, der Mittelwert gehört derjenigen Lotlage, in welcher die Spitze nach dem Erdmittelpunkt, der Minimalwert der Horizontallage, in welcher die Oberseite nach dem Erdmittelpunkt gekehrt ist.

11. Die Blattstiele in aktueller Energie.

An einem horizontal stehenden Zweig von *Aesculus hippocastanum* steht die Mediane des einen Wirtels im Horizont; die Blätter dieses Wirtels erhalten nahezu gleiches Gewicht und gleiche

Grösse der Fläche und Blattstiele. Die Mediane des nächsten Wirtels steht im Lot, das abwärts geneigte Blatt erhält die Maximalgrösse, das aufwärts gerichtete die Minimalgrösse. Vor dem Zeitpunkt der vollendeten Ausbildung wurden die drei Differenzen potenzieller Energie herausgegriffen (16. Mai). Die Blattstiele wurden lotrecht aufrecht in die Rezipienten gestellt.

Serie 153.

Versuchsdauer 6 Stunden. T 17° C.

R		F	U	$\frac{F}{T}$	CO ₂ pr gr F 100 St.	A
II	Der Blattstiel des Lotwirtels, das obere Blatt	2,00	0,305	6,557	11,58	75,95
I	Der Blattstiel des Lotwirtels, das untere Blatt	2,15	0,400	5,374	10,79	57,90
III	Der Blattstiel des Horizontalwirtels	1,97	0,401	4,914	11,16	54,87

Noch mehr wie das konnte gezeigt werden: Der abwärtsgerichtete Blattstiel eines Lotwirtels, welcher noch potenzielle Zuwachsenenergie enthalten musste, da die Streckung nicht vollendet war (16. Mai), wurde abgeschnitten, 3 Stunden lang lotrecht aufrecht, sodann 4—5 Stunden lang lotrecht verkehrt in den Rezipienten gestellt.

Serie 154.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Lage lotrecht aufwärts	3,30	0,499	6,613	66,13
6	„ „ abwärts	3,30	0,499	6,613	54,33

R 130. — Die Blattstiele, in welchen Längenzuwachs und Torsionsenergie zu komplexen Molekülschwingungen führen, verhalten sich somit ähnlich wie die saftigen Sprosse mit grosser Streckungsenergie (s. oben). Die drei Energiedifferenzen der Blattstiele in zwei Wirteln, von denen einer ein Horizontal-, der andere ein Lotwirtel ist, finden in A ihren Ausdruck.

Wird das ganze Blatt, Spreite und Blattstiel zusammen dem Versuch unterzogen, so steigern sich die Werte, weil die Streckungsenergie der Lamina hinzukommt.

Serie 155.

Traueresche, die Laubblätter zur Zeit der aktuellen Drehungsenergie.

23. Mai. Versuchsdauer 1 Stunde 45 Minuten. T 17,5–18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Blätter aufrecht lotrecht mit dem Blattstiel	2,6	0,55	4,728	170,4
II	Die Blätter abwärts lotrecht mit dem Blattstiel	2,36	0,50	4,720	141,8

R 131. — Gleiche Blätter der Esche (Blattstiel und Lamina), welche sich in aktueller Energie des Zuwachses für die Lamina und der Torsion des Blattstieles für die Gravitationsorientierung befinden, zeigen bei aufrechter Lotlage, der Blattscheitel zenithwärts, für A 170,4, in der umgekehrten Lage 141. Es folgt hieraus: Der Gesamtschwingungskomplex der Molekeln, welcher jenen sichtbaren Vorgängen zu Grunde liegt, unterliegt der Geopolarisation.

An dem hängenden Ast der Esche (Traueresche) haben zwei Blattstiele eines Horizontwirtels eine Torsion von 90° auszuführen (die mittlere Energiegrösse). Der obere Blattstiel hat die Torsion von 180° auszuführen (das Maximum), der untere Blattstiel hat keine Torsion, sondern nur eine Winkelverkleinerung herbeizuführen (kleinste Energiegrösse). Da die Esche sich Zeit nimmt, 10–20 Tage für einen Spross, so hat man leicht Gelegenheit, das Material in der geeigneten Phase herauszugreifen.

Serie 156.

Fraxinus excelsior, 18. Juni; je 4 Blattstiele der Lot- und Horizontalwirtel.

Dauer 6,66 Stunden. T 18,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Stiele der oberen Blätter des Lotwirtels, Torsion 180°	1,30	0,31	4,193	54,73
3	Stiele der unteren Blätter des Lotwirtels, Torsion 0°	1,20	0,30	4,000	33,54

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Stiele der Horizontalblätter, Torsion 90°	1,35	0,30	4,500	50,55
5	Die Blattfläche	2,10	0,54	3,889	69,79

R 132. — Der Maximalwert von A kommt der Lamina zu, Die Atmungsgrößen der drei Blattstiele entsprechen

der Energieleistung 180° Maximum 54,73

„ „ 0° Minimum 33,54.

Es sind nur die Blattstiele, welche diese hohen Werte und Differenzen zeigen. Hieraus:

Die Schwingungsenergie der Molekeln, welche in der Kohlen-säurebildung ihren Ausdruck findet, steht in Blattstielen der Esche, welche in der Drehung befindlich sind, in kausalem Zusammenhang mit der Energieäusserung der sichtbaren Bewegung.

12. Kombination von Zuwachs der Blätter und Zweige und Torsionsenergie der Blattstiele.

Zwei Wirtelknospen eines und desselben Horizontwirtels sind zur Zeit des Versuchs 5 cm lang, haben somit eine potenzielle Energie der Streckung von 5 zu 50–60 cm, welch' letzterer Wert die Endlänge der Sprosse sein mag. Sie haben in ihren Blattstielen die volle potenzielle Energie für die Torsionen. Die Gesamt-tendenz ist im Anfang unter allen Umständen negativ geotropisch.

Serie 157.

Fraxinus excelsior, zwei am Baum im Horizont stehende junge Triebe, die Blätter 5 cm lang. 20. Mai. Dauer 3 Stunden 20 Minuten. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Der Trieb im Rezipienten lotrecht, aufrecht	1,3	0,199	4,480	413,5
II	Der Trieb im Rezipienten lotrecht, abwärts	1,12	0,25	4,48	246,3

R 133. — Es werden die ungeheuerlichen Werte von 413 cm^3 für die Normallage gegenüber 246 für die inverse Lage erhalten. Fünf Tage früher zeigten zwei ähnliche Knospen genau dieselbe Beziehung, aber kleinere Werte.

Serie 158.

Eschenknospen in der Entfaltung begriffen.

15. Mai, Dauer 4,5 Stunden. T $15-16^\circ \text{ C}$.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Die Knospe steht lotrecht aufrecht	3,15	0,92	3,424	121,3
III	„ „ „ „ verkehrt	4,10	1,35	3,057	93,5

R 134. — Die Maximalwerte der Energie liegen somit (Serie 157) in der Phase, welche der aktuellen Energie vorausgeht. Die Differenzen aber $121 : 93$ lassen sich schon in den eben sich öffnenden Knospen erweisen (man ziehe die Winterserien zum Vergleich heran).

13. Geotropische Polarisation der Fichtennadeln und Übergang der potenziellen in die aktuelle Energie.

Am 17. Mai (Münden) sind die Nadeln der Horizontalseitentriebe bereits soweit gekämmt, dass die Ober- von der Unterseite unterschieden werden kann. Die Kämmung aber ist noch nicht vollendet, das Wachstum nicht beendet. Der Trieb mit mehreren hundert Nadeln müsste nach dem Vorhergehenden fünf verschiedene Lagen haben, in welchen er verschiedene Atmungsgrößen aufweisen müsste. Vier solcher Lagen wurden gewählt, die fünfte, in welcher der Zweig mit seiner Axe im Horizont mit der Kämmungsebene im Lot steht, wurde vernachlässigt.

Serie 159.Fichte. 17. Mai, Versuchsdauer 9 Stunden. T 19° C .

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Lottrieb lotrecht aufrecht . .	1,70	0,298	5,703	92,10
3	Seitentrieb „ „ . .	2,01	0,361	5,581	62,79
4	„ „ abwärts . .	1,10	0,23	4,783	53,63
5	„ horizontal, Oberseite oben	1,01	0,15	6,733	103,00
6	„ „ „ unten	1,63	0,300	5,433	98,15

Wir geben hier die vollen Definitionen für die sichtbaren Bewegungen, welche den supponirten Schwingungen folgen:

1. Der Lottrieb streckt seine Nadeln, führt Verschiebungen der Kontaktlinien aus, aber keine Nadeltorsionen. In der Normalstellung hat er den einfachsten Schwingungskomplex ohne Störung.

2. Der Seitentrieb hat dieselben Tendenzen wie der Lottrieb, es kommen aber noch die Torsionen der Nadelkämmung hinzu. Steht er aufrecht im Lot, so hat er geringere Störung und eine höhere, steht er im Lot abwärts so hat er grössere Störungen der Schwingungen und eine niedere Atmungsgrösse. In seiner Horizontalnormalstellung R 5 zeigt er das absolute Maximum, 103, gegenüber allen hier realisirten Lagen.

R 135. — Der Lottrieb hat keine Nadeltorsionen auszuführen, die Nadeln liegen schon in der Normalendlage: also kleinste Energie. Energie des Wachstums mit dem Wert für A 92,10.

Der Seitentrieb hat in seiner Normallage, welche im Rezipient 5 realisirt, Molekularschwingungskomplexe aller Nadeln auszuführen, welche die Basis so tordiren, dass die Nadeln zuletzt im Horizont gekämmt erscheinen. Diese Bewegung ist im Gang und wirkt in der Lage die Oberseite zenithwärts im Rezipienten 5 nach. Der Zweig ist im Rezipienten unter dem Einfluss der Schwingungen in Folge der Gravitation für den Zweigzuwachs und unter dem Einfluss der Schwingungen für die Torsion und den Zuwachs der Nadeln. Der Wert für A erreicht das Maximum 103. Jede Verschiebung aus dieser Lage würde, wenn die potenzielle Energie noch vorhanden ist, die Schwingungen für den Zuwachs, und die Schwingungen für die Nadeldrehungen ihrer Richtung und Intensität nach ändern müssen. Denn würde er ins Lot gestellt, so müssten die Nadeln schliesslich die Lage einnehmen, welche dem Lottrieb zukommt; würde er im Horizont liegen bleiben, aber um 180° gedreht werden, so müssten alle Nadeln dieser neuen Lage entsprechend von neuem Torsionen ausführen. Genau entsprechend den Störungen (Retorsion, Zwang zu entgegengesetzten Tendenzen, wie sie vorher eingehalten waren), welche durch solche Lagenänderungen herbeigeführt werden, verhalten sich die Werte für A:

A sinkt, in der Lotlage die Spitze nach oben (die Nadeln müssten kleine Winkelbewegungen nach oben machen), von 103 nach 62.

A sinkt in der inversen Lotlage, die Nadeln müssten jetzt grössere Winkelbewegungen ausführen, von 103 nach 54.

A sinkt in der Horizontallage, wenn der Zweig um 180 gedreht wird (die Nadeln müssten jetzt Retorsionen von 180° ausführen) von 103 nach 98,15.

Keine Rede soll davon sein, dass solche Drehungen an dem vorliegenden Objekt wirklich vollführt würden. Die den Drehungen und Torsionen entsprechenden Tendenzen werden hineingelegt und diesen entsprechen die Differenzen der Atmungsgrössen.

Es folgt hieraus: die Gesamtschwingungen, welche zur aktuellen Energie von Nadeln führen, unterliegen der Geopolarisation (so wie dies für die Eschenblattstiele oben erwiesen ist).

Serie 160.

Phaseolus multiflorus, 17. Juni. Dauer 21 Stunden. 3,25 St. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Gelenkpolster	1,95	0,21	9,285	99,79
4	Blattstiele	3,19	0,31	10,29	76,81
5	Blattfläche	3,55	0,49	7,244	141,3

R 136. — *Phaseolus* hat an der Basis der Laubblättchen ein deutliches Gelenkpolster, welches, am kurzen Hebelarm angreifend, die Lamina bewegt, die Licht- und Gravitationsorientirung des wachsenden und heranwachsenden Blattes herbeiführt. Dieses Polster zeigt für A mit 99 einen höheren Wert wie der Blattstiel 76, gegenüber der Lamina 141.

14. Polarisation der Schwingungen in heliotropischen Zweigen.

An den horizontalen Steindeckplatten einer Mauer waren die Epheussprosse horizontal gewachsen unter dem Einfluss des negativen Heliotropismus. Die in der Entfaltung begriffenen Blättchen

hatten ihre Lichtdrehung bereits vollendet, so dass der Spross schon eine Lichtober- und Schattenunterseite aufwies. Die Spitzen der Sprosse waren schwach negativ geotropisch gekrümmt. Die Luftwurzeln, welche reihenweise an der Schattenseite entstehen, waren noch nicht gebildet. In solchen Zweigen müssen Schwingungen polarisirt sein für den Längenzuwachs, für die Kambialthätigkeit, die Blattstieltorsion und den Zuwachs der Laubblättchen. Vier möglichst gleiche solcher Zweiglein wurden in vier verschiedenen Lagen in die Rezipienten gebracht:

Serie 161.

Hedera Helix, heliotropische Zweige an einer Mauer in horizontaler Lage.

24. Mai. Versuchsdauer 14 Stunden. T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Zweige lotrecht aufrecht .	0,8	0,2	4,00	48,94
3	„ „ „ abwärts .	0,92	0,23	4,00	37,89
4	Die Zweige horizontal, Unterseite nach oben	0,90	0,24	3,750	44,35
5	Die Zweige horizontal, Oberseite nach oben	1,1	0,25	4,40	111,00

R 137. — Der geringste Wert für A kommt der Umkehrung bei Horizontalstellung zu, R 4. Der dreifache Wert der Normalstellung, R 5. R 2, die Normalstellung für das Lot gegenüber R 3, koinzidiert mit allen früheren Messungen an solchen Sprossen, (Übereinstimmung mit Serie 151).

Die *Lysimachia Nummularia*, welche jeder leicht aufgreifen kann, hat dieselben Tendenzen wie der Epheu, nur drehen sich hier noch alle Lotwirtel bis die Blattebenen aller Wirtel im Horizont stehen. Die Atmungsenergie ist hier sehr viel kleiner, gleichwohl zeigt der Versuch dieselben merkwürdigen Ausschläge:

Serie 162.

Lysimachia Nummularia, die Kriechstämme beblättert, die Lotwirtel sind alle gedreht, so dass alle Wirtel im Horizont stehen, alle Oberseiten der Blätter nach oben. Dauer 24 Stunden, T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Der beblätterte Stamm im Lot aufrecht	0,5	} 0,13	4,966	2,25
4	Der beblätterte Stamm horizontal, Oberseite nach oben	0,5			
5	Der beblätterte Stamm horizontal, Unterseite nach oben	0,49			

R 138. — Auch hier zeigt die Normallage im Rezipienten 4 die Übereinstimmung mit dem Eichenblatt im Versuch (s. oben Serie 151) mit dem Blatt von *Vitis* (s. oben Serie 152).

15. Aktuelle Energie der Schlingpflanzen.

In der ganzen Reihe von Differenzversuchen ist keine so glatt und durchschlagend wie die nachfolgende, bis auf eine einzige nicht entscheidende Differenz. Hopfen und Brennnessel, der eine mit grösster Kletterenergie, die andere mit grosser Zuwachsenenergie, dabei genetisch die nächste Verwandtschaft.

Vier Phasen kommen für den Hopfen in Betracht: 1. die jungen Interfolien vor der Torsion; 2. die älteren Interfolien während der Torsion; 3. die älteren während des Umschlingens der Stütze und 4. dieselben Interfolien, aber nicht schlingend.

Serie 163.

Vergleich von *Humulus lupulus* und *Urtica dioica*.

I. Jüngere Interfolien bei *Humulus* ohne Torsion.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	<i>Humulus lupulus</i> , junge Interfolien lotrecht aufrecht	1,2	0,10	12,00	211,00
3	<i>Humulus lupulus</i> , junge Interfolien lotrecht umgekehrt	1,03	0,10	10,30	285,80

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Urtica dioica, junge Interfolien lotrecht aufrecht	1,05	0,06	16,66	195,4
5	Urtica dioica, junge Interfolien lotrecht umgekehrt	1,90	0,11	17,22	137,4

Der Hopfen zeigt eine höhere Atmungsgrösse. Der Versuch ergibt nicht die vollkommenste Koinzidenz der Kohlensäurenenergie und Lagen. Der höhere Maximalwert von 285 cm³ für die volle potenzielle Energie kommt der inversen Lage zu.

Die Torsionsenergie beginnt jetzt bei dem Hopfen:

Serie 164.

II. Ältere Interfolien bei Humulus 100–150 mm mit Torsionen bis zu einem bis anderthalb Kreisumläufen.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Humulus lupulus, die Interfolien aufrecht	2,95	0,22	13,41	83,20
3	Humulus lupulus, die Interfolien umgekehrt	2,50	0,30	8,33	81,66
4	Urtica dioica, die Interfolien auf- recht	2,80	0,21	13,34	45,63
5	Urtica dioica, die Interfolien um- gekehrt	2,65	0,31	8,275	16,55

Die Koinzidenz ist für Atmungsgrösse und Lage für Urtica noch durchschlagender wie unter I. A ist jetzt von 285 auf 83,81 gesunken.

Serie 165.

III. Humulus lupulus; stark tordirte Interfolien; nachts starke Turgeszenz.

21. Mai, Dauer 4 Stunden. T 18–20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Erstes und zweites Interfolium, lotrecht aufwärts	1,1	0,15	7,333	115,0

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Erstes und zweites Interfolium, lotrecht abwärts	1,2	0,201	5,970	99,40
4	Drittes und viertes Interfolium, lotrecht aufwärts	3,15	0,35	8,999	120,7
5	Drittes und viertes Interfolium, lotrecht abwärts	2,85	0,30	9,499	77,50

In diesem Versuch, welcher den Nachtzustand der Pflanze herausgreift, kommt die absolute Koinzidenz der Kohlensäuremengen, der Lage und Steigerung der Atmungsgrösse zum vollen Ausdruck. Die Pflanze hat den Akt des Schlingens nicht vollführt.

Zum Schluss hat die Pflanze diesen Akt vollführt:

Serie 166.

IV. *Humulus lupulus*; der Akt des Schlingens. 29. Mai. Dauer 10 Stunden.
T 17,5—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Schlingendes Interfolium, 2 Kreis- umlaufe	2,3	0,27	8,517	51,11
3	Nichtschlingendes Interfolium, die- selbe Länge wie 2.	1,85	0,24	7,709	35,00

Sie zeigt jetzt im schlingenden Zustand 51, im nicht schlingenden 35 cm³.

Von I nach IV sind die Atmungsgrössen von 285 auf 35 bis 51 cm³ gesunken. Die Koeffizienten der materiellen Erstarkung $\frac{F}{T}$ sind von 10—13 auf 7—8 gesunken. Die Erstarkung ist gewachsen, die Bewegungsenergie erloschen, die Atmungsgrösse im Sinken.

Torsion und Retorsion.

Die merkwürdigste Beziehung ist die Verminderung von A durch Torsion und Retorsion. Die nicht tordierten Sprosse (beide sind kantig) werden mit dem unteren Ende an Glasstäbe festge-

bunden und vorsichtig tordirt. Nachdem der gewünschte Torsionsgrad erreicht ist, werden sie mit Bindfaden in dieser Lage festgebunden.

Serie 167.

Torsion und Retorsion an 15 cm langen Zweigabschnitten.

Humulus lupulus und *Sambucus nigra*. 14. Juni. Dauer 5 Stunden. T 20—20,7° C.

		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	<i>Sambucus</i> ohne natürliche Torsion und nicht künstlich tordirt .	3,5	0,40	8,757	436,9
3	<i>Sambucus</i> ohne natürliche Torsion, aber um 1 Kreisumlauf künstlich tordirt	4,0	0,45	8,890	80,89
4	<i>Humulus</i> mit natürlicher Torsion von $\frac{3}{4}$ Kreisumlauf	1,45	0,26	5,577	127,6
5	<i>Humulus</i> mit natürlicher Torsion von $\frac{3}{4}$ Kreisumlauf, um ebensoviel künstlich retordirt . .	1,20	0,22	5,468	72,73

R 139. — Die Energie der äusseren Arbeitsleistung der beiden Zweigabschnitte ist ausserordentlich verschieden. Die Maximal-Atmungsgrössen in den Serien 163 und 164, von dem jüngeren nach dem älteren Interfolium:

Humulus 285 83

Urtica 195 45.

Der wissenschaftliche Wert des Vergleiches kann meinetwegen bezweifelt werden.

R 140. — Bis auf die Differenz 2, 3 Serie 163, folgen beide Pflanzen dem Vorgang in den Serien 137—138. Für die Umkehrung sinkt A.

R 141. — Geht das jüngere Interfolium von *Humulus* in den Zustand der Torsion, welcher in der Phase vor dem Zustand des Schlingens liegt, so entspricht dieser aktuellen ein Sinken der potenziellen Energie. Mit diesem Übergang koinzidiert das Sinken von A von den Werten 211, 285 nach 83, 81. Zieht man die starke Nachtturgesenz heran, so ist dies Sinken ausgedrückt durch 211, 285 nach 115, 120 für die Normallage. Geht das ältere Inter-

folium in den Akt des Schlingens über, oder beteiligen sich mehrere Interfolien gleichzeitig, so erfolgt durch diese Bewegung ein weiterer Verlust der aktuellen Energie und damit ein Sinken von A

von 83 . 81 nach 51

beziehentlich „ 115 . 120 „ 51.

Dieselbe Phase eines nicht schlingenden Interfolium weist für A den Wert 35 auf, im Ganzen also von der jüngsten ersten nach der letzten Phase für A von

211 . 285 nach 51 bis 35.

Das sind Übergänge, wie sie in keinem früher betrachteten Phasenwechsel vorkommen.

R 142. — In einem Interfolium von Sambucus, welches, der Natur der Art entsprechend, keine Tendenz zur Torsionsbewegung hat, müssen die supponirten Molekularschwingungen, welche mit der Atmung abschliessen, vorherrschend parallel der geometrischen Axe und senkrecht zu dieser vor sich gehend gedacht werden. Bei der Torsionsbewegung von Humulus müssen die supponirten Längsschwingungen in Richtungen vor sich gehen, welche von der geometrischen Axe des Sprosses merklich abweichen. Ein überaus kräftiges Interfolium mit hoher potenzieller Energie von Sambucus nigra wird um einen Kreisumlauf künstlich tordirt. A ist im Versuch

vor der künstlichen Torsion 436 (ein ausserordentlich hoher Wert)
nach „ „ „ 80,89.

Ein ebenso kräftig turgeszenter Abschnitt von Humulus, welcher seine natürliche Torsion um $\frac{3}{4}$ Kreisumläufe vollführt hat, zeigt für A 127, ebensoviel künstlich retordirt 72. Hieraus folgt: künstliche Torsion und Retorsion an wachsenden nicht tordirenden und natürlich tordirenden Sprossen bringen den Wert A zum plötzlichen Sinken. Es entsprechen solche künstliche Eingriffe Störungen der Schwingungen, wie sie in den früheren Serien durch Lagenänderung zum Lot und durch Schütteln herbeigeführt wurden, und hieraus der Satz:

R 143. — Unter dem Einfluss der Gravitation gradlinig im Lot wachsende Sprosse müssen nach dem Gesetz des Partiärzuwachses (Fig. 7) für das Längenwachstum Schwingungen der Molekeln aufweisen, welche mit der geometrischen Axe zusammenfallen, und abweichend von allen Schwingungen in Stäben aus un-

belebten Materien (Saite, Stahlstreifen u. s. f.) ungleiche Amplitude der Schwingung aufweisen. Der grössere Ausschlag geht von der Anfangslage nach der Zuwachsrichtung also nach dem Scheitel, der kleinere nach der ausgewachsenen Basis des Organes. Die Gravitation ist hiefür die Ursache. In dem Komplex solcher Schwingungen liegen solche, welche mit der Verbrennung eines Teiles des Kohlenstoffes abschliessen, daher muss der Wert A von der Intensität des gesamten Komplexes der Längsschwingung abhängig sein. Die Umkehrung des Sprosses verkleinert jene grössere Amplitude, wirkt also wie eine Störung der Schwingung, A sinkt.

Hat ein gegebener Spross nur solche axile Schwingungen wie Sambucus, so wächst er ohne Torsion, wird aber jener Störung unterworfen, wenn durch künstliche Torsion die Normalaxilschwingungen aus ihrer Richtung abgelenkt werden. A sinkt jetzt, auch wenn der Spross in seiner Gesamtheit die Lotnormallage beibehält.

Die Wirkung der künstlichen Retorsion an einem Hopfenspross, der seine natürliche Torsion soeben ausführt oder kurz vor dem Versuch ausgeführt hat, versteht sich hienach von selbst, sie zwingt Schwingungen von gegebener Richtung nach der entgegengesetzten, wodurch offenbar lebendige Kraft verloren geht, oder aber sie vernichtet als grösst denkbare Eingriff die zartsaitigen Schwingungen, welche von den Axilschwingungen abweichen. Sie führt zur Minderung der Intensität eines Teiles der Schwingungen oder des ganzen Komplexes. Die Atmungsgrösse A sinkt infolgedessen.

Serie 168.

Convolvulus sepium. Torsion und Retorsion.

16. Juni. Dauer 1—2 Stunden. T 19,5—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	15 cm lange entblätterte Schlingen, 1½ Kreisumläufe	2,8	0,301	9,302	237,1
6	15 cm lange entblätterte Schlingen, um 1½ Kreisumläufe retordirt				208,2

R 144. — Das Resultat stimmt mit den Serien 167. A sinkt von 237 auf 208.

Serie 169.

Phaseolus multiflorus, Schlingstamm. 9. Juli. Dauer 5 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Junges Interfolium vor dem Schlingen	1,40	0,20	7,00	116,0
3	Junges Interfolium während des Schlingens	3,85	0,50	7,70	90,31
3	Junges Interfolium vor dem Schlingen auf eine 5 mm Glasröhre gewickelt, nach der Gewohnheit L—R	1,80	0,22	8,185	104,6
4	Junges Interfolium wie vorher, gegen die Gewohnheit von R—L gewickelt	0,90	0,16	5,623	115,0

R 145. — Es ist derselbe Phasenübergang wie bei Humulus, während des Schlingens sinkt A von 116 : 90. Hier wurden die Schlingen künstlich auf Glasstäbe nicht tordiert, sondern gewunden. Geschieht dies in der gewohnten Richtung links nach rechts, so sinkt A von 116 nach 104,6. Geschieht es von rechts nach links, also gegen die Gewohnheit der Pflanze, so sinkt A von 116 nach 115. Somit Bestätigung von R 142. Das künstliche Winden ist ein sehr viel weniger grober Eingriff in die Molekularanordnung (Molekulargefüge), wie die Torsion und Retorsion.

16. Nutirend gekrümmte Zweige.

Amelopsis quinquefolia zeigt die Zweigspitze hakenförmig eingekrümmt während der Monate Juni, Juli, August. Die Krümmungsebene liegt im Lot, der Spross zeigt während dieser Zeit den bekannten mächtigen Längenzuwachs. Hieraus folgt: die Cylinderabschnitte, welche aus dem Zustand der grösseren potenziellen Energie in der Nähe des Sprossscheitels in die Streckung übergehen, krümmen sich in die Nutationslage und gehen in späterer Phase wieder in die gerade Lage zurück. Dies Spiel dauert den ganzen Sommer.

Serie 170.

Ampelopsis quinquefolia. Nutirendes Stammende. 11. Juli. T 18,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Konvexität des Bogens nach unten \curvearrowright	2,90	0,35	8,285	203,7
II	„ „ „ „ oben \curvearrowleft	3,30	0,46	7,173	138,9
3	Das nutirende Ende in die gerade Lage, gezwungen aufrecht . . \uparrow	2,15	0,295	6,288	153,3
6	Dasselbe, ebenso umgekehrt . . \downarrow	1,85	0,25	7,401	189,2

R 146. — Die Differenzen I und II sind von Belang: Wird jenes hakenförmige Endstück in der Lotlage in den Gasrezipienten gebracht, so dass die Konkavität nach oben, nach dem Zenith gekehrt ist, so befindet sich das Cylinderstück, welches mit dem Vegetationsscheitel endet, in der Normallotlage. Der Scheitel liegt zenithwärts. A erreicht den Maximalwert mit 203. Liegt der Hakenspross mit der Konvexität nach oben, so liegt der Scheitel erdwärts. Das Cylinderstück verhält sich wie ein umgekehrter geradläufiger Spross. A sinkt auf 138. Wird der Spross vorsichtig zur geradläufigen Lage gezwungen an einem Glasstab festgebunden, es ist dies immer noch, gegenüber den zarten Molekularbeziehungen, ein sehr roher Eingriff, wie vorher das künstliche Tordiren und das künstliche Aufwickeln (s. Serie 168, 169), so zeigt er in der Normallotlage für A 153, in der umgekehrten Lotlage 189. Beide Werte liegen unter dem absoluten Maximum 203.

17. Die Ranke in aktueller Energie.

Die Blattranke der Erbse erreicht in keiner Phase die Atmungsgröße des Blattes.

Serie 171.

Pisum sativum. 23. Mai. Versuchsdauer: Blätter 3 Stunden 15 Minuten, Ranken 9 Stunden 30 Minuten. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Blätter	2,06	0,35	5,886	175,8
4	Geradläufige Ranken, welche noch nicht gegriffen haben . . .	0,94	0,15	6,266	118,6
5	Spiralige Ranken, welche schon gegriffen haben	0,73	0,15	4,866	82,81

R 147. — Die Atmungsgrösse der Ranke in der potenziellen Energie, mit dem immerhin hohen Wert von 118 cm³ Kohlensäure, sinkt auf 82 cm³ nach Vollführung der aktuellen Energie.

Serie 172.

Vitis vinifera. 14. Juri. Dauer 2 Stunden 3 Minuten. T 20—21° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Ranken der jüngsten Interfolien vor dem Greifen, aufrecht im Lot	3,7	0,6	6,166	140,00
3	Ranken der älteren Interfolien während sie greifen, aufrecht im Lot	4,63	0,6	7,716	87,50
4	Die drei oberen Interfolien während der Nutation	2,49	0,4	6,222	152,2
5	Die 4—5 unteren Interfolien nach der Nutation	6,00	0,7	8,572	156,4
2a	Die jüngsten Ranken wurden nun umgekehrt, ergeben nach 3 Std.				73,89

R 148. — Die Differenz 2, 2a, zunächst: Die gradläufige junge Ranke in voller potenzieller Energie verhält sich in Bezug auf die Geopolarisation der Molekularschwingungen wie saftige Sprosse, sie zeigt in der Normalotlage für A 140. Der Wert sinkt auf 73 bei der Umkehrung. Die Differenz 2 . 3: geht die junge Ranke in die aktuelle Energie über, so sinkt A von 140 auf 87, der Wert $\frac{F}{T}$ ist hier im Wachsen von 6,1 auf 7,7. Die Differenz 4 . 5: mit dem Geradestrecken des nutirenden Endes (vgl. Serie 170) der Interfolien wächst A von 152 nach 156.

Serie 173.

Kürbisranke.

6. Juli. Dauer 14 Stunden 20 Minuten. T 18,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Junge Ranken vor der Spiralrollung	1,301	0,16	8,130	68,93
3	„ „ nach „ „ und vor dem Greifen	0,730	0,11	6,636	42,51

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Junge Ranken nach d. Spiralrollung und nachdem sie gegriffen haben	1,220	0,13	9,387	40,81
5	Junge Ranken künstlich um eine 5 mm dicke Glasröhre gerollt	0,760	0,096	7,916	93,05

Die künstlich gerollten Ranken behalten die erzwungene Schraubenform bei. Der grosse und ganz befremdende Ausschlag der Differenz 2, 5 veranlasste die Wiederholung.

Serie 174.

Kürbisranke.

7. Juli. Dauer 21 Stunden. T 18° C. Auf das Trockengewicht berechnet.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Junge Ranken vor d. Spiralrollung	1,25	0,14	8,930	135,4
5	Junge Rank. künstlich auf eine 5 mm dicke Glasröhre aufgewickelt .	0,82	0,11	7,454	158,9

Derselbe Versuch auf das Frischgewicht berechnet.

2	Junge Ranken vor der Rollung .				15,16
5	Junge Ranken künstlich gewickelt				21,31

R 149. — Der Übergang von der potenziellen zur aktuellen Energie lässt A sinken durch die Werte 68 nach 42 und 40. Volle Bestätigung des früheren. Die künstliche Aufrollung junger Ranken auf Glasröhren erhöht A von 68 auf 93, im 2ten (Kontrol-)Versuch von 135 auf 158.

18. Geopolarisation der Schwingungen in Infloreszenzen zygomorpher Blüten.

Die ins Lot orientirten Pflanzen, draussen im Freien herausgegriffen, zeigen Längen der Infloreszenz von 2—3 cm im Knospenzustand und haben die Tendenz, in wenigen Tagen Längen von 5—6 cm zu erreichen. Jede Einzelblüte hat die Tendenz, vorherrschend in der Längenrichtung der zygomorphen Blüte Schwing-

ungen zu vollführen, welche zur stabilen Endgestalt hinführen. Die Hauptschwingungsrichtung muss in dem gegebenen Blütenkomplex nahezu ins Lot fallen.

Serie 175.

Zygomorphe Blüten im Knospenzustand der Infloreszenz.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
21. Mai. Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 18° C.					
2	Ajuga reptans, die Infloreszenz lotrecht aufrecht	1,5	0,24	6,250	23,04
3	Ajuga reptans, die Infloreszenz lotrecht abwärts	0,99	0,21	4,714	22,42
21. Mai. Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 17–19° C.					
2	Trifolium incarnatum, die Infloreszenz lotrecht aufrecht	3,85	0,80	4,812	127,4
3	Trifolium incarnatum, die Infloreszenz lotrecht abwärts	3,25	0,73	4,452	96,38

Serie 176.

Phyteuma spicatum. 22. Mai. Dauer 2 Stunden 30 Minuten. T. 17–17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die geschlossene Infloreszenz lotrecht aufrecht	4,65	0,92	2,79	121,4
3	Die geschlossene Infloreszenz lotrecht abwärts	4,30	0,75	2,20	117,3

R 150. — Alle solche Infloreszenzknospen in der Aufrechterstellung zeigen höhere Atmungsgrößen wie in der inversen Lage.

19. Komplexe Schwingungen zwischen Wachstum der Zygomorphie und Energie der Resupination.

Die Vorgänge sind in zweierlei Sinne komplexe: Jede der Blüten an einer Orchis-Infloreszenz durchläuft 3 Phasen, sie zeigt zuerst die mächtige Streckung, welche zur Zygomorphie führt. Diese Schwingungen fallen ins Lot, ehe die Resupination beginnt. Sie be-

ginnt die Resupination, welche die Blüte um 180° dreht und vollführt noch jene Streckung und endlich: sie hat die Drehung fast vollständig oder vollständig vollführt, während auch ihre Streckung fast vollständig oder vollständig beendet ist. Dies alles gegenüber den nicht resupinirenden zygomorphen Infloreszenzen der Gruppe 18: *Phytanma*, *Ajuga*. Zum zweiten ist der Vorgang komplex: An derselben Infloreszenz führen zwar alle Blüten die Resupination in der gleichen Drehungsrichtung durch, sie stehen aber in verschiedener Phase für beide Vorgänge. Unten stehen Blüten in voller Energie der Drehung, oben hat diese noch nicht begonnen; unten stehen ausgewachsene, oben solche in der vollen Streckung. Wir beginnen mit den ausgewachsenen Infloreszenzen.

Serie 177.

Orchis mascula. 28. Mai. Dauer 23 Stunden. T 16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Die geöffnete Infloreszenz aufrecht nach der Vollendung	3,1	0,35	8,857	3,595
6	Die geöffnete Infloreszenz abwärts nach der Vollendung				3,689

R 151. — Der Versuch sagt aus: Nach vollendeter Resupination, nach vollendeter Streckung der Zygomorphie ist die Atmungsgröße im Minimum, weist keine Differenz für Lagenänderung auf.

Im nächsten Versuch sind die unteren Blüten soeben mit der Drehung fertig, die oberen beginnen dieselbe:

Serie 178.

A. *Orchis maculata*, während der Blütendrehung.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
29. Mai. Dauer 10 Stunden. T 16,5–18,5° C.					
4	Die Infloreszenz aufrecht im Lot	2,85	0,41	6,950	62,43
5	„ „ abwärts „ „	2,75	0,35	7,856	59,43
B. Dieselbe. Dauer 7 Stunden. T 16,5–18° C.					
4	D. Infloresz. horizont., vorh. aufrecht				53,65
5	„ „ „ „ abwärts				55,91

R 152. — Die Werte für A in jüngeren Infloreszenzen liegen zwischen 53 und 62, also das 15- bis 20fache bezogen auf Serie 177. Ganz entsprechend den früheren Differenzen an vegetativen Organ-komplexen ergibt die Differenz A 4,5 Herabminderung der Atmungs-grösse. Die kleinsten Werte für A aber liegen in der Horizontal-stellung der Infloreszenzaxe (Differenz B 4,5).

Serie 179.

Gymnadenia conopsea. Infloreszenzen im Knospenzustand, 20—30 mm lang, am 28. Mai.

Nahezu das gleiche Frischgewicht der Infloreszenzen wird in zwei Reagenzcyllindern untergebracht. In dem einen Cylinder stehen die Gebilde aufrecht, im andern abwärts, beide im Lot. Sie werden in dieser Lage in die Rezipienten gebracht; nach 6 Stunden 45 Minuten ergibt die Ablesung:

Serie 180.

A. T 16,5—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
5	Die Infloreszenzen aufrecht . \uparrow	3,6	0,498	7,03	66,64
6	„ „ abwärts . \downarrow	3,6	0,550	6,55	56,03

Die beiden Rezipienten wurden nun horizontal gestellt; nach 4 Stunden ergibt die Ablesung:

Serie 181.

B. T 17—18° C.

R		A
5	Die Infloreszenzen zuerst aufrecht, sodann horizontal	63,25

R 153. — Wenn man beachtet, dass die sämtlichen hier realisirten Differenzen wohl „reine Differenzen“ für je eine Serie, für die aufeinanderfolgenden Serien 177 bis 181 aber wegen der Phasenänderung der Sexualorgane der Natur der Sache gemäss „unrein“ sind, so muss diese Serie 180 wegen der vollen Koinzidenz

ins Auge fallen. Der Maximalwert in der Normalloflage für A 66, in der Umgekehrten 56, für die Horizontalstellung der geforderte Mittelwert 63.

Serie 182.

Sehr viel reiner ist die Differenz bei *Spartium* in voller Drehungsenergie.

Spartium scoparium, Blüten während der Resupination, Blütenknospen bis 10 mm lang.

1. Juni. Dauer je 2 Stunden. T 20,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Blüten im Lot aufrecht .	2,55	0,55	4,635	143,0
	„ „ „ „ abwärts .				102,9

R 154. — Hier ist die Differenz 41 cm³ für 100 Stunden für 1 g des Trockengewichtes!

Zusammenstellung. — Die Maximalwerte für A sinken in Infloreszenzen (der Orchideen) vom Knospenzustand der Infloreszenz, welche Drehblüten enthält, nach dem fertigen Zustand der Blüten von 66 auf 3,689. Die Schwingungen, welche dem Torsionswuchs des unterständigen Fruchtknotens zu Grunde liegen, sind durch die Gravitation polarisiert. Die Umkehrung der Lotlage bewirkt, dass der Wert für A im Maximum (Serie 180) sinkt von 66,64 auf 56,03. Dieselbe Umkehrung ergibt bei *Spartium* ein Sinken für den Wert A von 143 auf 102. Gegenüber der Polarisation für die Torsion von *Humulus* ausserordentlich hohe Werte.

20. Geopolarisation in aktinomorphen Infloreszenzen.

Genau dieselben Summirungen unendlich winziger Arbeits- oder Energieleistungen, wie sie für die Nadeln an einem soeben sich entfaltenden Fichtentrieb, an den zahlreichen Blüten einer *Phyteuma*, *Orchis*, *Papilionaceen*infloreszenz zu Stande kommen, müssen auch in einer Infloreszenzknospe der Kompositen herrschen. Die Scheibe von *Chrysanthemum leucanthemum* hat 8—10 mm im Durchmesser und steht in der Streckungstendenz nach 20—25 mm des Durchmessers. Viele hundert Blüten rücken hiebei in der

Richtung der Kontaktkurven auf grössere Distanzen. In jeder Blüte aber fordert die Streckung parallel der Scheibenaxe Schwingungen in dieser Richtung. Solche 5—10 mm Scheiben werden auf Drähte gereiht in die Rezipienten eingesetzt.

Die Schwingungskomplexe in der Scheibe erfahren nach unserer Theorie die geringste Störung, wenn die Scheibenaxe aufrecht steht, der Scheitel zenithwärts. Steht die Scheibenaxe im Horizont, so müssen assymetrische Verschiebungen, wenn man so sagen darf, der Schwingungen zu stande kommen.

Serie 183.

Chrysanthemum leucanthemum, Infloreszenz-Knospen, 5—8 mm im Durchmesser.

1. Juni. Dauer 2 Stunden zu jedem Versuch. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Die Infloreszenzaxe aufwärts i. Lot	3,55	0,65	5,458	146,2
"	" " abwärts " "				114,7
"	" " horizontal . .				44,84

R 155. — Die Transversal- und Longitudinalschwingungen müssen die herrschenden sein. Die grösste Koinzidenz der Schwingungsrichtung und der Gravitationsrichtung wird herrschen, wenn die Infloreszenzaxe aufwärts im Lot steht, die mittlere Koinzidenz, wenn die Infloreszenzaxe umgekehrt steht und die kleinste, wenn die Scheibenaxe horizontal steht. Die Horizontalschwingungen in der Scheibe machen jetzt verschiedene Winkel zur Schwerkraftichtung die Longitudinalschwingungen der Scheibe, welche grösste Werte haben müssen, wenn sie mit dem Lot zusammenfallen, gehen jetzt senkrecht zum Lot vor sich. Die Koinzidenz ist nach den Messungen eine vollständige.

21. Blüten mit grosser potenzieller Energie.

Reizbare Blütenteile und Springfrucht.

In einigen Blüten wird potenzielle Energie so gehäuft in der Gewebespannung, dass die Organe, hier die Filamente, bei ausserordentlich kleinen Anstössen, relativ hohe lebendige Kraft der Be-

wegung zeigen. Diese Reizbewegungen wiederholen sich, die Organe gehen in die Anfangslage zurück und sind von neuem für die minimalen Reizanstöße empfänglich. Es war zu erwarten, dass solche Blüten, entsprechend der in ihnen gehäuften potenziellen Energie, höhere Werte für A zeigen.

Serie 184.

Centaurea Cyanus. 18. Juni. Dauer 2—3 Stunden. T 16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	10 mm lange Knospen der Infloreszenz lotrecht	2,00	0,55	,3594	71,53
2	10 mm lange Knospen der Infloreszenz lotrecht				74,11
II	Drei offene Infloreszenzen	1,15	0,32	3,636	76,26

R 156. — Die Blüten der offenen Infloreszenzen zeigen etwas höheren Wert für A gegenüber den Knospen.

Serie 185.

Berberis vulgaris, Blütenknospen und Blüten.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
---	--	---	---	---------------	---

24. Mai. Versuchsdauer 2 Stunden. T. 17° C.

I	Die Blütenknospen	2,1	0,42	5,000	139,2
II	Die Blüten	1,55	0,43	3,604	95,35

4. Mai. Dauer 5 Stunden. R 15,5° C.

II	Mahonia (<i>Berberis aquifolium</i>), offene Blüten			4,827	166,90
----	--	--	--	-------	--------

R 157. — Der Maximalwert der fertigen Blüte 166 ist ein sehr hoher Wert zu nennen.

Ein grösseres Interesse beansprucht *Impatiens noli me tangere*.

Serie 186.

Impatiens noli me tangere.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
16. Juli. Dauer 13 Stunden. T 19° C.					
4	Blütenknospen	1,15	0,198	3,27	127,10
I	Blüte	1,60	0,200	3,21	123,50
II	Junge Früchte kurz nach dem Abblühen	0,55	0,12	1,93	123,70
2	Laubblätter	2,45	0,50	4,90	98,93
3	Stengel	4,80	0,35	13,71	62,41
20. Juli. Dauer 3 Stunden 10 Minuten. T 19,5–20° C.					
I	Die Früchte kurz, vor und während der Explosion	0,70	0,101	6,931	319,6

R 158. — Hier sind für alle Organe mit Ausnahme der Wurzeln die Werte von A bestimmt. Alle Organe konnten, wie wohl verschiedene Phasen für Blüte und Frucht herangezogen wurden, an dem gleichen Tag untersucht werden. Der Minimalwert von A kommt dem succulenten Stengel, der nächste den Blättern zu; Blüte und jüngste Früchte zeigen nahezu denselben Wert 123. Dann aber steigt A in der succulenten Springfrucht auf 319. Bei allen andern Früchten (s. oben und die nächste Serie) sinkt die Atmungsgrösse.

22. Polarisation der Schwingungen an Früchten und Samen.

Der Fruchtzapfen von *Pinus Strobus* steht am 24. Mai des zweiten Jahres wohl in der kompliziertesten Schwingungsphase. Er ist 40 mm lang, von einer Anfangslänge von 15 mm eilt er einer Endlänge von 120–150 mm entgegen. Alle inneren Gewebe sind in mächtiger Verschiebung der Teile begriffen. Das Sekundär-Endosperm ist gebildet, die Korpuscula stehen vor dem Akt des Empfangens, die Pollenschläuche sind im Wachsen begriffen. Drei nahezu gleiche Zapfen unter dem Einfluss solcher Schwingungskomplexe müssen die beträchtlichsten Atmungs-differenzen aufweisen.

Serie 187.

Pinus Strobus, der weibliche Zapfen.

24. Mai des zweiten Jahres. Dauer 3 Stunden 30 Minuten. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Der Zapfen lotrecht aufrecht . .	4,35	1,25	3,484	71,53
II	„ „ „ abwärts . .	4,01	1,201	3,339	61,13
III	„ „ horizontal	4,40	1,30	3,386	65,28

Durchschlagendster Versuch.

Serie 188.

Pinus Strobus. 18. Juni. Dauer 3 Stunden 40 Minuten. T 16,5—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Fruchtzapfen im Lot aufrecht, Scheitel nach oben	12,4	3,30	3,758	25,08
2	Die Fruchtzapfen im Lot umgekehrt, Scheitel nach unten	8,5	2,40	3,542	23,11

Serie 189.

Pinus Strobus. 7. Juli. Dauer 3 Stunden. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Zapfen im Lot umgekehrt .	14,4	3,6	4,00	15,92
4	„ „ „ „ aufrecht . .	16,5	4,3	3,776	16,90

R 159. — Genau wie in Früchten (s. oben) sinkt der Wert vom 24. Mai ab. In allen Phasen aber herrscht der durchschlagende, auch für die Horizontalstellung koinzidirende Unterschied für die Lagenänderung. Bezieht man einen Teil der Schwingungen auf die Embryonen, von welchen für jede Fruchtschuppe im Beginn 8, später 2 zur Wirkung kommen, so lautet Definition und Folgerung: Für die Embryonen kommen, der Theorie nach, vorherrschend Längsschwingungen in Betracht, da dieselben ihre Streckungen genau in der Axe der Keimknospe ausführen. Auch die Vorstöße der Vorkerne in das Endosperm fordern Längsschwingungen.

Steht der Zapfen (welcher am Baum in der That hängt), im Rezipient aufrecht im Lot, sein Scheitel zenithwärts, so befinden sich die Embryonen in der Normallage: der Wurzelpol des Embryo ist erdwärts, der Stamppol zenithwärts gerichtet. Für diese Lage ergeben sich die Maximalwerte für A im Beginn, wo die potenzielle Energie kulminiert, 71,53 gegenüber 61,13. Am Schluss (Serie 189, 7. Juli) 16,9 gegenüber 15,92. Die Differenz im Beginn 10,40, am Schluss 1,53.

Noch bedeutender tritt dieses hervor bei der Wallnuss, wo das Verhältnis der Lage sich umkehrt:

Serie 190.

Juglans regia, Frucht. 7. Juli. Dauer 3 Stunden. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Nuss aufrecht, Narbe nach oben	10,65	1,3	8,194	29,49
I	„ „ umgekehrt, „ „ unten	10,65	1,3		45,29

R 160. — 14. Definition: Normallage ist die Lage eines geradläufigen Keimling (Embryo), in welcher die Axe desselben so im Lot liegt, dass der Wurzelpol dem Mittelpunkt der Erde, der Stamppol dem Zenith zugekehrt ist. Steht die Wallnuss im Gasrezipienten aufrecht, der Narbenpol zenithwärts, so ist der Keimling, welcher hier am 7. Juli die enorme potenzielle Energie hat, von einer Länge von 3—5 mm nach einer Länge von 20—30 mm heranzuwachsen, nicht in der Normallage, (da das Ovulum, die Samenknope aufrecht orthotrop ist). In dieser inversen Lage wird für A der Wert 29,49 erhalten. Steht die Wallnuss mit dem Narbenpol erdwärts, so liegt der heranwachsende Keimling in der Normallage. Für A ergibt sich der Wert 45,29.

Serie 191.

Roggenähren, die Keime ausgewachsen, aber noch zerdrückbar.

29. Juli. Dauer 13 Stunden. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Drei Ähren im Lot aufrecht . .	10,95	5,70	1,922	10,98
4	„ „ „ „ umgekehrt .	10,65	6,35	1,677	9,249

Sinken der Atmungsgrösse (s. oben S. 243 und Polarisation im Embryo).

R 161. — Mit Bezug auf R 160 und R 159 liegt der Embryo in der Normallage. Dies kommt in der Differenz für A 3, A 4, wenn schon ein nur kleiner Unterschied herrscht, zum Ausdruck. (Die Maximalwerte liegen in der Serie 110.) In der Frucht sind in heranwachsenden geradläufigen Keimlingen (Juglans, Pinus, Secale) alle Schwingungen, welche mit der Kohlensäurebildung abschliessen, durch die Gravitation polarisirt. Das Maximum von A gehört der Normallage der Keimlinge.

23. Äussere Arbeit und Atmung.

Künstliche Belastung der Erbsenkeimaxe.

Von den auf Drähte gereihten Samen wurden vier gleichmässig entwickelte Keimpflanzen gewählt. An zweien wurden die Wurzeln entfernt. Die Drähte stehen in Reagenzcyllindern. Diese werden in die Gasrezipienten eingesetzt. Zwei der 2,5 cm langen Keimaxen erhalten Staniolkäppchen, jedes zu 5 g Gewicht. Nach 10 Stunden 30 Minuten, bei 16—17° C, haben die Pflänzchen Kohlensäure ausgeschieden.

Serie 192.

R		CO ₂ cm ³
2	Pflänzchen mit Wurzeln ohne Belastung	0,53
3	„ „ „ mit „	0,44
4	„ ohne „ ohne „	0,28
5	„ „ „ mit „	0,68

An dem Pflänzchen des R 2 haben sich in den 10 Stunden die Seitenwurzeln entwickelt, an dem Pflänzchen des R 3 nicht. Es ist daher die Differenz R 2 und R 3 unrein. Die Differenz R 4 und R 5 ist rein.

R 162. — Der Versuch sagt aus: Von zwei gleichen Keimaxen scheidet die mit 5 g belastete über die doppelte Menge Kohlensäure aus gegenüber der unbelasteten.

Nach weiteren 24 Stunden:

Serie 193.

R		A
4	Pflänzchen ohne Wurzeln ohne Belastung	1,35
5	" " " mit "	1,51

Nach weiteren 22 Stunden 4 Minuten: R 4 = 1,37, R 5 = 1,50.

R		$\frac{F}{T}$ gesamt	F des Stammes	F ins- gesamt	T gesamt	CO ₂ cm ³ gesamt	A
4	Erbsenpflanze ohne Wurzeln unbelastet		0,201	0,75	0,26	3,00	2,018
5	Erbsenpflanze ohne Wurzeln mit 5 g belastet		0,250	0,831	0,25	3,69	2,588

R 163. — Die Werte 2,018 . 2,588 sind schon sehr ausschlaggebend. Sie sind für das Trocken-Gesamtgewicht. Legt man das Trockengewicht der Stämmchen und 100 Stunden zu Grunde, so kommt, wenn $\frac{F}{T} = 6,753$ genommen wird:

	A
Erbsenpflänzchen ohne Wurzeln ohne Belastung	179,6
" " " mit "	178,2

Das heisst soviel wie: Von zwei Pflänzchen der gleichen Art zeigt das belastete eine grössere Kohlensäuremenge in der gleichen Zeit wie das unbelastete. Die Atmungsgrösse ist gleichwohl für beide nahezu gleich, weil das belastete ein höheres Frischgewicht für den Stamm in die Rechnung stellt wie das unbelastete.

Parallelversuch.

Von einer und derselben Aufzucht von Saaterbsen wurden in mehreren Reagenzgläsern 40 Stück so eng zusammengereiht,

dass sich die Keimorgane gegenseitig einkeilen mussten. — 40 Stück wurden in gleichen Reagenzgläsern in so grossen Distanzen auf Draht gereiht, dass sich die Keimteile frei und ungestört entfalten konnten. Nach 8 Tagen wurden die Keimlinge gewogen:

Serie 194.

	Die Eingekeilten		Die Freien	
	F	T	F	T
Kotyledonen und Integumente	18,60	7,20	19,33	7,08
Keimstämmchen	2,70	0,31	4,73	0,53
Keimwurzeln	3,85	0,40	5,44	0,53
Gesamt	25,15	7,91	29,50	8,14

R 164. — Die freien Keimpflanzen haben grösseres Frisch- und Trockengewicht und nahezu 5 g mehr Wasser in die Zuwachsform gebracht, die Eingekeilten haben 0,23 g Trockensubstanz mehr für die Atmung aufgewendet. (Zu vergleichen mit R 123, s. oben S. 270.)

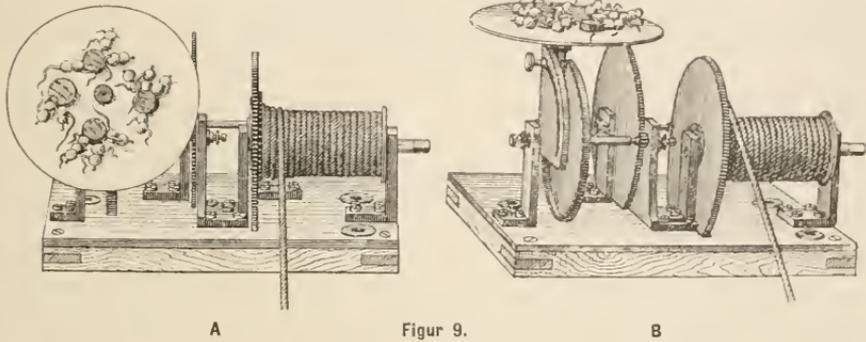
24. Die Atmung und der Versuch von Knight.

Der Rotationsapparat (Fig. 9 A, B von Zimmermann in Heidelberg ausgeführt) erlaubt, bei mässiger Belastung eines Seiles, welches über eine Rolle an der Decke des Versuchszimmers läuft und die rechtsbefindliche Kurbel dreht, eine Rotationsdauer von 6—8 Stunden, so dass der Apparat über Nacht in Funktion bleiben kann. Auf einer kreisrunden Schieferplatte, welche auf der letzten Axe links aufgeschraubt wird, mit Fliess oder zu Messungen mit Koordinatenpapier belegt werden kann, sind 4 Korke festgekittet, an welche die Keimlinge mit feinen Stecknadeln befestigt werden.

Auf dieser Rotationsscheibe wird ein durchbohrtes Uhrglas durch einen Gummiring festgehalten. Durch die Durchbohrung des Uhrglases wird von Zeit zu Zeit Wasser mit der Spritzflasche zugeführt. Die Bedeutung des Versuchs wird hier vorausgesetzt.

Aus einer gleichen Aufzucht von Erbsen, welche, genau gleichsinnig auf Drähte gereiht, ihre erste Keimphase bezogen auf das

Lot in gleichem Sinne einleitet, werden bei der gleichen Temperatur, zu fast gleicher Zeit vier Differenzversuche eingeleitet: Serie 195—198. Die Keimwurzeln kommen zuerst zur Streckung, wenige Tage später kommen die Stämme.



A

Figur 9.

B

Rotationsapparat ($1/3$ nat. Gr.). In Fig. A steht die Rotationsaxe unter 45° zum Lot, in B; steht sie im Lot.

Differenzversuche für die Wurzeln.

Serie 195. 196.

I. Differenz. 13 Stück bewurzelte Erbsen atmen in dem Gasrezipienten in der Lotnormallage und 13 möglichst der gleichen Phase in der inversen Lotlage, beide unter dem Einfluss der Gravitation:

Serie 195.

Gravitation: Wurzeln.

R		F		T		$\frac{F}{T}$		Wurzelgewicht CO ₂ pr. g 100 St.
		gesamt	Wurzel	gesamt	Wurzel	Wurzel	gesamt	
4	13 Stück Erbsen mit Keimwurzeln, +geotr. nach unten	6,90	0,25	2,95	0,061	4,099	2,339	1010,0
4	13 Stück Erbsen mit Keimwurzeln, +geotr. nach oben	6,90	0,25	2,95	0,061	4,099	2,339	449,9

Die Atmungsgrösse auf das Trockengewicht der Wurzeln berechnet, kommen Normallage 1010

Inverse Lage 449.

Also ein ausserordentlicher Unterschied.

II. Differenz. Die Pfeilrichtung von dem Mittelpunkt der rotirenden Scheibe des Apparates (Fig. 9) nach deren Peripherie, die Pfeilspitze nach der Peripherie, ist die Richtung der Resultirenden aus Zentrifugalkraft und Gravitation als den zwei Komponenten. Werden die Keimlinge so aufgesteckt, dass die Wurzelspitzen der Pfeilrichtung entsprechend, mit ihren Spitzen nach der Peripherie zu liegen, so befindet sich die Wurzel in der Normallage, bezogen auf die Resultirende. Deutet die Wurzelspitze nach dem Zentrum, so liegt die Wurzel, bezogen auf jene Resultirende, in der inversen Lage. Beide Lagen werden gleichzeitig realisiert. Acht Stunden wird rotirt. Es soll nicht die Krümmung und das Wachstum studirt, sondern lediglich der Einfluss einer Zugkraft auf die supponirten Schwingungskomplexe in der wachsenden Wurzel bestimmt werden. Nach 8 Stunden der Rotation werden die Objekte in entsprechender Normallot- und inverser Lotlage in die Gasrezipienten gebracht:

Serie 196.

Zentrifugalkraft: Wurzeln.

Dauer der Rotation 8 Stunden; 160 Umdrehungen pro Minute.

R		F		T		$\frac{F}{T}$		Wurzelgewicht CO ₂ pr. g 100 St.
		gesamt	Wurzel	gesamt	Wurzel	Wurzel	gesamt	
2	Die Wurzelspitze nach der Peripherie (8 Stück) . .	4,4	0,205	1,89	0,06	3,417	2,328	1510,0
3	Die Wurzelspitze nach dem Zentrum (10 Stück) . .	5,5	0,30	2,42	0,071	4,225	2,273	967,0

Die Atmungsgrösse wie vorher ergibt für:

die Normallage auf der Rotationsscheibe 1510

„ inverse Lage „ „ „ 967.

R 165. — Die Zugkraft der Resultirenden auf dem Rotationsapparat, deren Intensität grösser wie die der Gravitation ist, steigert die Intensität der Gesamtschwingungen in der Wurzel in der Weise,

dass die Atmungsgrösse für die Normallage, wie für die inverse ganz erheblich grösser ist. Normallage $1510 \text{ cm}^3 : 1010 \text{ cm}^3$. Inverse Lage $967 \text{ cm}^3 : 449 \text{ cm}^3$.

Differenzversuche für die Stämme.

Serie 197, 198.

Die Stämme entwickelten sich in den Behältern später. Die vorher gebildeten Wurzeln werden vorsichtig an der Einfügung abgeschnitten (die einzige nicht zu vermeidende Unreinheit der Differenz).

I. Differenz. 12 Stück Erbsen wachsen und atmen in den Gasrezipienten unter dem Einfluss der Gravitation in der Normallage, die Stammspitze zenithwärts, 12 Erbsen wachsen und atmen ebenso, aber in der inversen Lage, die Stammspitze nach dem Erdmittelpunkt.

Serie 197.

Gravitation: Stämme.

Dauer 2–6 Stunden. T 16° C.

R		F		T		$\frac{F}{T}$		Stammgewicht CO ₂ pr. g 100 St.
		gesamt	Stamm	gesamt	Stamm	Stamm	gesamt	
4	12 Erbsen, der —geotrop. Stamm nach oben . ↑	8,2	1,01	2,55	0,15	6,753	3,216	382,2
4	12 Erbsen, der —geotrop. Stamm nach unten . ↓	8,2	1,01	2,55	0,15	6,753		351,1

R 166. — Wie vorher auf das Trockengewicht der Stämme berechnet kommt für:

die Normal-Lage 382,2.

„ inverse „ 351,1.

Also sehr viel kleinere Werte wie in der analogen Differenz für die Wurzel (Serie 195).

II. Differenz. Auf der rotirenden Scheibe.

Serie 198.

Zentrifugalkraft: Stämme.

Dauer der Rotation 5 Stunden. 160 Umdrehungen in der Minute. Entfernung der Objekte vom Zentrum 1—4 cm.

R		F		T		$\frac{F}{T}$		Stammgewicht CO ₂ pr. g 100 St.
		gesamt	Stamm	gesamt	Stamm	Stamm	gesamt	
2	7 Erbsen, die negativ-geotrop. Stämme nach dem Zentrum	4,2	0,6	1,5	0,11	5,455	2,800	337,7
3	7 Erbsen, die negativ-geotrop. Stämme nach der Peripherie	4,2	0,52	1,81	0,11	4,728	2,320	254,6

R 167. — Wie vorher für:

die Normal-Lage zur Resultirenden 337,7.

„ inverse „ „ „ 254,6.

Zusammenstellung. A hat (wie früher Serie 141 schon erwiesen) für die Normallage höhere Werte wie in der umgekehrten für Stamm und Wurzel.

Für die Wurzel steigen diese Werte auf der Rotationsmaschine sehr beträchtlich, so dass der Wert für die Normallage der Maximalwert bleibt. Für den Stamm sinken die Werte auf der Rotationsmaschine, so dass der Wert für die Normallage der höhere bleibt.

Der Hauptschluss aber lautet nach der folgenden Definition, auf welche weiter unten bei der theoretischen Behandlung des Knightschen Versuches zurückzukommen ist:

15. Definition. Stamm und Wurzel wachsen, so dass asymmetrische Schwingungen der Molekeln gefordert erscheinen. In solchen Schwingungen ist der Ausschlag der grossen Amplitude nach dem Scheitel der Organe, also in die Längenzuwachsrichtung orientirt.

Für die Wurzel fallen zusammen die Richtung der Gravitation, die Richtung des Zuwachses und die grosse Amplitude der Längsschwingung.

Für den Stamm sind Zuwachsrichtung und grosse Amplitude der Schwingung der Richtung der Schwere entgegengesetzt.

R 167A. — Wird eine unter der Einwirkung der Gravitation normal herangezüchtete Keimpflanze, auf dem Rotationsapparat, für nur 4—6 Stunden, in normaler Lage zur Resultierenden von Zentrifugalkraft und Schwerkraft, einer Zugkraft von grösserer Intensität wie die Schwerkraft der Erde ausgesetzt, so nimmt instantan die Intensität der Molekelschwingungen in der positiv der Resultierenden folgenden Wurzel zu, was in der Relation der Atmungsgrössen 1010 cm³ für Gravitation, 1510 für die Rotationsresultierende erkannt wird. — Für den Stamm kehrt sich dies Verhältnis um.

Für die Normallage zur Gravitation ist $A = 382 \text{ cm}^3$,
für die Rotation ist $A = 337 \text{ cm}^3$.

Diese erstaunlichen Wirkungen fordern die theoretische Behandlung der Wachstumserscheinungen und der Schwingungen heraus.

25. Zur Theorie der Wachstumserscheinungen als Energieäusserungen der Zelle.

A von der Basis nach der Spitze wachsende Organe.

In mehreren Serien (s. Serie 137—140) wurde gezeigt, dass in der Längsstreckung befindliche Sprosse, in der Normalotlage (der Scheitel zenithwärts) eine beträchtlich höhere Atmungsgrösse aufweisen, wie in der inversen Lotlage, in welcher der Scheitel nach dem Nadir (Erdmittelpunkt) gerichtet war. Solche Sprosse waren immer so beschaffen, dass ihre Zuwachsrichtung nach dem Scheitel (in akropetaler Richtung) fortschreitet. Es ist dies die bei den höheren Pflanzen bei weitem vorherrschende Modalität und die Verminderung der Atmungsgrösse bei der Umkehrung zwingt zu der Vorstellung:

Es müssen in einem solchen Spross zwei Systeme von Molekularschwingungen herrschend sein, Längs- und Querschwingungen, von welchen die Längsschwingungen mindestens ihrer Intensität nach durch die Gravitation beeinflusst sind.

Für die theoretische Behandlung der Längsschwingungen ziehen wir das Gesetz des partiären Zuwachses hier heran. Es sagt aus:

16. Definition. Werden an einem wachsenden Spross von der Spitze, als dem jüngsten Ort, äquidistante Marken von Tusch aufgetragen, so werden die zuerst gleichen Distanzen durch das Wachstum so verschoben, dass für das oberste Cylinderniveau der kleinste, dass für ein mittleres Cylinderniveau der grösste und für ein tiefstes Cylinderniveau der Zuwachs Null zum Ausdruck gelangt. Begründet ist dieses Verhalten in dem Umstand, dass der Spross sich von dem jüngsten Scheitelpunkt nach den tieferen Orten aus Zellen verschiedener Wachstumsphase zusammensetzt. Im Meristem des Scheitels liegen Zellen, welche in steter Teilung begriffen, verschwindend kleine Längenzuwächse aufweisen. Hier liegt das Maximum der potenziellen Energie für Wachstum. Im tiefsten Niveau liegen Zellen, welche ausgewachsen sind, hier liegt für das Längenwachstum der Ort, wo potenzielle und aktuelle Energie gleich Null sind. Zwischen beiden Orten befinden sich die Zellen in der Streckung. Setzt man in der Figur 7 (S. 254) für die erste Ordinate eine Linie, welche eingeteilt ist in die Längen der Zellen in einer Kette, welche sich vom Scheitel s erstreckt bis zu einer ersten ausgewachsenen Zelle φ und bemisst den Zeitraum 1 nach 2, 2—3 u. s. f. so, dass in ihm jedesmal eine untere Zelle ihre aktuelle Wachstumsenergie soeben abschliesst, so beschreiben die Marken der ersten Ordinate in allen späteren Kurven, welche ansteigen, um zuletzt parallel der Abszissenaxe, welche die Zeit darstellt, zu verlaufen. Die Figur 7 (S. 254) ist so zusammengestellt, dass die Wachstumsfunktion die Bewegung der Spitze s , s , u. s. f. und das Fortrücken der ausgewachsenen Punkte lineare Funktionen der Zeit sind, sie ist so zusammengestellt, dass in der Ordinate 10, im Scheitel s eine Zelle mit grösster potenziellen Energie, dass vom Fusspunkt 10 neun Zellen liegen, in welchen die potenzielle und aktuelle Energie des Längenzuwachses gleich Null ist, und 14 Zellen, in welchen die potenzielle in die aktuelle Zuwachsenenergie umgesetzt wird.

Dieser Vorgang zwingt zur Annahme von Molekularschwingungen, welche in der Längsrichtung so vor sich gehen, dass der Schwingungsaussschlag nach der s -Seite grösser ist wie nach der φ -Seite. Ich nenne solche Schwingungen asymmetrisch oder von ungleicher Amplitude.

1. Argument. Eine schwarze Marke fiesst durch das

Wachsen nur nach der Zuwachsrichtung zur Linie aus. Figur 7 (S. 254), 8 nach 16.¹

2. Argument. Die Stabilität, Festigkeit ist für die φ -Seite der Ordinate gross, für die s-Seite ist sie klein. Von φ nach s ist das System labil, molekular beweglich. Hier liegt der Schwingungszustand der Molekule.

Diesem gegenüber erscheint für die Molekularschwingung als relativ gleichgültiges Moment der Umstand, dass in der Wurzel die supponirte asymmetrische Schwingung nach dem Nadir (Erdmittelpunkt) gerichtet ist.

R 168. — Der Generalschluss lautet: Beide Grundorgane fügen sich dem Gesetz des Partialzuwachses, beide müssen asymmetrische Schwingungen besitzen, deren grössere Amplitude nach dem jüngsten Punkte, der Spitze, gerichtet ist.

Für solche akropetal wachsende Stämme und Wurzeln gilt der allgemeine Satz: Die durch die Schwerkraft herbeigeführte Lotlage, positiv geotropisch die Wurzel, negativ geotropisch die Stämme, ist die Normallage; die Organe haben in dieser das Maximum der Atmungsgrösse. (Für die Stämme die obengenannten Serien, für die Wurzel die Serien 195, 196.)

B. Von der Spitze nach der Basis wachsende Organe.

Solche sind selten. Ein praktikables Objekt ist die soeben in die Streckung übergehende Winterknospe der Pinusarten.² Der Zweig folgt hier zwar dem Gesetz unter A. Die zahlreichen Nadeln aber beenden ihr Wachstum in der Basis. Diese geben den Ausschlag.

Serie 199.

Kiefernknospen (*Pinus silvestris*) in der Streckung.

20. Mai. Dauer 1 Stunde 20 Minuten. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
5	Die Knospen lotrecht aufrecht	5,15	1,30	3,962	91.16
6	„ „ „ umgekehrt	6,05	1,60	3.782	111.00

¹ Eine solche Tuschmarke müsste an einem gleichmässig interkalar wachsenden Cylinder (Spirogyrafäden z. B.) nach beiden Cylinderenden hin sich verlängern.

² *Picea*, *Abies*, *Larix*, *Tsuga* folgen dem Gesetz unter A.

R 169. — In einem Organkomplex, wie der Kiefertrieb, in welchem in zahlreichen, wenn schon der Anlage nach kleinen Organen, wie die Nadeln sind, der Zuwachs nach dem basiskopen Ende der Nadeln und damit des Triebes fortschreitet, kehrt sich das Verhältnis um: Ein solcher Trieb zeigt in der Normallage einen merklich kleineren Wert für A gegenüber der inversen. Das Bedeutende dieser Differenz veranlasste die Nachprüfung:

Serie 200.

Pinus Strobus. 20. Juni. Dauer 2 Stunden 30 Minuten. T 15,7° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Nadeltrieb des laufenden Jahres im Lot aufrecht	8,1	2,2	3,682	30,91
4	Nadeltrieb des laufenden Jahres im Lot abwärts.				42,65

Die Nadeln sind 45 mm lang, die Länge der ausgewachsenen = 98 mm.

R 170. — A ist hier, wie es sein muss, da die aktuelle Energie im Juni kleiner ist wie im Mai, wesentlich kleiner. Die Differenz aber ist dieselbe (also Bestätigung von R 169).

R 171. — Pflanzenteile, welche wie die Stämme der Gramineen, die Nadeln der Kiefern ihr Wachstum in basiskoper Richtung fortführen, besitzen asymmetrische Molekulschwingungen, deren grosse Amplitude nach der Basis gerichtet ist. Solche Organe zeigen in der Normallage einen kleineren Wert für A.

C. Molekularschwingungen in Zweigen, welche der Länge nach ausgewachsen sind.

Hier sinkt A gegenüber den in aktueller Energie der Längsstreckung stehenden. Die kambiale Thätigkeit geht nach der radialen Querrichtung.

Serie 201.

Fraxinus excelsior.

12 cm langes laubloses Interfolium des vorigen Jahres, der Länge nach ohne Zuwachs, aber in voller kambialer Thätigkeit.

(Zu vergleichen mit den Serien entlaubter Zweige im Februar, s. oben, und mit den laufendjährigen Zweigen, s. oben.)

Versuchsdauer 5—10 Stunden. T 17° C.

R		CO ₂ pr. g	CO ₂ pr. g
		F 100 St.	T 100 St.
6	Das Zweigstück lotrecht aufrecht . . .	5,853	13,26
6	„ „ „ abwärts . . .	4,631	12,50

In Beziehung auf die Einwirkung der Gravitation auf die Schwingungen der Molekeln die grösste Übereinstimmung, wiewohl ein sichtbarer Längenzuwachs nicht herrscht! Das Trockengewicht verhält sich zum Frischgewicht wie 1 : 2,096.

In solchem Zweig werden vorwiegend eingeschaltet Tangentiallängswände im Kambialzuwachs. Die Schwingungen sind somit longitudinale; es werden Molekeln für den Dickenzuwachs der Holzzellen in Bewegung gesetzt. Diese Schwingungen sind transversal:

R 172. — In einem der Länge nach ausgewachsenen Zweig, welcher in kambialer Thätigkeit steht, unterliegt der Gesamtschwingungskomplex der Geopolarisation. Die Werte für A und die Differenzen sind merklich kleiner wie in den Zweigen mit voller aktueller Energie der Längsstreckung.

Zur Nachprüfung dieses Ergebnisses wurde von einem der Länge nach ausgewachsenen Hängeast der Traueresche ein Abschnitt, in R 2 in der Lotlage aufrecht, ein anderer Abschnitt desselben Astes wurde ebenso umgekehrt aufgestellt. Nach 1 Stunde wurden die Ablesungen gemacht, sodann wurden beide Abschnitte umgekehrt. Damit ist der Fehler der Phasenänderung (nach 3, Geopolarisation der Schwingungen s. oben S. 257) eliminiert.

Serie 202.

Fraxinus excelsior; Hängeast. 1. Juli. Dauer 2 Stunden. T 24° C.

Probe.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Hängeast aufrecht . . . ↑	18,20	4,3	4,233	22,05
3	„ „ abwärts . . . ↓	22,81	4,95	4,608	33,78

Fraxinus excelsior; Hängeast. 1. Juli. Dauer 2 Stunden. T 25° C.

Gegenprobe.

2	Der Hängeast vorher aufrecht, jetzt umgekehrt	18,2	4,3	4,233	20,98
3	Der Hängeast vorher umgekehrt, jetzt aufrecht	22,81	4,95	4,608	41,02

R 173. — Die Differenzen für A sind:

R 2 aufrechte Lage 22,05, umgekehrte Lage 20,98,
R 3 „ „ 41,02, „ „ 33,78,

woraus weiter erhellt, dass der Hängeast, soeben von dem Baum abgeschnitten und zuerst in der homologen Lage in den Rezipienten gebracht, einen höheren Wert für A behauptet in beiden Lagen, wie der Abschnitt, welcher zuerst in die inverse Lage, bezogen auf die Lage am Baum, gebracht wird.

D. Theorie der Schwingungen.

17. Definition. Die Schwingungen der kleinsten Teile, Molekeln, von Baustoffen (Cellulose), welche in wachsenden Pflanzenteilen eingelagert werden, stehen unter dem Einfluss der Gravitation.

Die Komplexe von Schwingungen, die Schwingungsrichtungen und die Amplituden müssen bei verschiedenen Pflanzenorganen sehr verschiedene sein. Es mögen hier die Modalitäten, von dem Einfachsten nach dem Komplizirteren geordnet, vorgeführt werden.

a) Das Kugelmodell.

Botrydium argillaceum, eine einzellige Landalge, zeigt die Rhizoidtrichome positiv geotropisch. Der kugelige Teil der Pflanze wächst negativ geotropisch, aber als Kugel. In dieser liegen zwei Schwingungsrichtungen: Molekeln müssen in die Kugelfläche eingelagert werden. Die geforderten Schwingungen sind in dieser Fläche alle gleich gross, von gleicher Amplitude und symmetrisch. Der Ausschlag der Schwingung nach der einen Richtung ist genau so gross, wie der nach der andern Richtung. Die Zellwand soll ganz gleichmässig in die Dicke wachsen. Dieser Vorgang erfordert symmetrische Radialschwingungen von gleicher Amplitude und gleicher Intensität für alle Punkte der Hohlkugel: In einer Hohlkugel, welche sich selbst ähnlich wächst, sind zwei Schwingungen in dem Komplex.

b) Der Cylinder.

Der Hohlzylinder als Modell der Fadenalgen erfordert eine lange Reihe von Modalitäten, welche in der Natur realisiert sein müssen und der Betrachtung unterzogen werden (nach der obenstehenden Definition), in zwei Lagen des Cylinders in der Lotlage und in der Horizontallage der Cylinderaxe.

Modalität I. Nur eine einzige Lage von Molekeln.

Das Dickenwachstum der Membran soll gleich Null sein, der Hohlzylinder soll in die Länge wachsen und so, dass seine Peripherie grösser wird. Diese Vorgänge sollen in allen Punkten zu gleicher Zeit beginnen und zu gleicher Zeit enden. Dies ergibt zwei symmetrische Schwingungen, die eine liegt tangential transversal, die andere fällt in die Cylinderaxe.

a) In der Lotlage des Cylinders haben die beiden Schwingungen in der einen wie in der anderen Richtung für je eine Molekel im Kreisschnitt die gleiche Intensität. Die Intensität der Längsschwingung kann grösser oder kleiner sein wie die Transversal-Tangentialschwingung. (Fig. 10 s. nächste Seite.)

b) In der Horizontallage des Cylinders steht der Ring im Lot (Fig. 11, 12, 13). Für die Transversalschwingungen sind

vier Möglichkeiten. In allen diesen bleiben die Schwingungen des Zenith Z und des Nadirpunktes N, gleich wie in Figur 10 und sie sind, da sie im gleichen Winkel zum Lot liegen, unter sich gleich. Vom Zenithpunkt erstreckt sich diese Schwingung in die zwei oberen

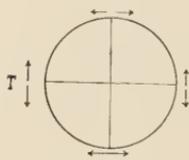


Fig. 10.

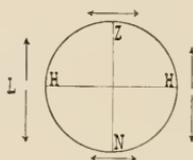


Fig. 11.

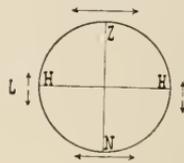


Fig. 12.

Cylinderkonstruktionen der Molekularschwingungen.

I. Modalität.

Fig. 10. Der Kreisschnitt eines Cylinders, welcher im Lot steht mit symmetrischen Schwingungen parallel den Tangenten und parallel der Cylinderaxe. Die Tangentialschwingungen sind in allen Punkten des Kreises von gleicher Intensität.

Fig. 11. Dieselbe Scheibe steht im Lot (der Cylinder liegt im Horizont). Die Zenith- Z und Nadirpunkte N behalten die gleiche Intensität. Für die Horizontpunkte HH wird die Intensität der Tangentialschwingung grösser, für diese Schwingungen bleiben die Amplituden gleich. Die Schwingung ist symmetrisch.

Fig. 12. Dieselbe Scheibe (10) im Lot. Zenith und Nadir wie vorher. Die Horizontpunkte erhalten symmetrische Schwingungen mit kleinerer Amplitude. Hier sinkt die Intensität gegenüber Fig. 10.

Quadranten auf merkliche Distanz, bis der Winkel merklich wächst, ebenso vom Nadirpunkt über die zwei unteren Quadranten. Die Tangentialschwingung der Horizontpunkte HH fällt dagegen jetzt ins Lot, steht somit unter dem beschleunigenden oder verzögernden Einfluss der Gravitation.

- a) Die erste Möglichkeit: Die Schwingungen sind symmetrisch, aber von grösserer Intensität (Fig. 11), die Energie ist in den beiden oberen Quadranten genau so gross wie in den beiden unteren Quadranten (dieses ergibt keine Differenz für die geotropische Beugung).
- β) Die zweite Möglichkeit: Sie sind symmetrisch, aber von kleinerer Intensität wie die Schwingungen im Zenith- und Nadirpunkt (Fig. 12). Dieses ergibt ebenfalls keinen Unterschied für die Zenith- und Nadirhemisphären.

γ) Die dritte Möglichkeit: Sie sind asymmetrisch, die Amplitude nach dem Nadir ist die grössere (Fig. 13), die grössere Energie kommt hier den beiden unter dem Horizont HH liegenden Quadranten zu.

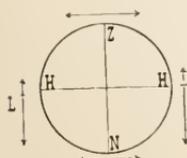


Fig. 13

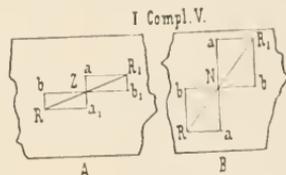


Fig. 14.

Fig. 13. Der Molekularring Fig. 10 im Lot. Zenith und Nadir bleiben gleich. Die Horizontpunkte HH zeigen asymmetrische Schwingungen. Der Ausschlag dieser nach dem Nadir ist grösser, wie nach dem Zenith und grösser wie derselbe in den Z und N Punkten. Der Ausschlag nach dem Zenith ist kleiner und kleiner wie der Ausschlag der Z- und Nadirpunkte.

Fig. 14 zu Fig. 13 die erste Complex-Variante:

- A Der Cylinder liegt im Horizont, so, dass dem Beschauer die Zenithseite Z zugekehrt ist, a a die Tangentialschwingung, b b die symmetrische Längsschwingung. R R, die Resultierende nähert sich der Längsschwingung.
- B Der Cylinder liegt so, dass dem Beschauer die Nadirseite zugekehrt ist, a a die Tangential-, b b die Längsschwingung. Die Resultierende R R, ist eine Annäherung an die Tangentialschwingung (ergibt positiven Geotropismus).

δ) Die vierte Möglichkeit: Die Schwingungen sind asymmetrisch, die grössere Amplitude liegt nach dem Zenithpunkt, die grössere Energie kommt jetzt den beiden über dem Horizont liegenden Quadranten zu (Fig. 15).

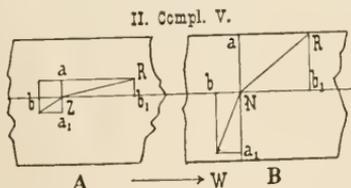


Fig. 15 zu Fig. 13 die zweite Complex-Variante. W die Wachstumsrichtung. Die Längsschwingung ist asymmetrisch.

- A Der Cylinder kehrt dem Beschauer die Zenithseite zu, a a die Tangential-, b b die Längsschwingung. Die Resultierende R der Zuwachsamplitude ist eine Annäherung an die Längsschwingung.
- B Die Nadirseite ist dem Beschauer zugekehrt. R ist hier eine Annäherung an die Tangentialschwingung (ergibt positiven Geotropismus).

Von Modalität I a, b, α, β, γ, δ aus muss die Theorie des Knightschen Versuchs hergeleitet werden können.

Zu allen diesen Änderungen beim Übergang aus der Lot- in die Horizontalstellung des Cylinders (beim Übergang der Horizontal-

in die Lotstellung des Kreisschnittes), kommt die Längsschwingung hinzu; diese wird ihrer Intensität nach beim Übergang von der Lot- nach der Horizontallage des Cylinders kleiner.

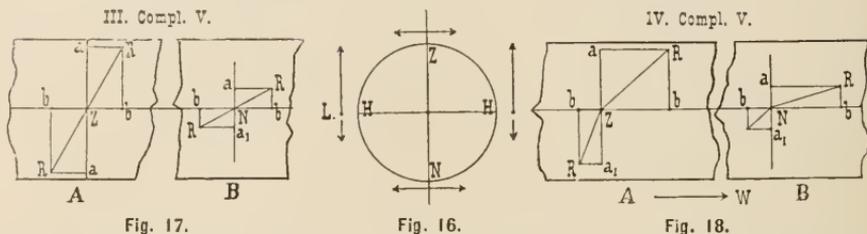


Fig. 16. Der Molekulring Fig. 10 im Lot. Z- und N-punkte wie vorher. Für die Horizontpunkte ist die Amplitude nach dem Zenith grösser und grösser wie die Amplitude der Z- und N-punkte. Für die Horizontpunkte ist die Nadiramplitude kleiner und kleiner wie die Amplitude der Zenith- und Nadirpunkte.

Fig. 17 zu Fig. 16 die dritte Komplex-Variante. $a a_1 b b_1$ wie vorher; symmetrische Längsschwingung. Die Resultirende in A dem Zenith ist eine Annäherung an die Tangentialschwingung. B Für die Nadirseite ist R eine Annäherung an die Längsschwingung.

Fig. 18 zu Fig. 16 die vierte Komplex-Variante. Alles wie vorher; in A dem Zenith sind beide Amplituden Annäherung an die Transversalschwingung, in B der Nadirseite ist R für die grosse Amplitude eine Annäherung an die Längsschwingung (A u. B ergeben negativen Geotropismus).

Welcher Intensität die zwei Schwingungen sind, kann selbstredend durch keine andere Methode ermittelt werden, wie durch die Bestimmung der Atmungsgrösse. Wähle ich zuerst eine Alge, an welcher eine Polarität der Cylinderenden nicht bekannt ist und welche wahrscheinlich auch nicht herrscht, weil alle Zellen in der Kette die gleiche Bewegung, des Zuwachses und der Querteilung auszuführen vermögen. Diese Alge konnte leicht in einem Fadenbüschel so in einem Reagenzylinder untergebracht werden, dass die Axen der Fäden mit der Axe des Reagenzglases parallel orientirt sind. Die Atmungsgrösse des Algenbüschels wird in zwei Lagen, der Lotlage und der Horizontallagen bestimmt und ergibt:

Serie 203.

Spirogyra maxima. 9. Juli. Dauer 17 Stunden. T 18° C.

R		T	A
4	Die Fadenbüschel im Lot ↑	0,16	74,64
5	„ „ „ „ Horizont . . .	0,18	54,25

R 174. — Steht der Spirografaden im Lot, so steigt seine Atmungsgrösse auf 74,64 und sinkt in der Horizontalallage auf 54,25.

Modalität II. Hohlcylinder und Dickenwachstum der Wand.

Statt einer Molekulschicht kommen zahlreiche solcher zur Wirkung. Der Hohlcylinder bekommt für die Radial-Transversalrichtung die dritte Schwingungsaxe. Für diese Richtung liegen drei Hauptzüge in der Histologie begründet.

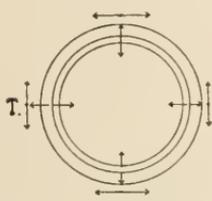


Fig. 19.

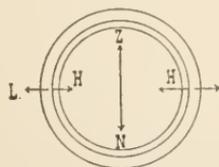


Fig. 20.

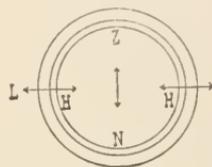


Fig. 21.

II. Modalität.

Fig. 19. Der Kreisschnitt des im Lot stehenden Cylinders soll zu den vorher (Fig. 10–14) gegebenen Flächenwachstum um die gegebene Kreiszone, so in die Dicke wachsen, dass an dem von jetzt ab doppelten Kontur, der innere Kontur soviel nach innen rückt, wie der äussere nach aussen verschoben erscheint. In jedem Punkt des Kreises herrschen symmetrische, radiale Transversalschwingungen, welche in allen Punkten die gleiche Intensität haben.

Fig. 20. Dieselbe Scheibe soll ins Lot gestellt werden (der Cylinder liegt im Horizont). Die Horizontpunkte HH behalten die gleichen Schwingungen der Radialrichtung. Zenith und Nadirpunkte aber erhalten grössere Amplituden symmetrischer Schwingungen.

Fig. 21. Dieselbe Scheibe wie vorher, HH bleiben gleich. Die Zenith- und Nadirpunkte erhalten kleinere symmetrische Schwingungen.

1. Die Cylinderwand wächst gleichmässig. Sie verschiebt den äusseren Kontur um so viel nach aussen, wie sie den innern Kontur nach innen verschiebt. Figur 19 stellt den Schwingungszustand des Kreisschnittes in der Lotlage des Cylinders dar. Die Tangentialschwingungen, durch vier äussere Pfeilpaare dargestellt, sind in allen Punkten des Kreises von gleicher Intensität (nach der vorstehenden Darlegung). Die Radialschwingungen, durch vier innere Pfeilpaare markirt, sind für alle Punkte gleich, sie sind symmetrisch, wie die Tangentialschwingungen. Geht die Scheibe aus der Horizontalstellung, Fig. 19, in die Lotlage über, Fig. 20, 21, so kommen die Modalitäten:

- a) die Zenith- und Nadirpunkte erhalten für die Radial-schwingung grössere Intensität wie die Horizontpunkte HH (das innere Pfeilpaar, Fig. 20).
- b) die Zenith- und Nadirpunkte erhalten für dieselben Schwingungen eine kleinere Intensität, die zentralen Pfeilpaare wie vorher (Fig. 21).

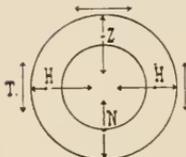


Fig. 22.

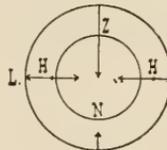


Fig. 23.

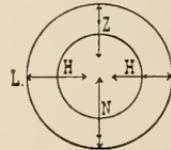


Fig. 24.

III. Modalität.

Fig. 22. Der Kreisschnitt des im Lot stehenden Cylinders soll ausser jenen Schwingungen des Flächenwachstums, so in der Wandstärke wachsen, dass der innere Kontur stärker verschoben erscheint wie der äussere. Die Schwingung, im Radius transversal, muss jetzt schon für alle Punkte asymmetrisch sein. Die Amplitude des Ausschlags nach dem Zentrum ist grösser wie diejenige nach der Peripherie.

Fig. 23 Die Scheibe Fig. 21 kommt ins Lot, (der Cylinder liegt im Horizont). Die Horizontalpunkte HH behalten ihre asymmetrische Schwingung bei. Der Zenithpunkt bekommt eine grösste Amplitude der asymmetrischen Schwingung, im Sinne der Schwerkraftsrichtung eine Amplitude, welche grösser ist wie die der Horizontpunkte und des Nadirpunkts. Für den Nadirpunkt sinkt die gegen die Schwerkraft gerichtete Amplitude und wird kleiner wie alle andern.

Fig. 24. Dieselbe Scheibe (Fig. 22) im Lot. Die Horizontpunkte wie vorher. Der Nadirpunkt erhält das Maximum in der aufwärtsgerichteten Amplitude. Im ganzen die Umkehrung von Fig. 23.

2. Der Cylinder wächst so in die Dicke, dass er, vorherrschend oder durchaus, nur den innern Kontur verschiebt, das Lumen wird kleiner, Fig. 22. Hier werden aus der Analogie zur Entwicklung A (oben Seite 311) asymmetrische Schwingungen gefordert, deren grosse Amplitude nach dem Zentrum gerichtet ist. Bei dem Übergang der Scheibe in die Lotlage, Fig. 23, 24, bleiben für beide Möglichkeiten die asymmetrischen Schwingungen der Horizontpunkte HH die gleichen, wie vorher. Zenith und Nadir aber müssen eine Änderung zeigen, da ihre Schwingungen ins Lot fallen.

- a) Der Zenithpunkt zeigt eine Vergrösserung der Centripetal-amplitude, der Nadirpunkt eine ebensolche Verkleinerung (Fig. 23).

b) Die Umkehrung von a: der Nadirpunkt zeigt die Zentripetalamplitude grösser wie dieselbe Zenithamplitude, (Fig. 24).

3. Der Cylinder verschiebt, in die Dicke wachsend, den äusseren Kontur (das Lumen bleibt konstant). Hier sind in derselben Analogie für den Kreisschnitt des Cylinders in der Lotlage, für

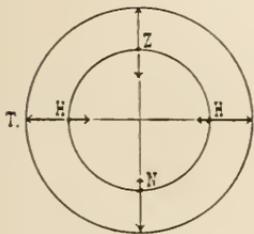


Fig. 25.

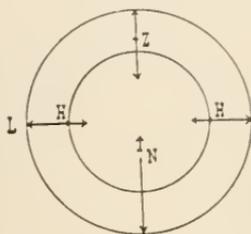


Fig. 26.

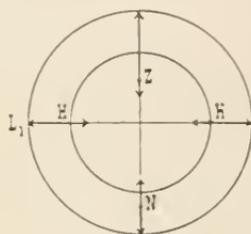


Fig. 27.

IV. Modalität (zu vergleichen mit III).

Fig. 25. Der Kreisschnitt des im Lot stehenden Cylinders verdickt seine Wand, so dass das Lumen konstant bleibt, der äussere Kontur verschoben erscheint, dies bedingt asymmetrische Schwingungen, deren Ausschlag nach aussen eine grössere Amplitude aufweist.

Fig. 26. Steht die Scheibe (Fig. 24) im Lot, so bleiben die Schwingungen in den Horizontpunkten die gleichen. Die Schwingung des Nadirpunktes erhält in der Richtung der Gravitation den Maximalausschlag. Der Zenithpunkt verringert in der Zenithamplitude den Ausschlag.

Fig. 27. Dieselbe Scheibe (Fig. 24) im Lot. Die grosse Amplitude des Zenithpunktes wird vergrössert, die des Nadirpunktes wird verkleinert. Die Horizontpunkte werden nicht alteriert. (Umkehrung von Fig. 26.)

alle Punkte, asymmetrische Schwingungen gefordert, deren grosse Amplitude nach aussen gerichtet ist, Fig. 25. Bei dem Übergang der Scheibe ins Lot, Fig. 26, 27, kommt wie vorher:

- a) die Centrifugalamplitude wird für Z kleiner, für N grösser, (Fig. 26).
- b) sie wird für Z grösser, für N kleiner, (Fig. 27).

Zu allen diesen Transversalschwingungen gehören Längsschwingungen, welche in der Lotlage für alle Punkte eines Ringes gleich sind, welcher nur aus einer einzigen Molekullage besteht. Da sich die Tangential-Transversalschwingung mit der Radialschwingung kombiniert, da diese Kombination mit der Längsschwingung sich weiter kombiniert, da die Längsschwingung ihrer Intensität nach sinkt, wenn der Cylinder die Lotlage verlässt, so kommen zahllose Varianten der Kombination und zahllose Energie-

zustände der Schwingungskomplexe zu stande, welche in allererster Linie von der Phase der Pflanzenzelle, der Organe und der Gravitation abhängig sind.

E. Theorie der Molekularschwingungskomplexe in einem Zweig, welcher der Länge nach ausgewachsen ist. (Hiezu Fig. 28.)

Geht man von dieser Darlegung an einem einzelligen Cylinder, oder an einem Cylinder, welcher aus Zellengliedern in einer Reihe besteht, hinüber zu einem System vieler Zellen verschiedener Bedeutung, so erscheint ein zwei- bis dreijähriger Zweig einer Holzpflanze, Nadelholz oder Esche z. B., als ein System von vielen Hohlprismen oder Cylindern, welche alle parallel der Cylinderaxe des Zweiges so geordnet erscheinen, dass nach allen Tangential- und allen Radialrichtungen nahezu gleiche Anordnung herrscht. Die grössere Energie wird in der Kambialperiode einem Hohlcylinder zugesprochen werden müssen, welcher aus kambialem Holz besteht, welches in starkem Radialzuwachs seiner Membranen befindlich ist. Eine Schale, in welcher die Anordnung so abgerundet gedacht werden kann, wie das Schema in Fig. 28 ergibt. Jedes Flächenstückchen des Ringes hat gleiche Energie in der einen radialen, wie in der anderen, der tangentialen Richtung. Im Querschnitt jedes Zellenelementes liegen noch Tendenzen, sich in tangentialer Richtung zu vergrössern und ebensolche in radialer Richtung, Zuwachs auszuführen. So lange die aus vielen hundert Polygonen zusammengesetzte Scheibe im Horizont steht (senkrechte Lage des Cylinders), so lange müssen für jedes Polygon die drei Intensitäten die gleichen sein für jeden Punkt. Bei dem Übergang des Cylinders in die Horizontalstellung muss das ganze System ähnlichen Änderungen unterliegen wie jener Zellencylinder, (Fig. 10—27).

Um auf die Relation der Schwingungsintensität in den drei Richtungen zurück zu kommen, muss das Schema eines solchen Stammes abgerundet werden auf die Figur 28. Diese entspricht dem Gefüge der Abietineen. Da die Zahl der Molekeln, welche schwingen, ausschlaggebend sein muss für die Atmungsgrösse, so beachte man, dass sie einigermassen proportional den Tangential- und Radiallängen aller Zellen sein muss gegenüber den Membranlängen in der Längsrichtung. Es folgt hieraus, dass die Atmungs-

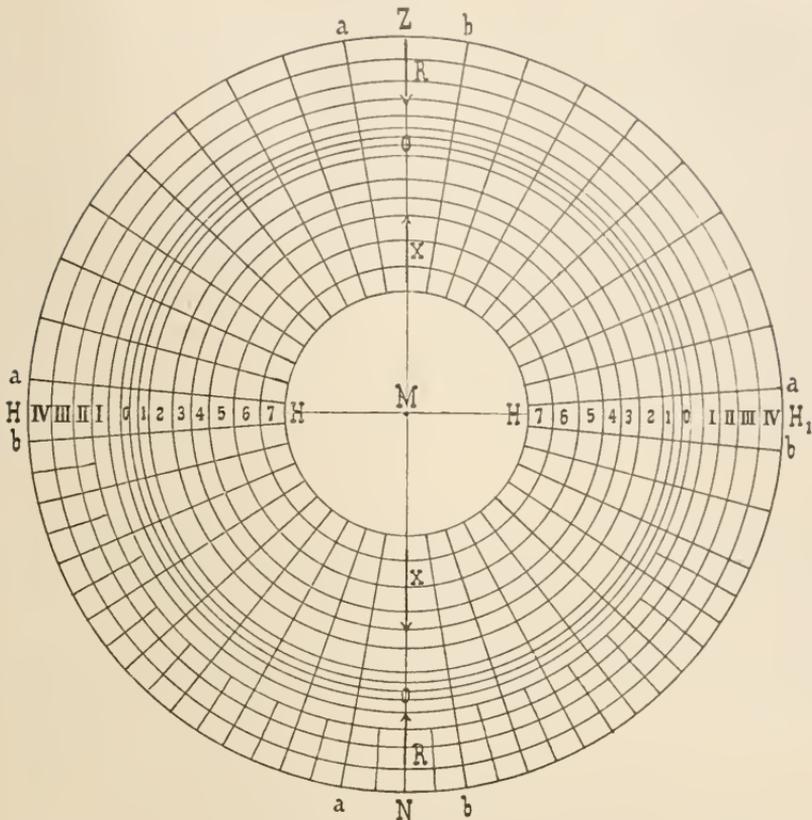


Fig. 28.

Die Scheibe soll darstellen das Schema eines laufendjährigen Nadelholzweiges in voller kambialer Thätigkeit, oder besser noch ein 2 jähriges Zweigstück in derselben Thätigkeit. Der Längenzuwachs soll erloschen sein. Das System weist alsdann auf: Alle Tangential-Transversalschwingungen gehen parallel den Kreisen und parallel den Radien. Alle Längsschwingungen gehen in Flächen vor sich, welche senkrecht zu diesen zu konstruiren sind. Die rechteckigen Figuren entsprechen den Zellhohlräumen. Da das System in der Ringzone 00, dem Kambium, zur Zeit der vollen Thätigkeit Zuwachs erfährt durch Zellteilung, so liegt hier der Herd der vollen potenziellen Energie, von wo aus in den Reihen 0, 1, 2, 3, . . . also in zentripetaler Richtung, der Übergang in die aktuelle Energie des Flächenwachstums der Holzzellen erfolgt, während zur selben Zeit in der Richtung 0 I II III IV . . . die gleiche Umsetzung in zentrifugaler Richtung für die Rinde vor sich geht. Da jedes der Rechtecke auch Dickenwachstum der Membran ausführt, so erfordert dies Schwingungen, welche wie die Tangentialschwingungen parallel den Kreisen und den Radien erfolgen. Tangential- und Radialschwingungen eines der Radial- oder Tangentialflächenstückchen stehen senkrecht zu einander. Das System folgt in der Reihe 0, 1, 2, 3, 4 . . . und in der Reihe 0 I II III u. s. f. dem Gesetz des Partiarzuwachses, hat somit in diesen Schalen zwei Komplexe asymmetrischer Schwingungen, welche parallel den Radien gehen. Es hat einen Komplex von Tangential-Transversalschwingungen, welche parallel den Radien und Kreisen erfolgen und es hat Radialschwingungen des Dickenzuwachses der Wand, welche senkrecht zu den Kreisen und senkrecht zu den Radien vor sich gehen.

grösse langer und kurzer Abschnitte desselben Zweiges derselben Phase ungleich sein muss, aus keinem andern Grund, als dem Längenunterschied der Membranen in der Längs-, Radial- und Tangentialrichtung.

Zwischen einem langen und kurzen Abschnitt desselben Zweiges muss der Unterschied für Normal- und inverse Lotstellung um so grösser sein je grösser der Längenunterschied, und notwendigerweise muss es eine Länge geben, in welcher die Atmungsgrösse in Horizontalstellung die gleiche ist wie in der Normalstellung.

Zurückgehend auf die Lage zum Lot, so muss ein langer Abschnitt in den drei Lagen Normal aufrecht, Normal umgekehrt und Horizontal, andere Werte ergeben wie ein kurzer Abschnitt.

Serie 204.

Spross von *Sambucus nigra* in lange und kurze Stücke zerlegt, die Querschnitte mit Zellenkitt geschlossen.

Die apikalen Enden oben. 22. Juli.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
Lotrechte Lage. Dauer 5,16 Stunden. T 20–21° C.					
3	Die 15 cm langen, (die langen)	26,00	4,75	5,474	5,776
4	Die 3,5–4,5 cm langen, (die kurzen)	8,6	1,25	6,880	14,680
Horizontalstellung. Dauer 7,75 Stunden. T 19,5–21° C.					
3	Die 15 cm langen, (die langen)	26,00	4,75	5,474	5,177
4	Die 3,5–4,5 cm langen, (die kurzen)	8,60	1,25	6,880	10,78

Es waren zwei lange zu 15 cm, im Querschnitt 12 mm Durchmesser: drei kurze zu 3,5, 4,0, 4,5 cm, der Querdurchmesser 8, 9, 12 mm. Da nun aber die Transversalschwingungen der Querwände in saftigen Cylindern, gelbe Rübe z. B., bei der Horizontalstellung des Cylinders in die Lotlage kommen, somit Längsschwingungen ausführen, so müssen hier bei der Lagenänderung andere Werte zum Ausdruck kommen.

Serie 205.

Daucus Carota. 24. Juli. Dauer 4—9 Stunden, T 19—20,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Eine 15 cm lange Rübe im Lot abwärts	25,6	2,60	9,845	17,61
2	Eine 15 cm lange Rübe im Lot aufwärts	25,6	2,60		19,06
2	Eine 15 cm lange Rübe horizontal	25,6	2,60		26,95

Hier ist die Horizontallage mit 26,95 gegen 17—19 für die Lotlagen im Überschuss.

18. Definition. Die Intensität der Transversal- und Längsschwingungen muss, ausser von der Phase, von der anatomischen Struktur abhängig sein. Die Abhängigkeit von der Phase mag an der Scheibe, Fig. 28, erläutert werden. Ein Eschenzweig zeigt in den Serien 199 vom 1. Juli für volle Kambialthätigkeit mit grosser Differenz für Längs- und Querschwingungen hohe Werte für A einerseits, in der Serie 203 vom 3. November sehr viel kleinere Ausschläge. Drei Phasen müssen betont werden:

I. Phase. Der Zweig steht im Zustand stärkster Längsstreckung und gleichzeitig im Zustand der vollen Kambialthätigkeit. Serie 157, am 20. Mai. Die Werte für A sind 413 und 246.

II. Phase. Die Längsstreckung ist vollendet, die Kambialthätigkeit herrscht noch. Serie 202, am 1. Juli. Die Werte für A sind 41 und 33.

III. Phase. Beide Phänomene sind erloschen und nur die Transversal-Radialschwingung des Dickenwachstums der Membran herrscht noch. Die November-Serie 206. Die Werte für A sind 14 bis 6.

Am 3. November sind in einjährigen, starken Eschenlöhden die Längsschwingungen erloschen oder sehr schwach. Die Transversalschwingungen aber müssen noch vorherrschen, da das Dickenwachstum der Membranen noch im Gange ist. In zwei Rezipienten wurden gleiche 15 cm lange Triebe so aufgestellt, dass in dem

einen die Bewegung der Drehrezipienten von der aufrechten Lotlage nach der umgekehrten, in dem andern von der umgekehrten nach der aufrechten Lotlage erfolgte.

Serie 206.

Fraxinus excelsior. 3. November. T 17—20° C.

R		Dauer	CO ₂ cm ³	A
3	Aufrecht im Lot	3,83	2,50	6,728
	45° über dem Horizont	1,50	1,59	10,92
	Im Horizont	1,16	1,30	11,55
	45° unter dem Horizont	0,91	1,24	14,05
	Umgekehrt im Lot	2,00	2,02	10,41
$F = 22 \text{ g. } T = 9,7 \text{ g. } \frac{F}{T} = 2,268 \text{ g.}$				
4	Umgekehrt im Lot	3,83	3,00	6,99
	45° unter dem Horizont	1,50	1,81	10,77
	Im Horizont	1,16	1,83	14,07
	45° über dem Horizont	0,91	0,87	8,54
	Aufrecht im Lot	2,00	2,54	11,61
$F = 24,2 \text{ g. } T = 11,2 \text{ g. } \frac{F}{T} = 2,162 \text{ g.}$				

Die Mittelwerte für A sind:

Für die Lotlagen insgesamt	11,434
„ „ aufrechte Lotlage	9,169
„ „ umgekehrte Lotlage	8,70
„ „ Horizontlage	12,61
„ „ 45°lagen im gesamt	11,07
„ „ „ über dem Horizont	9,73
„ „ „ unter „ „	12,41.

In der Serie 203 zeigt die Horizontalstellung den Maximalwert, weil die Radial-Transversalschwingungen des Membran-Dickenwachstums in das Lot fallen.

In der Horizontallage (Fig. 28), muss die Scheibe die allein vorherrschenden Radial-Transversalschwingungen für Zenith- und

Nadirzellreihen als Longitudinalschwingungen aufweisen. Die Sache ist indes noch komplizierter, da nach den Definitionen für das Dickenwachstum an Zellencylindern (s. oben S. 321) auch asymmetrische Schwingungen des Dickenwachstums der Zelle heranzuziehen sind. Es möge daher der Gesamtüberblick für die Lot- und Horizontlage gegeben sein.

In dem Schema Fig. 28 (S. 325) bedeuten die Zellenketten 7, 6, 4, 3, 2, 1 die Holzzellen, 0 ist die Hohlshale des Kambium, I, II, III, IV die Rinde. Das Schema zeigt das Hexagonal- und das alternierende Orthogonalgefüge solcher Zweigquerschnitte zum reinen Orthogonalgefüge abgerundet, so dass alle parallel der Membranen vor sich gehenden Tangential-Transversalschwingungen parallel den Kreisen oder parallel den Radien liegen. Alle Längsschwingungen gehen in Membranlamellen vor sich, welche auf die Kreissektoren oder die Abschnitte der Radien senkrecht zu konstruieren sind. Auch die für jede Zelle transversal-radial vor sich gehenden Schwingungen des Membran-Dickenzuwachses fallen nun in die Tangenten- oder Radial-Transversalrichtung der ganzen Scheibe. Da nun aber in Bezug auf das Lumen der Zellen sämtliche Zellen mit Ausnahme des hier ganz vernachlässigten Markes, M, im Zeitraum Mai-November in verschiedener Phase des Zuwachses stehen, so kommen noch zwei Schwingungskomplexe hinzu: 1. Die Kette 7, 6, 5, 4, 3 . . . 0 entspricht der Kette von Zellen in den Ordinaten der Fig. 7 (S. 254), sie weist auf in der Schale 0 die grösste potenzielle Energie, in 7 das Erlöschen der aktuellen, in 0 bis 7 den Übergang der potenziellen in die aktuelle Energie. Dies bedingt asymmetrische Schwingungen in der Pfeilrichtung X. Von 0 nach I, II, III, IV gilt dasselbe. Hier liegen asymmetrische Schwingungen in der Pfeilrichtung R; da der Rindenzuwachs verschwindend klein genannt werden kann, gegenüber dem Holzzuwachs, so spielen die letzteren eine geringere Rolle.

Für jeden Hohlraum im Holzkörper 0, 1, 2, . . . 7, werden nach Schema Fig. 22—24 und Modalität II 2 (Seite 322) asymmetrische Molekulschwingungen gefordert, welche nach dem Zentrum jeder Zelle gerichtet sind.

Steht der Zweig im Lot normal, sein Scheitel zenithwärts, so sind alle Schwingungen gleichmässig um die geometrische Axe verteilt:

a) ist er noch in der Längsstreckung begriffen, so ist der Gesamtkomplex der Transversalschwingungen Impulsen unterworfen, welche senkrecht zur Papierebene (Fig. 28) das ganze System so verschieben, dass es mit grossem Ausschlag sich zenithwärts, mit kleinerem Ausschlag erdwärts bewegen würde. Der Erfolg jeden solchen kleinsten Rückens wäre eine Verschiebung des ganzen Molekulkomplexes zenithwärts, ohne irgend welche Störungen, weil die Lotimpulse die stärksten sind;

b) ist er nicht mehr in der Längsstreckung begriffen, so herrschen noch die Komplexe der Transversalschwingungen, welche um so höhere Intensitäten haben, je mehr er in der Kambialthätigkeit befindlich ist.

Steht der Zweig im Lot normal mit dem Scheitel erdwärts, so sind alle Schwingungen gleichmässig um die geometrische Axe verteilt wie vorher:

a) ist er noch in der Längsstreckung, so würde der ganze Komplex (Fig. 28) unter die Ebene des Papiers erdwärts sinken mit asymmetrischer Amplitude. Die Längsschwingung aber muss andere Ausschlagswerte haben wie in der Normallage.

b) Ist er ausgewachsen, so herrschen noch die Transversalschwingungen wie vorher.

Da nun aber die umgekehrte Lotlage im streng geometrischen Sinn nicht realisiert werden kann, so tritt für den Fall a) die Störung ein in der Verteilung der Molekularschwingung, welche zum negativen Geotropismus führt.

Ganz zwingend muss der Schluss erscheinen: Steht die Scheibe mathematisch genau im Horizont, der Cylinder genau im Lot umgekehrt, so ist kein Impuls gegeben, welcher die geotropische Krümmung herbeiführen könnte.

Steht der Cylinder horizontal, fällt unsere Scheibe ins Lot, so sind, nach den früheren Darlegungen für wachsende Cylinderzellen, die Schwingungskomplexe unserer Scheibe (Fig. 28) nicht mehr gleichmässig um die geometrische Axe des Cylinders verteilt. Die Längsimpulse werden verändert. Die X- und R-Schwingungen (Fig. 28) müssen andere Intensitäten erhalten. Die Radialflächen der Richtung ZN (Zenith—Nadir) bekommen Längsschwingungs-

impulse, wo vorher Querschwingungen herrschten, auch in den Ketten HH werden die Transversalschwingungen zu Längsschwingungen.

Die Intensität der Längsschwingungen parallel den Kreisabschnitten und den Radien, welche Längs-Membranplatten entsprechen, sinkt bei dem Übergang der Scheibe aus der Horizont- in die Lotlage. Die Transversalschwingungen der Lotlage des Cylinders werden bei seiner Horizontalstellung so verändert, dass alle Schwingungen parallel der Richtung ZN , soweit sie durch die Radien der Figur dargestellt sind, höhere Intensität erlangen, weil sie die Impulse der Längsschwingungen in der Richtung der Gravitation erhalten. Alle durch Kreissektoren dargestellten Flächen, ab bei N , ab bei Z , behalten ihre Intensität der Transversalschwingung, welche jetzt wie vorher in den Horizont fallen.

Alle solche ab -Flächen bei HH_1 , welche vorher Transversalimpulse besaßen, erhalten jetzt Gravitations-Längsschwingungsimpulse. Alle geforderten Partiärzuwachsimpulse X und R , welche vorher gleiche Richtung zum Lot einhielten, in gleicher Weise von der Gravitation beeinflusst sein mussten, bleiben in der Richtung HH_1 zwar die gleichen, werden aber in der Richtung ZN so verändert, dass X nach Z , bezogen auf die Koordinaten (Fig. 7, S. 254) ihres Partiärzuwachses und bezogen auf die Gravitation normal, dass X nach N ebenso invers liegt, wie R nach Z normal, R nach N invers liegt. Die Molekulschwingungen des Membrandickenzuwachses waren vorher in der Horizontalstellung der Scheibe alle genau transversal, in der Lotlage der Scheibe bleiben sie für alle Richtungen senkrecht zu ZN Transversalschwingungen, in allen Richtungen senkrecht zu HH_1 , werden sie Längsschwingungen, deren Intensität durch die Gravitation verändert wird.

26. Theorie des positiven und negativen Geotropismus; der Knight'sche Versuch.

Steht nach den vorstehenden Darlegungen eine Keimpflanze mit ihrem Keimstamm und ihrer Keimwurzel genau in der Lotlage, so wachsen diese Organe geradlinig, das eine nach dem Zenith, das andere nach dem Nadir erdwärts (nach dem Erdmittelpunkt). Wird dieselbe Pflanze auf einer rotirenden Scheibe so befestigt, dass die Wurzel im Sinne der Resultirenden aus Zentrifugalkraft

der Scheibe und Gravitation orientirt ist, während der Keimstamm nach dem Zentrum der Rotations Scheibe hinweist, so wächst das Pflänzchen geradlinig in der Richtung der Resultirenden, also im Horizont, wenn bei senkrechter Stellung der Rotationsaxe¹ die Zentrifugalkomponente gegenüber der Gravitationskomponente sehr gross ist. Knight folgert: die Kraft, welche die erste Orientirung der Organe einer Keimpflanze bewirkt, ist die Gravitation.

Dies sagt im Hinblick auf die Diskussion über die Schwingungen oben S. 324 aus: Steht die geradläufige Keimpflanze in der Normalotlage, so wachsen alle Längsflächen genau gleich stark, die Wurzel im Beginn mit grösserer, der Stamm im Beginn mit kleinerer Energie. Es schreitet der Partiärlängenzuwachs nach der Wurzelspitze und der Stammspitze so fort, dass jede Beugung (Krümmung) ausgeschlossen bleibt. Die Schwingungskomplexe in Transversalscheiben, wie sie in Fig. 28 besprochen sind, haben nach allen Radien und allen Tangenten gleiche Vorzeichen und Werte. Auch bei der Umdrehung in die mathematisch genaue inverse Lage, welche die geradläufige Wurzel genau nach dem Zenith, den Stamm genau nach dem Nadir führt, wird eine Tendenz der Krümmung zunächst nicht gefordert. Dass so aufgestellte Keimpflanzen sehr bald zu Krümmungen schreiten, beruht darin, dass jener Forderung genauer Lotlage und genauer Verteilung der Schwingungen niemals entsprochen werden kann. Wird eine vorher in der Normalotlage gezüchtete Keimpflanze, deren Organe geradlinig positiv und negativ entwickelt sind, in die Horizontalstellung gebracht, so krümmt sich der Stamm negativ bis die Spitze zenithwärts, die Wurzel krümmt sich bis ihre Spitze erdwärts steht. Der Stamm wächst in der Krümmungsstelle an der Unterseite, die Wurzel ebenso an der Oberseite stärker. Diese Stellung ist für unsere Diskussion die kritische. Hier sind Differenzen zu suchen, welche bis jetzt nicht genügend aufgeklärt erscheinen.

¹ Steht die Rotationsaxe horizontal, die Rotations Scheibe im Lot, so kommt nur die Zentrifugalkraft zur Wirkung, weil bei jeder Umdrehung eines Punktes der Scheibe die Beschleunigung durch die Gravitation in den Nadirquadranten equilibriert wird durch die Verzögerung in den Zenithquadranten der Bahn. Die Reibung ist bei dieser Stellung im Apparat Fig 9 etwas grösser wie in der Lotlage der Rotationsaxe.

Sie können nicht in der topologischen Anatomie wie: Mark, Fibrovasalien, Rinde, Epiblema-Monokotylenwurzel. — Zentralfibrovasalien, Rinde, Epiblema-Dikotylenwurzel einerseits: positiv gespanntes Mark, positiv gespannte Rinde, negativ gespannte Fibrovasalien, negativ gespannte Rinde u. s. f. andererseits — Stamm gesucht werden. Warum nicht? Weil einzellige Pflanzen, oder cylinderzellige Algen positiv-negative Pole aufweisen, positiv-negative geotropische Krümmungen vollführen. Wir untersuchen daher zurückgreifend auf die Kreisfiguren 10—27 zunächst die Modalitäten der positiv negativen Krümmung an Cylindern. Ich greife heraus die Modalität Ia, füge dieser nur die Variante asymmetrischer Längsschwingungen hinzu, so lautet die entscheidende Definition für den in der Normallotlage stehenden Hohlcyliner: Er folgt von einem Ende, dem Zenithende, nach der Basis dem Nadirende, dem partiären Längenzuwachs. Ein der Länge nach ausgewachsener Cylinderabschnitt muss im basiskopen, ein in höchster potenzieller Energie des Längenzuwachses stehender Abschnitt muss im akroskopen Ende liegen. Die zwischen den Enden belegenen Cylinder-niveaus folgen dem Gesetz der Kurvenschar Figur 7 (S. 254). Für die Lotlage sind hier asymmetrische Schwingungen, in welchen die grosse Amplitude zenithwärts gerichtet ist, gefordert.

Die Transversalschwingungen der Molekel sind in der Lotlage des Cylinders von gleicher symmetrischer Amplitude und in jedem Punkt des Kreisschnittes ihrer Intensität nach sehr viel kleiner wie die Längsschwingung. Beide Systeme von Schwingungen sind Energieäusserungen, welche von der Gravitation beeinflusst sein müssen. Ein solcher Cylinder wächst in der Normallotlage an seinem Zenithende geradlinig weiter, behält seine Cylinderform (vergrössert von der Spitze nach der Basis allenfalls seinen Durchmesser), weil die Schwingungsintensitäten von der Gravitation beeinflusst sind. Die Schwingungsintensitäten sind aber seine Energie, d. h. die Energie des Lebewesens, im gegebenen Fall eine *Vaucheria*. Wäre die Energie nach den beiden Richtungen die gleiche, so würde er trotzdem zenithwärts wachsen, erschiene aber als Kugel: *Botrydium argillaceum*. Wird jener Cylinder in die Horizontallage gebracht, so können in dem jetzt lotrecht stehenden Kreisschnitt, nach den aus dem Knightschen Versuch und dem Gesetz des Partiarlängen-

zuwachsen fließenden Deduktionen nicht in Betracht kommen die Varianten Fig. 10, 11, 12, sondern nur die Varianten Fig. 13—16, in welchen nach früheren Definitionen die Zenith- und Nadirmolekeln ihre Schwingungsenergie nicht verändern, die Horizontmolekeln HH, durch die Gravitation verursachte asymmetrische Amplituden aufweisen müssen. Der Komplexvarianten für die Schwingungsenergien sind es dann vier, sie sind in Fig. 15, 16, 17, 18 graphisch dargestellt.

I. Komplexvariante.

Der Cylinder soll symmetrische Längsschwingungen besitzen, welche in der Normallotstellung und in der Horizontalstellung so bleiben. Der Molekulring (Fig. 10) hat in der Horizontalstellung in allen Molekeln symmetrische Transversal-Tangentialschwingungen, welche in der Lotlage des Ringes übergehen, in Fig. 13. Die Zenith- und Nadirschwingungen bleiben die gleichen. Die Schwingungen der Horizontpunkte HH werden asymmetrisch; die Amplitude nach dem Zenith ist kleiner, wie die Amplitude nach dem Nadir. Der liegend abgebrochen gezeichnete Cylinder Figur 14 A B zeigt nach dem Parallelogramm der Kräfte:

Für die Zenithpunkte, da die Transversalenergie in den beiden Zenithquadranten kleiner ist, gegenüber der Längsenergie, eine Resultierende RR der beiden Schwingungen, welche sich der Längsrichtung annähert (Fig. 14 A), für die Nadirpunkte (Fig. 14 B) dagegen, weil die beiden Nadirquadranten (Fig. 13) grössere Schwingungsenergie aufweisen, die Resultierende RR (Fig. 14 B), welche Annäherung an die Transversal-Tangentialrichtung haben muss. Ein solcher Cylinder verlängert wachsend seine Zenithoberseite parallel der Cylinderaxe stärker, wie die Nadirunterseite und geht in die, nach

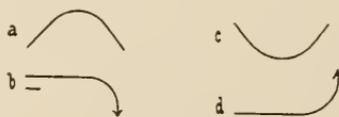


Fig. 29.

oben konvexe, nach unten konkave, positiv geotropische Form über, in welcher der Krümmungsbogen nach einem und dem andern Ende (Fig. 29 a) gleichsinnig in die Gerade verläuft.

II. Komplexvariante.

Der Cylinder soll (nach 25. Wachstum als Energieäusserung S. 311) durch das mit dem Pfeil W in Figur 15 fortschreitende, akropetale Wachstum bedingte, asymmetrische Längsschwingungen besitzen. Die Transversalschwingungen folgen wie vorher in beiden Lagen der I. Komplexvariante. Für die Zenithpunkte werden (Fig. 15 A) die Resultirenden Annäherungen an die Längsschwingung, für den Nadirpunkt Annäherungen an die Transversalschwingungen (Fig. 15 B) ergeben: für beide in der akroskopon Zuwachsrichtung Pfeil W ist dieses Verhältnis stärker ausgeprägt wie in der basiskopon Richtung. Der Cylinder wird positiv geotropisch und zwar so, dass der Krümmungsbogen, welcher mit der Spitze abschliesst, in die Horizontale übergeht (b in Fig. 29).

III. Komplexvariante.

Diese entspricht dem Übergang Figur 10 nach Figur 16. Hierbei wächst die Energie der Transversalschwingungen in den Zenithquadranten (Fig. 16) gegenüber den Nadirquadranten. Bei symmetrisch unveränderten Längsschwingungen (wie in Komplexvariante I) erhält der Zenithpunkt (Fig. 17 A) die Resultirende RR mit der Annäherung an die Transversalschwingung, der Nadirpunkt verhält sich (Fig. 17 B) umgekehrt. Der Cylinder geht wachsend in die negativ geotropische Krümmung so über, dass der Krümmungsbogen nach beiden Enden gleichsinnig in die Gerade verläuft (Fig. 29 c).

IV. Komplexvariante.

Hier ist alles wie in III, es kommen nur die asymmetrischen Längsschwingungen wie in II hinzu. Der Zenithpunkt (Fig. 18 A) erhält eine Resultirende mit Annäherung an die Transversale; der Nadirpunkt (Fig. 18 B) eine Resultirende mit Annäherung an die Längsrichtung. Der Cylinder wächst negativ geotropisch (Fig. 29 d), so, dass der Krümmungsbogen mit der zenithwärts gerichteten Spitze auf der einen Seite abschliesst, während er auf der andern in die Horizontale übergeht.

Es sind somit nicht die Längsschwingungen für Lot- und Horizontstellung entscheidend für die Krümmung, wie man aus der

ungleichen Länge des oberen und unteren Krümmungsbogens schliessen möchte, sondern die Transversalschwingungen, welche, in der Lotlage des Kreises grösser oder kleiner werdend, als Komponenten des Komplexes über die Grösse der Resultirenden entscheiden.

Keimstamm und Keimwurzel.

Anatomische Differenzen können nach dem obigen nicht herangezogen werden, um zu begreifen warum bei Horizontalstellung eines gradläufigen Keimling die Wurzel an der Zenithseite, der Stamm an der Nadirseite stärker wächst. Auch in morphotischen Differenzen kann die Ursache nicht gesucht werden.

19. Definition. a) Es giebt Keimlinge (Kruciferen), bei welchen zur Zeit der Aussaat der Wurzel- und Stamm pol wohl morphotisch, different im Zellengefüge erscheinen. Das ganze Cylinderstück zwischen beiden Polen ist ohne Differenz, homogen aus tafelförmigen Parenchymzellen zusammengesetzt.

b) Es giebt solche Keimlinge, bei welchen vor der Aussaat die Prokambien der Fibrovasalien für Wurzel und Stamm angelegt sind. Die geotropische Polarität aber wird erst während der Keimung in die nunmehr sich differenzirenden Organe hineingelegt.

Ich hebe zwei Zellenringe heraus, welche hart an der Grenze liegen zwischen Keimwurzel und Keimstamm, so dass der eine über, der andere unter jener Grenze gewählt ist, und wende die Komplexvarianten II und IV an.

20. Definition. Für den Zellenring (Fig. 30 A), welcher der soeben differenzirten Keimwurzel angehört, sind die Transversalschwingungen gleichmässig um das Zentrum verteilt. Die Längenschwingungen werden in dem Zeitpunkt, in welchem die Keimung beginnt, durch die Gravitation asymmetrisch. Der Keimling soll in der Normallotstellung sein. Das Gebilde entspricht der Fig. 30 A ohne die asymmetrischen Pfeile und besteht in Hinsicht auf den einfachen Cylinder (Fig. 13) aus zwei Hohlcylindern, welche durch Radialmembranplatten verbunden erscheinen. Die Tangential- und die Radialschwingungen sind für alle Punkte gleich und symmetrisch.

Geht der Zellenring aus der Horizontalstellung in die Lotstellung, so gilt für die Kreislamellen dasselbe wie für den Einzel-

kreis in Fig. 13. Die Schwingungen in den HH_1 Punkten werden in der Richtung der Gravitation asymmetrisch. Für die Radialplatten erhalten die Zenith- und Nadirpunkte die grösste Intensität ebensolcher Schwingungen. Alle nicht in den Horizont fallenden Radiallamellen erhalten erdwärts gerichtete grössere Amplituden transversaler Schwingungen. Dies ergibt für die Tangentialtransversalschwingungen kombiniert mit den Längsschwingungen die Komplexvariante II. Die Schwingungen der Radiallamellen, wie leicht aus den Konstruktionen Figur 30 A ersichtlich ist, veranlassen keine

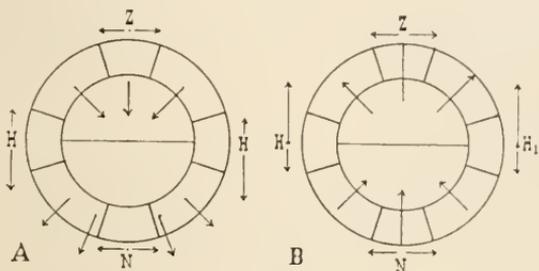


Fig. 30.

- A Zellenring aus der Keimwurzel in der Lotlage (Horizontalstellung der Wurzel)
 B Ebensolcher Zellenring aus dem Keimstamm.

Veränderung der Resultierenden. Für die Zenith- und Nadirtangentiallängenansicht tritt keine Veränderung der Resultierenden ein: Der Zellenzylinder wächst und krümmt sich positiv geotropisch.

Das Gleiche lässt sich zeigen für den Zellenring, welcher dem Keimstamme entspricht. Hier ist gefordert: beim Übergang in die Lotlage des Ringes für alle irgend geneigt stehenden Radialwände asymmetrische Schwingungen, die grösste Amplitude nach oben Figur 30B. Nur für die Radialwände in HH_1 bleiben die Schwingungen symmetrisch. Der Zellenzylinder muss, in der Horizontalstellung wachsend, eine negativ geotropische Krümmung ausführen.

Die beiden in der Keimaxe gewählten Scheiben stellen nun aber noch viel höhere Anforderungen. Unsere Scheibe Figur 28 besteht aus Zellenketten mit kambialen Zuwachs, also mit gleichen Transversal-Zentrifugaltendenzen, wie sie als Zenith- und Nadirtendenzen in der Koordinatenfigur 7 (für den Längenzuwachs) dargestellt wurden. Solange die Scheibe Figur 28 im Horizont steht, sind diese Zentrifugaltendenzen gleich nach allen Transversalradien.

Steht sie als Wurzelscheibe im Lot, so erhält die Zenithkette eine Minderung, die Nadirkette eine Steigerung ihrer Energie der Radial-Zentrifugaltendenz.

Steht sie als Stammscheibe im Lot, so erhält die Zenithkette eine Steigerung, die Nadirkette eine Minderung ihrer Radial-Zentrifugaltendenz.

Da diese Tendenzen sich umsetzen in die Peripherievergrößerung, so wird die Tangentialschwingung für die im Lot stehende Wurzelscheibe an der Nadirhemisphäre grösser, an der Zenithhemisphäre kleiner. Dies sind aber die Forderungen für die Annäherung der Resultirenden an die Längsschwingung (Konstruktion Fig. 14 und 15 A). Die Wurzel muss, wachsend, sich positiv geotropisch krümmen.

Bei derselben Umsetzung der Zentrifugaltendenz in die Peripherievergrößerung in der im Lot stehenden Stammscheibe erhält die Zenithseite die grössere Tangentialschwingung, der Stamm muss, nach den analogen Forderungen, Konstruktion Figur: 17, 18 B, wachsend, sich negativ geotropisch krümmen.

Die Deduktion darf somit als abgeschlossen angesehen und mag rekapituliert werden mit Zugrundelegung eines Gedankenganges, wie ihn Knight angestellt haben wird, ehe er zu seinem berühmten Differenzversuch schritt. Aus der Hand eines Sämannes fallen Sämereien in die Unebenheiten des Saatlandes. Jeder der Samen soll einen geradläufigen Keimling enthalten, an welchem wohl die Pole, Wurzel und Stamm, morphotische Differenzen aufweisen, Wurzel und Stamm als fertige Gebilde nicht differenzirt sind (Abietineen, Fraxinus, Juglans, Quercus u. m. a.). Wie auch in den tausenden von Lagen, welche bei der Aussaat zu stande kamen, der Wurzelpol liegen mag, ob zenith- ob erdwendig, der Enderfolg ist für alle der gleiche. Alle Wurzeln wachsen erdwärts. Die Stämme zenithwärts geradläufig. Erst während der Keimung differenzieren sich Wurzel und Stamm. Damit werden zwei Energierichtungen geschaffen. Lag der Keimling durch Zufall in der Lotnormallage, so wird den Energietendenzen unbehindert Folge gegeben. Die Gravitation schafft und bewirkt die Polarität in einem Lebewesen, welches sie vorher nicht besass. Die beiden Pole, Urmeristem der Wurzel und Urmeristem des Stammes führen zwei durch die

Gravitation vorgeschriebene, räumlich entgegengesetzte Bewegungen aus. Der eine Pol wird zenithwärts der andere erdwärts verschoben. Zwischen beiden schalten sich die Zuwachsteile ein, in welchen die potenzielle Energie in aktuelle umgesetzt wird. Diesen zwei in entgegengesetzter Richtung wirkenden Energien entspricht in gegebener Phase in der Normallotlage eine bestimmte Atmungsgrösse. Wird das System umgekehrt, so sinkt diese. Hieraus folgt: die Molekulschwingungen, welche der Energie des sichtbaren Wachstums zu Grunde liegen, stehen unter dem Einfluss der Gravitation und stehen in Kausalzusammenhang mit der Atmungsgrösse. In der Normallotlage haben die beiden Längsschwingungen die grössere Intensität gegenüber ihren Transversalschwingungen, für welche zwei Transversalachsen der Schwingungsrichtung gefordert sind. Die Umkehrung zeigt zunächst nur, dass die Transversalschwingungen nicht geändert, während die Längsschwingungen ihrer Intensität nach gemindert werden. Längenzwachsrichtung Z , grosse Amplitude a , der asymmetrischen Längsschwingung fallen zusammen bei beiden Organen, sie fallen aber nicht mit der Richtung der Gravitation G zusammen.

Normallotlage.

Inverse Lotlage.

Wurzel a , Z , G fallen zusammen.

a , Z sind der Richtung von G entgegen.

Stamma, Z sind entgegengesetzt zu G .

a , Z und G fallen zusammen.

Hoher Wert für A .

Niederer Wert für A .

Wird das System in die Horizontalstellung gebracht, so sinkt die Atmungsgrösse gleichfalls. Die Längsschwingungen verlieren an Intensität. Dies ergibt für sich allein keinen Unterschied für eine Molekellängsreihe im Zenith, gegenüber einer solchen im Nadir. Da nun aber die Cylinder-Transversalschwingungen, durch die neue Stellung, ihrer Intensität nach durch die Gravitation verändert werden, weil eine Zenith-Radialkette und eine Nadir-Radialkette sich so verhalten, wie eine Wurzel- und Stamm-Längskette in der Normallotstellung, so muss die Tangential-Transversalschwingung in der Zenithhemisphäre für die Wurzel kleiner, in der Nadirhemisphäre grösser werden. Dadurch wird für die Wurzel die Resultierende aus Längs- und Tangential-Transversalschwingung für eine Molekel-Längsreihe im Zenith der Längsrichtung ange-

nähert. Im Nadir wird dieselbe Resultirende der Tangential-Transversalrichtung angenähert. Die Wurzel wächst im Zenith stärker wie im Nadir in die Länge, es kommt zur positiven Krümmung. Im Stamm kehrt sich dies um; die Resultirende fällt im Nadir in die Längsrichtung, im Zenith in die Querrichtung. Der Stamm wächst im Nadir stärker in die Länge wie im Zenith; er kommt in die negativ-geotropische Krümmung. Alle solche Krümmungen entsprechen einem Verlust an Energie des Längenwachstums.

D. Atmung während der Bestrahlung.¹

Werden lebende, grüne Pflanzenblätter in die Rezipienten gegeben mit den Stäbchen von Kalilauge, so also, dass alle Kohlensäure, welche durch Atmung gebildet, sofort absorbiert wird, so bildet ein solcher Rezipient, im Dunkeln aufgestellt („der Dunkelrezipient“), die Basis für die Berechnung der Atmungsgrößen im Lichte.

19. Definition. Von der vollen Sonnenbestrahlung durch allmählich abnehmende Lichtgrade bis zur absoluten Finsternis, im Dunkelrezipienten, muss bei der gewählten Zusammenstellung der Apparate ein Lichtgrad liegen, in welchem die Spiegel des Manometers konstant bleiben, die Spiegeldifferenzen gleich Null sind und bleiben, so lange die gegebene Lichtintensität herrschend bleibt. Die Rechnung würde hier als Volumverlust Null, der bei der gleichen Temperatur im Dunkeln aufgestellte Rezipient würde dagegen $m \text{ cm}^3$ Kohlensäure ergeben.

20. Definition. Wird der Lichtrezipient aus dem gegebenen Lichtgrad in einen geringeren Lichtgrad gebracht, so würde er $n \text{ cm}^3$ Kohlensäure ergeben, wo $n < m$. Es folgt hieraus: in einem mässig beleuchteten Rezipienten, welcher grüne Pflanzenblätter ent-

¹ Methode. Eines der Versuchszimmer, welches den Heliostatenspiegel an seinem Südfenster aufnimmt, ist absolut verfinstert. Ein zweites, mit dem ersten in Verbindung stehendes, kann für Vorbereitungen bis zu einem geringen Lichtdämmer verdunkelt werden.

Drei Bestimmungen für die Intensität des Lichtes werden an jedem Versuchstage ausgeführt.

hält und in welchem das Volum konstant bleibt, wird genau soviel Kohlensäure durch Oxydation gebildet, wie O durch Zersetzung der Kohlensäure ausgeschieden wird oder mit andern Worten: in einem solchen Rezipienten halten sich Reduktion und Oxydation das Gleichgewicht. Es folgt ferner:

21. Definition. Das für die gleiche Blattfläche und Art im Dunkelrezipienten in gleicher Zeit erhaltene Kohlen säurevolum m minus dem Kohlen säurevolum n , welches in niederem Lichtgrad erhalten wurde, ist gleich dem Sauerstoffvolum, welches hier mehr gebildet wurde wie im Dunkelrezipienten.

1. Lichtmessung.

Die Heliostatenöffnung wird ohne Sammellinse durchstrahlt und mit soviel Kartonlagen bedeckt, bis absolute Dunkelheit herrscht. 9 Kartonlagen kommen für die nachfolgenden Versuche zur Wirkung.

2. Grüne und vorzeitig vergilbte Blätter.

Serie 207.

Aesculus hippocastanum. Blätter im Licht (diffuses Wolkenlicht).

10. Juli. Dauer 1 Stund 45 Minuten. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Vorzeitig vergilbte Blätter	3,3	0,83	3,976	73,67
II	Normalgrüne Blätter	3,5	1,10	3,110	0

R 175. — Bei einem und demselben schwachen Lichtgrad, bei der Temperatur von 19° C, zeigt das normal-grüne Blatt der Rosskastanie die Atmungsgrösse 0. Das im Juli im Schatten der Baumkrone vorzeitig vergilbte zeigt für A den Wert von 73,67 cm³.

3. Panachirte Blätter.

Von einem stark panachirten *Acer Negundo* konnten reine Grünflächen und reine Weissflächen des Blattes herausgeschnitten werden. Zwei Differenzen ergeben sich für das Licht und zwei für die Dunkelheit. Das Licht ist diffuses Wolkenlicht.

Serie 208.

Acer Negundo; stark panachirte Blätter.

1. August. Dauer 5 Stunden 10 Minuten. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Grünflächen im Dunkeln .	1,45	0,43	3,372	32,56
3	.. Weissflächen „ „ .	1,45	0,43	3,372	14,80
4	.. Grünflächen „ Licht . .	1,45	0,43	3,372	0
5	.. Weissflächen „ „ . .	1,40	0,35	3,999	0

R. 176. — In dem Versuch war die direkte Sonnenbestrahlung ausgeschlossen. Nur die Dunkelrezipienten ergeben Kohlensäure, die Lichtrezipienten ergeben beide positiven Gaszuwachs. Dieser ist bei der Grünfläche grösser, 65,54 gegenüber 49,35 für die Weissfläche pro g T für 100 Stunden. Die grünen und die Weissflächen haben im Licht die Atmungsgrösse 0.

4. Methode der Stanniolbedeckung.

Den Quer- und Längendimensionen der sechs Gasrezipienten (Fig. 1) entsprechen rechteckige Streifen aus Fensterglas, 25 mm breit, 155 mm lang. Sie sind zur Hälfte mit Stanniol belegt, zwischen zwei solcher Glasplatten werden die genügend grossen Laubblätter eingeklammert und mit der Scheere parallel den Rändern der Glasplatten beschnitten. Die Gesamtblattfläche von 38,75 □ cm zerfällt nun in Hinsicht auf Lichtgenuss in eine Dunkel- und eine Lichthälfte, jede zu 19,37 □ cm.

22. Definition. Wird diese Vorrichtung in gradweise abnehmenden Lichtintensitäten bestrahlt, so muss es einen Lichtgrad geben, bei welchem die Spiegeldifferenz 0 bleibt, die Rechnung des Kohlensäurezuwachses 0 ergibt, weil die Lichthälfte gerade soviel Kohlensäure reduziert, wie in der Dunkelhälfte gebildet wird.

5. Lichtkegel-Stanniolversuch (I).

Drei Recipienten werden je mit gleichen Blattabschnitten von *Ulmus montana* in der Weise beschickt, dass die Blattstreifen, zwischen zwei Glasplatten liegend, genau normal zum Lichtstrahlen-

büschel orientirt sind, welches mit Hilfe einer Sammellinse und des Heliostaten in den Dunkelraum geleitet wird. Mit zwei beleuchteten Rezipienten wird ein in absoluter Dunkelheit stehender verglichen.

In einem der Lichtrezipienten sind die Blätter frei, im andern sind sie zum Teil mit Stanniol belegt:

Serie 209.

Ulmus montana: Stanniol-Lichtkegelversuch; Öffnung 7 cm und Brennweite der Linse 22 cm.

1. Juni. Dauer 6 Stunden T 19,5–20,5° C.

Durchmesser des Lichtkegels	Entfernung vom Brennpunkt	R		F	CO ₂ cm ³	CO ₂ pr. 100 St. g F	Lichtintensität
cm	cm						
53	160	2	Drei Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol	0,90			
			Stann. frei	0,57	1,73	18,21	0,0162
53	160	3	Drei Blattlagen nicht mit Stanniol belegt	1,50	1,12	13,58	0,0162
		2	Dunkelrezipient, 3 Blattlagen (4 St. 25 Min.)	1,67		18,32	0

36 □ cm der frischen Blattfläche wiegen 0,65 g. Lichtgrenze 9 Kartonlagen.

Im Dunkelrezipienten sind pro g des Frischgewichtes 18,32 cm³ Kohlensäure gebildet für 100 Stunden. Im Lichtrezipienten, welcher die Blätter nicht belegt zeigt, 13,58 cm³ Kohlensäure plus 4,74 cm³ Sauerstoff, zusammen 18,32 cm³. Diese 4,74 cm³ Sauerstoff müssten der Assimilationsgrösse der gegebenen Lichtintensität entsprechen.

Für den Stanniolrezipienten berechnet sich die Atmungsgrösse für die freie Seite aus den Daten des Rezipienten 3 zu

$$\frac{1,47}{1,50} \cdot 13,58 = 13,30$$

und für die bedeckte Seite aus den Daten für den Dunkelrezipienten zu

$$\frac{1,47}{1,67} \cdot 18,32 = 16,13.$$

Hieraus:

R 2	Der Dunkelrezip.	18,32	cm ³ Kohlensäure u.	0	cm ³ Sauerstoff
„ 3	Der Lichtrezip.	13,58	„ „	4,74	„ „
„ 2	Die Stanniolseite	11,21	„ „	0	„ „
	Die freie Seite	7,00	„ „	0,11	„ „

R 177. — Bei 16 Tausendstel der Intensität des einfallenden Strahles wird somit in der Dunkelhälfte von drei Lagen des Ulmenblattes soviel Kohlensäure gebildet, dass die Sauerstoffbildung der Lichthälfte aufgehoben erscheint.

6. Lichtkegel-Stanniolversuch (II).

Am 2. Juni wurden fünf Rezipienten beschickt.

Serie 207.

Aesculus hippocastanum; Stanniol-Lichtkegelversuch. $\frac{F}{T} = 3,071$.

Brennweite der Linse 22 cm, Öffnung der Linse 7 cm.

2. Juni. Dauer 7 Stunden. T 21—22° C.

Durchmesser des Lichtkegels	Entfernung vom Brennpunkt	R		F	CO ₂ cm ³	CO ₂ pr. g F 100 St.	Lichtintensität
cm	cm						
25	80	2	Vier Blattlagen nicht belegt, 7 St.	2,25	0,25	1,58	0,07841
25	80	3	Vier Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol belegt, 7 St.	2,40	1,53	9,11	0,07841
130	130	4	Vier Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol belegt, 7 St.	2,43	2,16	12,70	0,0029
190	190	5	Vier Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol belegt, 7 St.	2,92	2,61	12,79	0,001357
		2	Dunkelrezipient, 3 St. . .	2,25	1,26	18,66	0

36 □ cm der frischen Blattfläche wiegen: 0,54 g. Lichtgrenze 9 Kartonlagen.

Da die Blattabschnitte die Glasschablonen ganz bedecken, so fällt die Flächengewichtsreduktion hinweg. Die Staniollagen

sind genau $\frac{1}{2}$ der Gesamtfläche. Dieser entspricht für alle Stanniolseiten der Wert von 9,33 Kohlensäure.

Lichtintensität	R		CO ₂	Sauerstoff
0	2	Der Dunkelrezipient	18,66	0
0	5	Die halbe Stanniolseite	9,33	0
0,001357		„ „ freie Seite	3,46	5,87
0	4	Die halbe Stanniolseite	9,33	0
0,0029		„ „ freie Seite	3,46	5,96
0	3	Die halbe Stanniolseite	9,11	0,22
0,0784		„ „ freie Seite	0	9,33
0,0784	2	Die ganze freie Seite	1,58	17,08

R 178. — Am 2. Juni bei 21—22° C. werden bei $\frac{1}{1000}$ der Lichtintensität des Sonnenlichtes in vier hintereinander belegenen Rosskastanienblättern aus den Gasen der Atmosphäre gebildet: in der Dunkelhälfte (19,37 □ cm³) der Fläche 9,33 cm³ Kohlensäure; in der Lichthälfte (19,37 □ cm³) nur 3,37 cm³ Kohlensäure, was für diese Lichthälfte die Bildung von 5,96 cm³ Sauerstoff bedeutet. Bei $\frac{1}{1000}$ der Lichtintensität (ausserordentlich klarer Sonnentag) ist somit die Assimilation (Kohlensäurereduktion) noch merklich. Bei sonst ganz gleichem Betrieb, aber einer Intensität von $\frac{78}{1000}$ der Intensität des Sonnenlichtes kommt für die Dunkelhälfte der Blattlagen 9,11 cm³ Kohlensäure (also 0,22 cm³ weniger wie für die halbe Fläche der Blätter im Dunkelrezipienten gefordert ist), für die Lichthälfte kommt dementsprechend Kohlensäure = 0. Sauerstoffproduktion 9,33 cm³. Hier liegt also nach der Definition 22

das Gleichgewicht, die Bilanz: bei $\frac{78}{1000}$ der Intensität des Sonnenlichtes wird in vier Blattlagen der Rosskastanie annähernd so viel Sauerstoff in der Lichthälfte durch Reduktion gebildet, wie Kohlensäure in der Schattenhälfte durch Atmung erzeugt wird. Da nun aber A die Atmungsgrösse im Dunkeln eine Funktion der Temperatur, die Assimilation selbst ebenfalls eine Funktion der Temperatur sein muss, so erhellt, dass solche Werte, wie sie hier abgerundet als $\frac{1}{1000}$, als $\frac{78}{1000}$ der Intensität der Sonnenlichter angegeben sind, keine physisch-physiologischen Konstanten sein können. Beachtet man andererseits, dass A noch von der Phase abhängt (man vergleiche oben Serie 133 u. a.), so sieht man leicht ein, dass in Hinsicht der Kraftübertragung der Lichtschwingung auf die Schwingung der Molekülkomplexe in der Pflanze eine ausserordentlich grosse Komplikation herrschen muss.

7. Lichtkegelversuch (III) im Vergleich mit dem Spektralversuch.

Alle zur Hälfte mit Stanniol belegt.

26. Juni (klarer Tag). Dauer 1 Stunde 30 Minuten. Temp. 20° C.

Dunkelrezipient für A 196,s.

Serie 211.

R	Entfernung vom Brennpunkt	Durchmesser des Kegels	Lichtintensität	F	T	$\frac{F}{F}$	A
1	44	16	0,2228	2,1	0,71	3,732	50,70
2	70	25	0,0784	2,0	0,63	3,175	68,79
4	150	51	0,0196	2,55	0,85	3,005	104,3

Die Rechnung wie vorher für die halbe Fläche im Dunkelrezipient 98,4 für A.

R		Kohlensäure	Sauerstoff
1	Lichthälfte	0	98,4
	Dunkelhälfte	<u>50,70</u>	<u>47,7</u>
		50,70	146,1
2	Lichthälfte	0	98,4
	Dunkelhälfte	<u>68,79</u>	<u>29,61</u>
		68,79	128,01
4	Lichthälfte	5,9	92,5
	Dunkelhälfte	<u>98,4</u>	<u>0</u>
		104,3	92,5

R 179. — Die Annäherung an den Gleichgewichtszustand ergibt sich hier bei zwei Tausendstel der Lichtintensität mit 92,5 Sauerstoff, 104,3 Kohlensäure.

8. Versuche im objektiven Sonnenspektrum.

Die brechende Kante des Schwefelkohlenstoffprismas ist 8 cm lang. Der Spalt ist auf 4 mm geöffnet. In einer Entfernung von 2,5 m projiziert sich ein objektives Spektrum von 49 cm Länge. Die Rezipienten enthalten die Blattstreifen zwischen Glasschablonen. Diese messen 24 mm × 156 mm. Die Schablonen sind zu $\frac{1}{2}$ der Fläche mit Stanniol gedeckt.

Steht im roten Ende 0, im violetten 48, so stehen die Rezipienten (s. Fig. 31 nächste Seite):

R 2	bei 4—8 cm vom roten Ende	.
R 3	„ 16—19 „ „ „ „	„
R 4	„ 29—32 „ „ „ „	„

Der Versuch wurde an einem ganz wolkenlosen Tage an- gestellt.

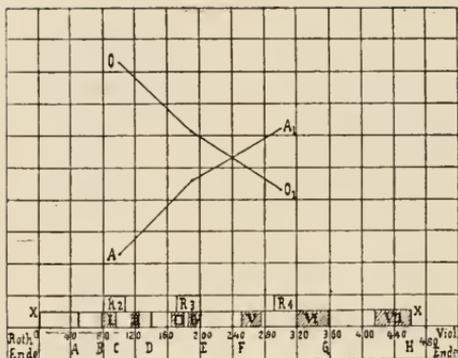


Fig. 31.

Die wirkliche Länge des objektiven Spektrums ist 480 mm in Millimeter-Koordinaten, reduziert auf $\frac{1}{4}$, ABCD u. s. f. die Fraunhoferschen Linien, I II III u. s. f. die Absorptionsbänder des Alkoholchlorophylls. R2 R3 R4 die Lage der Rezipienten, A A₁ die Kohlensäure, O O₁ die Sauerstoffmengen, beide für $2 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mm}$ der Ordinaten. Diese Konstruktion auf $\frac{2}{3}$ photographisch verkleinert, bildete die Vorlage.

Serie 212.

Aesculus hippocastanum; Spektralversuch.

24. Juni. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. T 21—22° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Dunkelrezipient	2,30	0,85	2,706	195,2
2	Rot \overline{BC}	2,30	0,85	2,706	37,53
3	Grün	3,002	1,100	2,729	83,07
4	Indigo	2,610	0,85	3,071	114,7

Die Rechnung ist in gleichem Sinne wie im Lichtkegelstanniolversuch durchzuführen, wobei zu beachten ist, dass den stanniolbedeckten Flächenhälften $97,6 \text{ cm}^3$ Kohlensäureproduktion zukommt.

R		Kohlensäure	Sauerstoff	
2	Dunkelrezipient .	Dunkelhälfte	97,6	0
		Dunkelhälfte	97,6	0
			<u>195,2</u>	<u>0</u>

R		Kohlensäure	Sauerstoff	
2	Rot BC	Lichthälfte	0	97,6
		Dunkelhälfte	$\frac{37,53}{37,53}$	$\frac{60,07}{157,67}$
3	Grün	Lichthälfte	0	97,6
		Dunkelhälfte	$\frac{83,07}{83,07}$	$\frac{14,53}{112,13}$
4	Indigo	Lichthälfte	17,1	79,1
		Dunkelhälfte	$\frac{97,6}{114,7}$	$\frac{0}{79,1}$

R 180. — Im Rot \overline{BC} ist A am kleinsten, entsprechend den früheren Ergebnissen über die Assimilation der Kohlensäure; eine Bilanz, wie oben definiert, ist in dem Versuch nicht erzielt. R 3 Grün hat immer noch 112 Sauerstoff gegen 83 Kohlensäure.

Serie 213.

Aesculus hippocastanum; Spektralversuch.

25. Juni. Dauer 1 Stunde 55 Minuten. T 22,5—23,5° C.

Spaltenweite 2 mm.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Rotes Ende	2,8	0,95	2,947	58,80
2	Gelb und grün	2,4	0,75	3,193	61,20
3	Anfang blau	2,25	0,80	2,813	62,65
4	Blau und violett	2,70	0,87	3,100	70,21

Der Dunkelrezipient ergibt für A den Wert 196,8.

Die Rechnung wie vorher die halbe Fläche des Dunkelrezipienten 98,4.

R			Kohlensäure	Sauerstoff
1	Rotes Ende . .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	$\frac{58,8}{58,8}$	$\frac{39,6}{138,0}$
2	Gelb und grün .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	$\frac{61,2}{61,2}$	$\frac{37,2}{135,6}$
3	Anfang blau . .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	$\frac{62,65}{62,65}$	$\frac{35,75}{134,15}$
4	Blau und violett .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	70,21	$\frac{27,19}{125,59}$

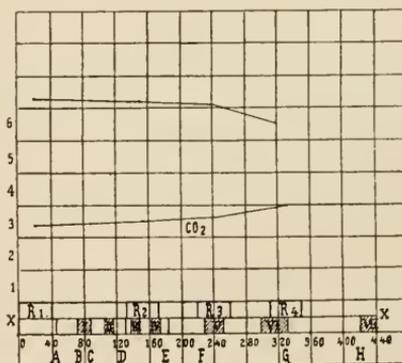


Fig. 32.

Die wirkliche Länge des objektiven Spektrums ist 440 mm.
Alle Reduktionen wie vorher.

R 181. — Das rote Ende zeigt den kleinsten Wert für A. Eine Bilanz ist auch hier nicht realisiert. R 4 blau und violett zeigt 70 Kohlensäure für 125 Sauerstoff (Fig. 32).

Serie 214.

Blätter von *Aesculus hippocastanum*; Spektralversuch.

26. Juni. T 22—23° C.

Spaltenweite 2 mm.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Rot BC	2,03	0,71	2,03	40,15
2	Gelb-Orange	2,45	0,85	2,45	47,65
4	Grün	2,05	0,70	2,05	44,29
5	Blau	2,33	0,90	2,33	56,11
6	Dunkelrezip. (absolute Dunkelh.)	2,27	0,81	2,37	186,8

Die Rechnung wie vorher, die halbe Fläche des Dunkelrezipienten 93,4.

R		Kohlensäure	Sauerstoff
1	Rot \overline{BC} Lichthälfte	0	93,4
	Dunkelhälfte	$\frac{40,15}{40,15}$	$\frac{53,25}{146,65}$
2	Gelb-Orange Lichthälfte	0	93,4
	Dunkelhälfte	$\frac{47,65}{47,65}$	$\frac{45,75}{139,15}$
4	Grün Lichthälfte	0	93,4
	Dunkelhälfte	$\frac{44,29}{44,29}$	$\frac{49,11}{142,51}$
5	Blau Lichthälfte	0	93,4
	Dunkelhälfte	$\frac{56,11}{56,11}$	$\frac{37,29}{130,29}$

R. 182. — Das Ergebnis ist die Bestätigung des R 180. Die Strahlengruppe BC hat den kleinsten Wert für A (hiez u Fig. 33).

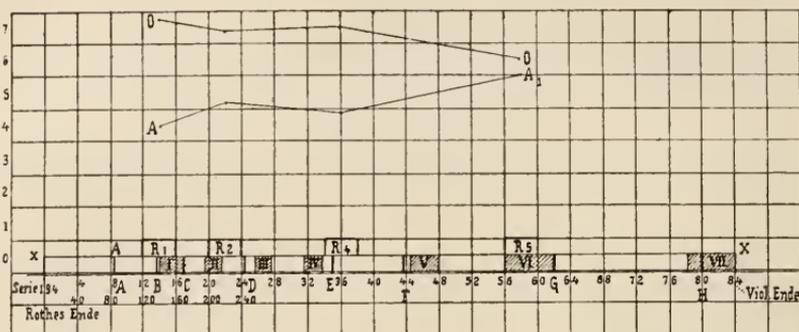


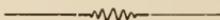
Fig. 33. Versuche im objektiven Spektrum.

Die wirkliche Länge des objektiven Spektrums beträgt 840 mm vom roten zum violetten Ende. Diese Länge wurde in Millimeter-Koordinaten so reduziert, dass 40 mm = 10 mm erscheinen. Die Strahlenbüschel, welche auf Rezipienten fallen, entsprechen den rechteckigen Flächen R 1 R 2 R 4 R 5. Die Streifen I—VII entsprechen den Absorptionsbändern des Alkoholchlorophylls. Hierauf wurden auf X X aufgetragen: A A₁ die Werte der Atmungsgröße und O O₁ die Werte der Sauerstoffproduktion. 2 cm³ = 1 mm der Ordinaten für den Sauerstoff; 1 cm³ Kohlensäure = 1 mm für die Atmung. Diese Konstruktion, auf $\frac{2}{5}$ photographisch verkleinert, bildete die Vorlage für die Abbildung.

Derartige Versuche sind, wie bekannt, zeitraubend. Günstige Lichttage sind selten. Sehr oft sind alle Vorbereitungen für die Durchführung der Versuche getroffen, die Stunde der Bestrahlung kommt, die Sonne versagt.

9. Schluss.

Gegenüber dem Aufwand von allen Pflanzen in der Atmung im Dunkeln, sind es ausserordentlich kleine Lichtintensitäten, welche ausreichen, diesen Prozess zu aequilibriren durch die Reduktion der Kohlensäure. Jedes gewonnene Kohlenstoffatom entspricht einem bestimmten Mass der potenziellen Energie für die vitalen Funktionen des Organkomplexes. Das lichtsammelnde grüne Blatt empfängt die Lichtschwingung, vernichtet ihre lebendige Kraft, setzt dieselbe in chemische Spannkraft um. Die reduzierte Kohlenstoffverbindung, das Assimilationsprodukt ist das Substrat der gewonnenen potenziellen Energie. Das Kohlenstoffatom steht im labilen Bewegungszustand, absolute Dunkelheit bringt es in die Form der Kohlensäure, eine geringste Lichtmenge bringt es zurück in die Form der verbrennlichen Substanz.



I n h a l t.

	Seite
A. Methoden der Messung und Rechnung	170
B. Versuche in absoluter Dunkelheit	179
1. Atmung als Temperaturfunktion	177
2. Absolute Maximalwerte der Atmungsgrösse	178
3. Atmung bei Temperaturen von 40—50° C und Tod	182
4. Atmung als Funktion des Gasdruckes und des Partialdruckes des Sauerstoffes	186
5. Vergleichende Bestimmung der Atmungsgrösse	191
I. Algen	191
II. Fungi	192
III. Flechten	202
IV. Musci	203
V. Gefässkryptogamen	205
VI. Phanerogamen	207
1. Licht und Dunkelheit	207
2. Der Gesamtvorgang der Keimung	208
3. Forstkeimpflanzen	213
4. Rhizome, Wurzeln und Grünstämme	215
5. Knospen im Februar und März bis April und Mai	217
6. Zweige der Holzpflanzen vom Februar bis zur Kambial- zeit und bis Oktober	219
7. Das Laubblatt	225
a) Blätter der Immergrünen im Februar und Mai	225
b) Sommergrüne Laubblätter	229
c) Durch Insekten beeinflusste Blätter	233
8. Blütenknospen und Blüten	238
a) Kleinblütige (Kätzchenblüten)	238
b) Die Abietineen	239
c) Grossblütige Pflanzen	240

	Seite
9. Von der Blütenknospe bis zur Frucht und dem Samen . . .	242
10. Phanerogamen-Parasiten und Bleichlinge	248
11. Wasserpflanzen	250

C. Potenzielle und aktuelle Energie.

1. Plasmodia der Mixomyceten	252
2. Umsetzung der potenziellen in die aktuelle Energie	254
a) Geradlinige Stämme	254
b) Laubblätter	257
3. Geopolarisation der Schwingungen	257
4. Polarisation in Weidenstecklingen	258
5. Geopolarisation in wachsenden Sprossen	260
6. Geopolarisation der Schwingungen in Kressensaatn	264
7. Geopolarisation der Schwingungen in Wurzeln	265
8. Geopolarisation der Schwingungen in Keimwurzeln	266
9. Geotropismus und Geopolarisation der Schwingungen.	
A. Wurzeln	266
B. Stämme	270
C. Die Keimwurzel hat die grössere Energie	273
10. Geopolarisation der Schwingungen in Blättern	276
11. Blattstiele in aktueller Energie	277
12. Kombination von Zuwachs der Blätter und Zweige und Torsions- Energie der Blattstiele	280
13. Geotropische Polarisation der Fichtennadeln und Übergang der potenziellen in die aktuelle Energie	281
14. Polarisation der Schwingungen in heliotropischen Zweigen	283
15. Aktuelle Energie der Schlingpflanzen	285
16. Nutirend gekrümmte Zweige	291
17. Die Ranke in aktueller Energie	292
18. Geopolarisation der Schwingungen in Infloreszenzen zygomorpher Blüten	294
19. Komplexe Schwingungen zwischen Wachstum der Zygomorphie und Energie der Resupination	295
20. Geopolarisation in aktinomorphen Infloreszenzen	298
21. Blüten mit grosser potenzieller Energie und Springfrucht	299
22. Polarisation der Schwingungen an Früchten und Samen	301
23. Äussere Arbeit und Atmung	304
24. Die Atmung und der Versuch von Knight	306
25. Zur Theorie der Wachstumserscheinungen als Energieäusserungen der Zelle.	
A. Von der Basis nach der Spitze wachsende Organe	311
B. Von der Spitze nach der Basis wachsende Organe	313
C. Molekularschwingungen in Zweigen, welche der Länge nach angewachsen sind	314

	Seite
D. Theorie der Schwingungen	316
a) Das Kugelmodell	317
b) Das Cylindermodell	317
E. Theorie der Molekularschwingungskomplexe in einem Zweig, welcher der Länge nach ausgewachsen ist	324
26. Theorie des positiven und negativen Geotropismus, der Knight'sche Versuch	331
D. Atmung während der Betrachtung	340
1. Lichtmessung	341
2. Grüne und vorzeitig vergilbte Blätter	341
3. Panachirte Blätter	341
4. Methode der Stanniolbedeckung	342
5. Lichtkegel, Stanniolversuch I	342
6. Lichtkegel, Stanniolversuch II	344
7. Lichtkegel, Stanniolversuch III im Vergleich mit dem Spektralversuch	346
8. Versuch im objektiven Sonnenspektrum	347
9. Schluss	352

