Über embryonales Wachstum und seine Tagesperiode.

Von

G. Karsten.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Unterscheidet man mit Sachs an einem in die Länge wachsenden Sproß oder einer Wurzel drei Wachstumszonen, die der Organanlage, der Streckung und der inneren Ausbildung, so hat man die erstgenannte auch wohl als die des Urmeristems oder des embryonalen Wachstums bezeichnet. Nur von dieser Wachstumszone soll hier die Rede sein.

Die Zellen des Urmeristems, oder die in embryonalem Wachstum befindlichen Zellen zeichnen sich durch Häufigkeit der Zell- und Kernteilungen aus, und man kann, von dieser charakteristischen Eigenschaft ausgehend, auch wohl, wie z. B. Pfeffer es tut[1]) (l. c. II, S. 43), bei im Teilungszustande befindlichen Algen- oder sonstigen Zellen von »embryonalen Zellen« sprechen. Dementsprechend wird man den Zellen der Cambien, der Makro- und Mikrosporen-Mutterzellen, den Gameten ausbildenden Gametangien, den Antheridien, solange sie Spermatozoiden differenzieren, den Charakter embryonaler Zellen zuerkennen müssen.

Für viele der genannten Arten embryonaler Zellen ist nun bereits festgestellt, daß die Teilungen an ganz bestimmte Tageszeiten, während ihrer Entwicklungsperiode, gebunden sind, und es beschäftigte mich seit langer Zeit der Gedanke, die Ursachen dieser Tagesperiodizität zu untersuchen.

Sehen wir zunächst einmal das vorhandene Beobachtungsmaterial an.

Sehr ausführlich berichtet Alex Braun[2]) (l. c., p. 235 ff.) über die Schwärmerausbildung von Hydrodictyon, Ulothrix zo-

nata und anderen Ulothrichaceen, Oedogonium, Chlamydococcus und Pandorina, deren Bildung durchweg des Nachts erfolge, so daß am Morgen früher oder später das Ausschwärmen vor sich gehe, wie schon Trentepohl und Meyer es für die großen Vaucheria-Zoosporen angegeben hätten. Auch die nächtliche Zellteilung von Spirogyra ward bereits von Braun festgestellt. Thuret[3]) konnte beobachten, daß die Schwärmer (Gameten) bei Cuttleria multifida mit überraschender Präzision zu Tagesanbruch austreten, also während der Nacht gebildet sein müssen, während derselbe Vorgang bei Enteromorpha stets am Nachmittage verläuft. Braun sowohl wie Thuret schrieben dem Wechsel von Tag und Nacht den entscheidenden Einfluß zu. Strasburger[4]) gelang es durch Abkühlung von Spirogyra-Kulturen auf 0^0 bis $+ 5^0$, die Teilung auf den folgenden Morgen zu verschieben, so daß als zweiter entscheidender Faktor die Temperatur erscheint.

Für Pilze finde ich nur die Angabe von Ferd. Cohn[5]), daß die Sporenbildung von Pilobolus crystallinus während der Nacht stattfinde. Dagegen scheint Ähnliches für Saprolegniaceen nicht zuzutreffen, da Claußen[6]) für diese hervorhebt, daß bestimmte Entwicklungsstufen nicht an bestimmte Tageszeiten gebunden seien. Einschlägige Beobachtungen für Meeresalgen haben sich neuerdings erheblich vermehrt, worüber ich der Zusammenstellung bei F. Oltmanns[7]) einige Angaben entnehme (l. c., II, 58). Freilich gibt Oltmanns die Zeit der Öffnung von Gametangien, Oogonien und Antheridien an, doch setzt die zum Teil außerordentliche Regelmäßigkeit der Öffnung offenbar eine ebenso regelmäßige Entwicklung und Teilungsfolge voraus. Eine derart gleichmäßige Öffnung der betreffenden Organe wird angegeben für Dasycladus nachmittags 4^{02} bis 4^{40}, Codium 12^{20} bis 12^{40} nachts, und ähnlich sollen sich Bryopsis, Ectocarpus, Fucaceen, Cladophora, Ulothrix, Monostrema, Vaucheria u. a. verhalten. Wenn die Zeiten auch naturgemäß verschieden sind, so scheint doch der Tagesanbruch bevorzugt zu sein, und Dasycladus und nach Thurets Angabe Enteromorpha mit den Entleerungen am Nachmittage stehen ganz vereinzelt da. Für Diatomeen gibt Lanterborn[8]) (l. c., S. 60, Anm.) an, daß sie sich der Regel nach des Nachts teilen, und ich kann nach meinen

zahlreichen Beobachtungen dies als den häufigsten Fall bestätigen. So konnte ich z. B. in einem überaus reichlichen Planktonfang in der Kieler Bucht von Coscinodiscus spec., dem nur Ceratium tripos beigemengt war, im Oktober 1897, vormittags ca. 10—11 Uhr, auch nicht ein einziges Exemplar in Teilung finden, obwohl sich die Art gerade in einer ihrer starken Vermehrungsperioden befand.

Für Peridineen scheinen ebenfalls bestimmte Tageszeiten für die Teilung zu bestehen; so sah Lanterborn[9]) Ceratium hirundinella ausschließlich während der Nacht in Teilung eintreten, während Mangin[10]) bei einer massenhaften Ansammlung von Ceratium cornutum feststellen konnte, daß 98 % aller Individuen sich zwischen 8 und 10 Uhr vormittags teilen und nur 2 % auf die übrigen Tageszeiten entfallen. Von sonstigen Flagellatenähnlichen Peridineen sei hier die Angabe von Klebs[11]) angeführt, der für Cystodinium bataviense einen 24stündigen Teilungsvorgang und Entleerung der Cysten frühmorgens zwischen 6 und 7 Uhr angibt, so daß wenigstens die Vollendung der Teilung auf die Nacht entfällt.

Endlich schließt sich an das vorher bereits erwähnte Verhalten von Spirogyra mit ausschließlich nächtlichen Teilungen nach L. Kurssanow[12]) auch Zygnema an, deren Teilungen nur nachts und zwar zwischen 9 und 12 Uhr erfolgen (l. c., S. 79). Und von Desmidiaceen beobachtete Lutman[13]) bei Closterium die Mehrzahl der Teilungen ebenfalls von 9 bis 12 Uhr nachts, doch in gewisser Abhängigkeit von dem Wetter (Licht und Wärme) des vorhergehenden Tages. Die neueste Angabe in dieser Frage ist diejenige von H. Kaufmann[14]), der für Cylindrocystis Brebissonii das Teilungsmaximum nachts von $^1/_2$12 bis $^1/_2$2 findet, ohne daß Teilungen zu anderer Zeit völlig ausgeschlossen sein sollen.

Diese Angaben für feste Teilungszeiten, die durchaus keine Vollständigkeit beanspruchen, beziehen sich ausschließlich auf die natürlichen Wachstumsbedingungen bei Thallophyten. Daß wir sie durch verschiedene Mittel zu verändern imstande sind, bleibt hier außer Betracht. Es ist mir dagegen nicht gelungen, ähnlich bestimmte Angaben für höhere Pflanzen aufzufinden; trotz der zahllosen Arbeiten über Zytologie scheint man sowohl

für somatische- wie Reduktionsteilungen jede beliebige Tageszeit mit gleichem Erfolge zur Fixierung des Materials verwertet zu haben. Für die Verfolgung der somatischen Zellteilungen sind mit Vorliebe Wurzelspitzen benutzt worden, die in der Tat stets gleichmäßig reichliche Teilungen im embryonalen Teile des Vegetationskegels aufweisen, und ebenso sind zu beliebigen Tageszeiten junge Antherenanlagen, wie junge Fruchtknoten der Untersuchung unterzogen. Daß es aber nicht in allen Fällen gelingt, die gewünschten Teilungszustände zu erhalten, ist mir aus eigener Erfahrung bekannt geworden, da in dem massenhaft eingesammelten Material von Gnetum-Samenanlagen, das den tropischen Temperatur- usw. Verhältnissen entsprechend in der Regel vormittags zwischen 7 und 10 Uhr eingelegt war, auch nicht eine einzige Teilung in der Embryosackmutterzelle oder im sich weiter entwickelnden Embryosack aufgefunden werden konnte, wie ich seinerzeit (l. c., S. 356—57) angegeben habe[15]). Durch welche in den natürlichen Lebensbedingungen gegebenen Faktoren nun die bei den Thallophyten deutlich vorhandenen und, nach dem letzten Beispiel, auch bei den höheren Pflanzen vielleicht nicht völlig ausgeschlossenen periodischen Verschiedenheiten in der jeweiligen Ausgiebigkeit des embryonalen Wachstums, oder sagen wir der Häufigkeit der Zellteilungen, bedingt werden, habe ich versucht festzustellen.

Sucht man zunächst nach Anhaltspunkten für die verschiedenen in Betracht kommenden Möglichkeiten, so finden sich solche, unter Voraussetzung der sonstigen Wachstumsbedingungen, in dem schon von Alex. Braun, Thuret und Strasburger hervorgehobenen Wechsel von Tag und Nacht, und in Unterschieden der Temperatur, wie es oben (S. 2) ja kurz angeführt ward. Einigen weiteren Literaturangaben kann man genauere Hinweise entnehmen. Der Einfluß des Lichtes auf Zellteilungsvorgänge findet z. B. Behandlung in einer der früheren Arbeiten von J. Sachs[16]), die in ihrer klaren Disposition und Fragestellung alle Vorzüge Sachs'scher Darstellungskunst aufweist. Hier heißt es: »Die räumlich und zeitlich geregelten Zellteilungsfolgen, auf denen die Neubildung der Pflanzenorgane beruht, finden in dem normalen Verlaufe der Vegetation ge-

wöhnlich an solchen Orten statt, welche dem unmittelbaren Einfluß des Tageslichtes ganz oder teilweise entzogen sind, und nur wenige Arten von Zellbildungen erfolgen an solchen Stellen, welche ihm einen ungeschwächten Zutritt gestatten.« Nach Hinweis auf unterirdische Organe fährt Sachs fort: »Selbst an oberirdischen Pflanzenteilen treten aber die Vorgänge der Zellteilung oft in tiefer Dunkelheit ein. Das zellenbildende Cambium älterer Baumstämme und mehrjähriger Äste ist gewöhnlich von einer undurchsichtigen Borke umhüllt; die erste auf Zellteilung beruhende Bildung nächstjähriger Sprossen findet oft in einer Umhüllung zahlreicher Schuppen statt, von denen zwar jede einzelne ziemlich durchscheinend ist, die aber zusammen eine opake Hülle darstellen (Aesculus); so erfolgt auch die erste Anlage des Blütenstandes unserer Gramineen in der verdunkelnden Umhüllung der Blattscheiden, welche bei den Cerealien allerdings keine vollständige ist, bei Zea-Mais aber, bei der großen Zahl der umhüllenden Scheiden gewiß einen so hohen Grad erreicht, daß bis zu den verborgenen Bildungsstätten der Infloreszenzen ein dem menschlichen Auge kaum mehr wahrnehmbares Licht vordringt.« Nachdem Sachs dann einige dieser anscheinenden Regel offenbar widersprechende Beispiele, wie die Bildung von Spaltöffnungsschließzellen auf der Oberseite der Blätter bei Beta angeführt hat, heißt es weiter: »Es werden weitere Untersuchungen zeigen, ob jene Zellbildungen, welche ihrer Lage nach einem ungeschwächten Lichte preisgegeben sein würden, nicht vielleicht periodisch in der Nacht fortschreiten und am Tage in den Übergangsstadien verharren«. Eine solche Vermutung werde nahegelegt durch den Umstand, »daß sich mit zunehmender Höhe der Organisation auch das Streben immer deutlicher geltend mache, die Zellbildungsherde dem Lichte möglichst zu entziehen«. Alsdann wird auf die hier vorangestellten periodischen Erscheinungen bei den Algen hingewiesen.

In seiner Experimentalphysiologie[17]) (S. 30) formuliert Sachs dieselben Gedanken so: »Es ist, wie ich glaube, ein allgemeines Gesetz, welches sich mit steigernder Vollkommenheit der Organisation, d. h. mit fortschreitender Teilung der physiologischen Arbeit in verschiedene Organe, mehr und mehr geltend macht,

daß die chlorophyllhaltigen Assimilationsorgane diejenige Form und Stellung annehmen, durch welche sie für das Auffangen der Sonnenstrahlen in die günstigste Lage versetzt werden, wogegen die zur Neubildung von Organen oder Geweben bestimmten Teile des Pflanzenkörpers (Knospen, Cambium usw.) sich durch verschiedenartige Umhüllungen gegen den unmittelbaren Einfluß des Lichtes schützen, und wo dies bei der Einfachheit und Durchsichtigkeit der Pflanze nicht tunlich ist, da scheint in gleichem Sinne eine zeitliche Verteilung derart stattzufinden, daß am Tage die Stoffbildung, in der Nacht die Neubildung der Zellen sich vollzieht«.

Da die tatsächlichen Verhältnisse bei den Algen ja offenbar vielfach dieser Voraussicht entsprechen, wenn auch mit mehr oder minder großer Genauigkeit, wofür die verschiedene Organisation der verschiedenen Arten allein verantwortlich gemacht werden kann, so kam es darauf an zu sehen, ob sich für höhere Pflanzen ebenfalls eine derartige Tagesperiodizität feststellen läßt.

Die geeignetsten Organe für die Untersuchung waren ja offenbar die Vegetationspunkte, und als Maß des embryonalen Wachstums ließ sich kein anderes finden, als zu den verschiedenen Tageszeiten die in vergleichbaren Gewebemassen vorhandenen Zell- oder Kernteilungen auszuzählen. Vergleichbar sind entweder die Summe der durch den Vegetationspunkt gelegten Schnitte, was nur für kleinere Vegetationsscheitel in Betracht kommt, oder die medianen Schnitte, deren auszuzählende Flächeneinheit mit dem Objekt-Kreuztisch festgestellt werden kann.

Die ersten Versuche reichen noch in meinen Bonner Aufenthalt (1908/09) zurück; sie waren mit Wurzeln von Vicia Faba angestellt und hatten nur das Ergebnis, daß sich der außerordentlich große Einfluß des Temperaturwechsels herausstellte und damit die Unmöglichkeit, ohne Herstellung konstanter Außenbedingungen, bezw. konstanter Temperaturen ein brauchbares Resultat zu erreichen.

So wurden die Versuche einstweilen abgebrochen und konnten erst in Halle unter günstigeren Bedingungen wieder aufgenommen werden. Hier stand ein sehr geräumiger Ther-

mostat zur Verfügung, der eine große Menge von Töpfen aufnehmen konnte. Die zu benutzenden Samen wurden von Beginn des Einquellens ab völlig dunkel gehalten und nach zirka 24 Stunden zu 10 bis 15 in die mit Sägespähnen gefüllten Töpfe gesteckt. So kamen sie in den jedes Licht abschließenden Thermostaten, der durchweg auf 25° eingestellt war. Für bestimmte Versuchsserien konnte der Thermostat mittels einer Liliput-Bogenlampe von 500 Kerzen belichtet werden; die Lampe ward 1 m von den Pflanzen entfernt gehalten, durch die Glasglocke der Lampe und das Fenster des Thermostaten von ihnen getrennt.

Bei den Versuchen und bei der Herrichtung der Präparate hatte ich mich der Hilfe des Herrn Dr. J. Nitzschke zu erfreuen, der in die Mikrotom- und Färbetechnik gut eingearbeitet war. Ich möchte ihm auch an dieser Stelle meinen Dank dafür aussprechen.

Die Fragestellung für unsere Versuche war zunächst die: Läßt sich für die Vegetationspunkte höherer Pflanzen eine Periodizität des embryonalen Wachstums nachweisen, die in einer periodisch wechselnden Zahl der im Vegetationspunkt verlaufenden Kernteilungen zum Ausdrucke gelangt? Ist es auch kaum wahrscheinlich, daß sich die Teilungen derart zusammendrängen wie in den einzelligen Organen niederer Algen, so wird doch vielleicht eine periodische Häufung des Vorganges zu bestimmten Tageszeiten nachweisbar sein, während sie in den übrigen Tageszeiten eine mehr gleichmäßige Höhe einhalten.

Für die Versuche wurden zunächst Wurzelvegetationspunkte gewählt. Als geeignete Versuchspflanze erschien Vicia Faba. Die starken Keimwurzeln der Pflanze wurden topfweise zu den bestimmten Zeiten in Länge von 1 bis 1,5 cm abgeschnitten und sogleich im Flemmingschen Gemisch (schwächere Lösung) fixiert, nach 24 Stunden ausgewaschen und in der bekannten Weise in Paraffin überführt. Eine solche Wurzelspitze liefert nun eine außerordentlich große Zahl von Schnitten, so daß deren vollständige Durchzählung einfach unmöglich gewesen wäre. Es wurden daher die medianen Schnitte mit möglichster

Sorgfalt ausgesucht und diese, je einer von jeder Wurzel, auf vorhandene Kern- und Zellteilungen hin untersucht[18]). Die äußersten Zellreihen der Wurzelhaube blieben ausgeschlossen, da sie ausgewaschen sind. So ward mit Hilfe der Kreuztisch-Verschiebungen 1 mm weit der Wurzellängsschnitt abgesucht und die gefundenen Teilungen in die üblichen Rubriken Prophase, Metaphase, Anaphase und Telophase eingetragen, denen ich noch die erste sichtbar werdende Auflockerung der Kerne in kurz vor Eintritt in die Teilung stehenden Zellen als fünfte resp. erste Rubrik hinzufügte. Die Fixierungen wurden zunächst etwa alle zwei Stunden vorgenommen. Hiernach wird die folgende Tabelle (s. Tabelle I, S. 9 und 10) verständlich sein.

Nach dieser Tabelle I ist die große Zahl der während des ganzen Tageslaufes beobachteten Zell- resp. Kernteilungen ersichtlich. Eine geringe Erhöhung der Zahl weisen die Zeiten von 7—11 Uhr nachts auf, während nachmittags $4^1/_2$ Uhr eine starke Verminderung sich zeigt. Die Differenzen unter den einzelnen Wurzeln sind meist gleichmäßig, nur bei einem kleinen Prozentsatz größer, zum Teil außerordentlich groß, doch schien es mir nicht richtig, einzelne auszuschließen, auch wenn sie (wie z. B. 9 abends) sehr aus der Reihe fallen. Immerhin hielten diese mehr zufälligen erheblichen Differenzen mich ab, die hohe Mittelzahl als Andeutung einer periodischen Steigerung der Teilungszahl anzunehmen. Wünschenswert mußte es daher sein, eine genauere Reihe mit nur einstündigen Intervallen zu erhalten. Dazu wurden Wurzeln von Zea verwendet, die an vier Tage alten Keimlingen gewonnen waren. Die Auswahl des jeweiligen medianen Schnittes ist hier erleichtert durch die den Gramineenwurzeln eigene Einsenkung des Wurzelscheitels, in welche die Wurzelhaube sich vorwölbt. Die Zählung ward außerdem derart verändert, daß jede Verschiebung des Objekts, die doch immer Ungenauigkeiten verursachen könnte, ausgeschlossen blieb und lediglich das Gesichtsfeld ausgezählt wurde, wobei von der Wurzelhaube noch so viel hinzugenommen ward, als in fünf Zellreihen vom Pleromscheitel ab gerechnet darauf entfiel. Die Zahlen mußten also naturgemäß kleiner ausfallen als bei Tabelle I, aber es handelt sich ja lediglich um die Verhältnisse der einzelnen Tageszeiten zueinander.

Tabelle I.

Vicia Faba, Wurzeln von jungen Keimlingen. Thermostat 25°.
Mediane Längsschnitte 1 mm vom Scheitel auf dem Kreuztisch.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	
10½	11	14	13	8	15	61		Zeiß-Apochr. 4 mm, Oc. 8 = 500/1
	11	17	10	10	19	67		
	13	11	14	5	15	58	62,6	
	15	18	6	12	14	65		
	17	17	9	10	9	62		
12	7	16	12	10	14	59		
	13	12	6	10	8	49	56	
	7	19	9	12	9	56		
	11	14	8	15	12	60		
2	6	10	8	11	10	45		
	10	22	14	7	8	61	58,75	
	7	18	19	14	6	64		
	9	15	16	17	8	65		
3	12	9	3	10	6	40		
	9	11	8	5	10	43	45,5	
	9	12	8	12	5	46		
	11	10	6	12	14	53		
4½	2	6	8	8	5	29		
	3	5	12	7	6	33	26	
	0	1	1	1	11	5		
	4	7	9	15	2	37		
5	11	13	6	9	20	59		
	15	14	4	5	13	51	55,3	
	8	12	9	9	18	56		
7	23	16	12	11	12	74		Nachtzeit. von 6 Uhr abd.-6 Uhr morg. sind unterstrichen
	27	23	13	16	17	96		
	11	14	13	17	16	71	72,16	
	9	14	4	11	9	47		
	18	17	9	16	17	77		
	20	21	9	13	5	68		
9	13	32	18	16	9	88		
	18	28	31	19	15	111	72,5	
	16	22	10	17	14	79		
	4	6	2	—	—	12		
11¼	2	6	4	8	16	36		
	11	22	10	12	18	73	71,5	
	17	32	17	11	25	102		
	8	20	16	20	11	75		
1½	13	22	15	11	10	71		
	11	22	9	4	14	60		
	23	27	10	4	11	75	62,8	
	11	9	6	5	25	56		
	17	15	5	5	10	52		

Tabelle I (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel
3	17	19	10	15	11	72	
	9	15	16	5	5	50	
	11	15	8	2	12	48	
	8	25	10	9	19	71	58,7
	4	26	15	12	7	64	
	10	16	3	5	12	46	
	12	14	16	7	11	60	
$^3/_4$ 5	10	20	12	11	14	67	
	16	19	12	17	23	87	
	21	9	5	11	6	52	66,8
	17	13	12	12	8	62	
	6	13	12	17	18	66	
7	10	5	4	3	8	30	
	3	10	23	7	7	50	
	5	10	8	3	4	30	43,5
	5	6	14	13	14	52	
	13	10	16	5	11	55	
9	15	18	11	11	13	78	
	8	11	15	5	18	57	
	9	11	14	15	11	60	62
	8	10	16	8	8	50	
	12	17	16	12	8	65	

Die durchgeführte Stundenzählung ergibt nun durchweg gleichartige Resultate, wo keinerlei Auf- oder Abstieg, noch eine plötzliche Steigerung wahrzunehmen ist. Das embryonale Wachstum verläuft also, nach den Zellteilungen zu schließen, bei den Wurzeln den ganzen Tag (zu 24 Stunden gerechnet) gleichmäßig, sobald gleiche äußere Wachstumsverhältnisse, wie Temperatur, Feuchtigkeit usw. gewährleistet sind. Ob aber vielleicht das Alter der Wurzeln einen Unterschied machen kann, erscheint nicht ausgeschlossen, da die sieben Tage alte Wurzel, gegenüber der vier Tage alten, zur gleichen Zeit ($2 - 3^1/_2$ und 3 Uhr) einen nicht ganz unbeträchtlichen Unterschied aufweist. Doch liegt die Entscheidung dieser Frage außerhalb unserer Fragestellung. Das Resultat des durchweg mit geringen Schwankungen gleichmäßig fortschreitenden embryonalen Wachstums der Wurzeln war nach den bisherigen Erfahrungen, die an Wurzeln jederzeit eine große Menge von Teilungszuständen in den embryonalen Wachstumszonen auffinden ließen, nicht unerwartet. Die gleichmäßigen

Tabelle II.

Zea-Wurzeln in Sägespänen. Thermostat 25°. Dunkel; medianer Längsschnitt. Gesichtsfeld ca. 5 Kerne vom Pleromscheitel aus gezählt, so daß keine Verschiebung.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	
10	1	1	4	4	2	12		Zeiß-Apochr. 4 mm, Oc. 8. 4 Tage alt
	—	1	4	6	—	11	12	
	1	2	5	3	3	14		
	1	—	4	4	2	11		
11	—	—	3	3	2	8		
	—	—	3	4	1	8	8,6	
	1	1	1	6	1	10		
12	1	3	6	7	3	20		
	1	—	7	8	—	16		
	—	2	4	5	—	11	13,4	
	—	3	2	4	—	9		
	—	2	6	3	—	11		
1	1	2	3	6	2	14		
	2	2	3	4	2	13		
	2	2	2	6	—	12	13,6	
	—	1	4	9	2	16		
	—	2	6	2	3	13		
2	1	—	6	4	—	11		
	—	—	4	3	1	8		
	1	3	4	4	—	12	11,4	
	—	1	8	5	2	16		
	—	2	5	2	1	10		
$3^1/_2$	1	1	5	10	2	19		
	2	—	5	4	—	11		
	—	—	7	2	3	12	14,4	
	—	2	7	5	2	16		
	—	1	4	8	1	14		
4	—	2	3	3	4	12		
	—	1	1	6	3	11	12	
	—	1	8	3	—	12		
	—	2	4	7	—	13		
5	2	—	3	10	1	16		
	2	1	9	9	—	21		
	—	—	7	8	2	17	15,3	
	—	1	4	3	—	8		
	—	2	7	5	—	14		
	—	3	7	6	—	16		
6	—	—	10	—	4	14		Nachtzeit. von 6 Uhr abd.-6 Uhr morg. sind unterstrichen
	—	—	5	4	1	10	9,6	
	—	—	1	4	—	5		
7	1	2	3	6	2	14		
	—	1	4	6	—	11		
	—	2	3	4	—	9	10,6	
	—	1	4	3	1	9		
	—	2	3	5	—	10		

Tabelle II (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel
8	—	2	2	2	1	7	
	—	1	4	2	2	9	7,3
	—	—	2	4	—	6	
9	—	—	1	7	—	8	
	—	1	1	—	—	2	6,5
	—	—	1	1	1	3	
	1	2	5	2	3	13	
10	1	1	3	2	3	10	
	1	1	3	5	4	14	10,25
	—	—	4	5	1	10	
	—	1	3	2	1	7	
11	—	1	1	3	1	6	
	—	1	2	3	—	6	
	—	—	2	3	—	5	7,2
	—	—	1	4	5	10	
	—	—	3	6	—	9	
12	—	—	3	6	2	11	
	—	—	1	2	—	3	
	—	—	2	1	—	3	7,6
	—	—	4	4	2	10	
	—	1	4	4	2	11	
1	—	—	1	3	4	8	
	1	1	3	1	3	9	9,75
	1	—	2	4	2	9	
	3	2	4	2	2	13	
2	1	3	4	6	3	17	
	—	2	6	2	—	10	
	—	3	5	5	2	15	12,6
	1	3	1	4	4	13	
	—	—	7	—	1	8	
3	—	—	5	8	1	14	
	3	1	4	—	—	9	10,5
	1	3	2	7	1	14	
	—	—	1	4	—	5	
4	—	2	1	5	—	8	
	1	2	6	4	—	13	9,3
	—	—	3	4	—	7	
5	1	—	5	9	—	15	
	1	2	4	2	3	12	13,5
	2	1	5	3	1	12	
	4	2	2	6	1	15	
6	2	4	4	8	3	21	
	1	—	3	6	4	14	15,5
	3	3	2	2	2	12	
	1	1	7	3	3	15	
7	—	3	9	6	2	20	20

Tabelle II (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	
8	1	3	3	6	5	18		
	—	5	3	3	4	15	17	
	7	2	4	5	—	18		
9	—	7	9	7	—	23		
	4	2	3	2	—	11	17,6	
	—	—	6	10	3	19		
3	2	3	10	5	3	23		7 Tage alt
	—	3	10	8	—	21		
	2	5	13	4	2	26	20,6	
	2	2	4	9	6	23		
	—	3	6	1	—	10		

Wachstumsverhältnisse, sofern nicht etwa zu große Austrocknung eintritt, lassen das Ergebnis ja fast vorhersehen, da die wechselnden Lufttemperaturen sich dem Boden doch nur langsamer und mit gemilderten Abstufungen mitteilen können und andere das Wachstum beeinflussende Faktoren, denen die Sprosse ausgesetzt sind, wie vor allem das Licht, vollständig fehlen. Es galt also zunächst Sproßvegetationspunkte zu untersuchen, und zwar ebenfalls unter Lichtausschluß.

Die Sproßkegel sind meist viel weniger umfangreich als diejenigen der Wurzeln, so konnte hier die Zählung der gesamten Schnitte, also die Feststellung der im ganzen Vegetationskegel vorhandenen Teilungen des embryonalen Gewebes vorgenommen werden. Über den verschiedenen Umfang der einzelnen Kegel gibt die letzte Reihe der Tabelle Auskunft, indem sie die Zahl der den Kegel zerlegenden Schnitte angibt. So ist die Genauigkeit hier jedenfalls eine größere, da man an der Zuverlässigkeit, daß die medianen Schnitte wirklich vergleichbare Größen darstellen, vielleicht doch Zweifel hegen kann, wenn sich auch kein besseres innerhalb der Grenze der Möglichkeit liegendes Mittel in dem Falle der Wurzeln ausfindig machen ließ. Die Zeitintervalle sind in Tabelle III (s. S. 14 u. 15) annähernd 2 Stunden gewesen. Diese Tabelle zeigt ein deutliches Maximum, das auf die Zeit von $^1/_2$10 Uhr abends bis $^1/_2$2 Uhr nachts entfällt, es wird vermutlich, da bereits um 8 Uhr ein Anschwellen erkennbar ist, das sich bis 11^{45} steigert, hier die Höhe noch nicht ganz erreicht haben, also zwischen 12 und

Tabelle III.

Pisum sativum-Sproßvegetationspunkte. 4 Tage alt. Keimlinge im Thermostaten 25°. Dunkel. Ganzer Vegetationskegel gezählt.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte	
9	1	1	1	2	2	7	8	10	Zeiß-Ap. 4 mm, Oc. 8
	1	2	2	1	3	9		10	
$10^3/_4$	—	—	3	1	4	8		9	
	—	—	3	1	3	7	9,25	9	
	2	2	3	1	2	10		9	
	2	3	2	3	2	12		9	
1^{10}	2	3	2	2	3	12		9	
	0	1	4	1	4	10		9	
	2	—	—	—	4	6	9,83	10	
	1	1	3	1	5	11		10	
	—	2	2	—	7	11		10	
	1	1	2	2	3	9		8	
$3^1/_4$	5	—	2	—	1	8		9	
	3	3	3	—	2	11		9	
	2	2	3	1	—	8	8	9	
	1	1	—	—	3	5		7	
	1	3	3	1	—	8		9	
5^{20}	2	1	1	3	1	8		9	
	2	5	6	1	—	14		10	
	3	2	1	3	—	9	9,8	10	
	2	1	4	1	2	10		9	
	2	2	2	2	—	8		8	
$7^3/_4$	—	7	4	2	9	22		9	
	2	4	2	—	1	9	14	6	
	1	2	—	—	—	3		7	
	1	7	7	3	4	22		9	
$9^1/_2$	3	4	5	1	10	23		7	
	2	4	—	1	6	13		7	
	2	7	6	5	4	24		7	
	—	3	4	3	2	12	**20**	10	
	4	8	5	4	5	26		10	
	1	4	5	5	4	19		6	
	2	7	7	2	5	23		7	
$11^3/_4$	2	10	5	2	2	21		8	
	4	5	6	3	5	23	**21,3**	8	
	2	3	6	6	3	20		10	
1^{40}	3	8	5	2	3	21		10	
	4	4	7	—	2	17		9	
	5	3	8	—	—	16	**21,16**	9	
	3	3	7	—	—	13		9	
	6	5	9	8	2	30		10	
	2	7	14	7	—	30		9	

Tabelle III (Fortsetzung).

Zeit	Auflok-kerung	Pro-phase	Meta-phase	Ana-phase	Telo-phase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
$3^1/_2$	2	5	2	1	3	13		7
	—	3	13	1	2	19		9
	2	2	1	3	5	13	13,83	9
	1	2	4	3	9	19		7
	1	7	1	1	9	19		9
6^{05}	1	5	1	1	1	9		9
	1	1	2	1	1	6	6,75	8
	—	—	1	1	2	4		7
	—	2	3	3	—	8		11
8	1	2	1	3	3	10		9
	2	3	2	1	1	9	8,25	8
	1	2	1	1	1	6		6
	2	3	3	—	—	8		7

1 Uhr nachts liegen. Um 3 Uhr nachts ist ein erheblicher Abfall zu verzeichnen, der weiter zu dem morgens 6 Uhr gefundenen Minimum führt. Der Rest des Tages hält sich mit geringen Schwankungen auf etwa gleicher Höhe. Daß die Keimlinge völlig unter Lichtabschluß erwachsen, die Periode also nicht direkt vom Licht bedingt sein kann, wird uns noch weiter beschäftigen.

Zunächst kommt es darauf an, mehr Material zusammenzubringen. Ob ferner die Periode einer Pflanzenart, oder vielleicht auch nur einer Rasse, stets die gleiche Lage haben wird, ob es sich also um individuelle oder spezifische Eigentümlichkeiten handelt, ist a priori auch nicht zu sagen. Aus dem Grunde bedauere ich, von Pisum keine weiteren Kulturen gemacht zu haben. Andererseits ist es keine günstige Pflanze; die Kerne sind klein, und bei der schnellen Entwicklung der Blattknospen und ihrer Axelsprosse ist es nicht immer leicht, den Haupt-Vegetationspunkt des Pflanzensprosses, auf den es allein ankommen kann, unter immerhin zahlreichen Schnitten, die durch die ganze Knospe geführt sind, herauszufinden; besonders ist dabei auch die scharfe Nutationskrümmung des Sproßgipfels hinderlich.

Aus all diesen Gründen ist weiterhin mit Zea-Mais, und zwar einer großen amerikanischen Sorte von Pferdezahnmais (Haage & Schmidt) gearbeitet worden, die sich durch große

Tabelle IV.

Zea-Sproßvegetationspunkte. Thermostat 25°. Dunkel.
Junge Keimlinge gerade durch die Sägespähne durchgebrochen, alle Schnitte gezählt.
4 Tage alt.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte	
9 1/2	—	3	3	1	—	7	6	7	Zeiß-Ap. 4 mm Oc. 8
	2	2	1	—	—	5		6	
11 1/4	2	3	7	2	1	15		8	
	2	2	6	1	1	12		6	
	3	5	7	4	7	26		8	
	1	4	8	3	3	19	16,14	5	
	—	2	1	—	7	10		6	
	—	2	2	3	3	10		8	
	1	5	8	3	4	21		6	
12	2	3	10	3	3	21		8	
	1	3	1	—	1	6		7	
	1	3	5	—	—	9		8	
	2	1	5	1	2	11	13,5	8	
	2	5	5	6	3	21		8	
	1	2	—	—	10	13		8	
2 1/4	1	3	4	3	—	11		6	
	—	1	4	1	—	6	8,3	7	
	—	2	3	2	1	8		5	
3 1/4	1	1	5	1	—	8		6	
	1	6	13	—	2	22		8	
	1	2	9	1	1	14	12,2	6	
	—	—	3	—	1	4		9	
	3	2	7	1	—	13		5	
5 1/4	1	5	6	2	2	16		5	
	1	5	4	2	—	12		8	
	1	2	5	1	1	10		8	
	1	—	2	1	1	5	12,4	5	
	1	3	5	2	1	12		8	
	1	4	6	2	—	13		7	
	1	5	9	3	1	19		6	
7 1/4	1	2	5	1	—	9		6	
	1	2	3	3	1	10		6	
	—	3	7	—	1	11		6	
	—	2	5	—	—	5	9,3	5	
	1	3	8	—	—	12		6	
	—	4	5	—	—	9		8	
9	—	5	5	1	—	11		7	
	1	4	9	—	—	14		6	
	1	1	10	1	4	17	18,8	7	
	2	5	15	1	—	23		10	
	5	10	16	1	—	32		8	
	5	3	9	3	1	21		6	
	1	4	5	2	2	14		8	

Tabelle IV (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
10	2	1	10	6	2	21		6
	2	3	6	1	11	23		8
	—	—	8	6	1	15	**21,8**	6
	1	5	14	3	—	23		8
	—	3	13	4	7	27		9
12	1	2	12	1	3	19		7
	—	3	7	1	2	13		6
	4	6	15	3	9	37	**27,4**	7
	3	10	27	8	—	48		9
	—	11	5	2	2	20		7
2	1	7	27	1	1	37		8
	1	2	20	10	2	35		7
	2	11	21	—	—	34	**28,4**	9
	2	4	16	2	2	26		6
	—	2	7	—	1	10		5
$4^1/_4$	4	11	13	6	2	36		9
	2	4	15	—	1	22		7
	—	2	23	1	—	26	**31,3**	10
	2	10	18	—	—	32		7
	—	10	19	3	2	34		8
	—	14	24	—	—	38		8
6	2	3	5	3	2	15		6
	3	3	3	7	8	24		7
	3	4	2	6	13	28	**21,5**	5
	1	—	1	—	8	10		6
	1	3	11	9	2	26		6
	1	—	10	10	5	26		6
8	4	2	6	3	5	20		6
	7	—	1	3	9	20		7
	4	3	4	1	—	12	20,4	5
	2	1	4	18	—	25		7
	5	2	6	8	4	25		7

Kerne auszeichnet. Die Kerne der Vegetationspunkt-Zellen haben nach kürzlich vorhergegangener Teilung hier höchstens die halbe Größe der ausgewachsenen, die in absehbarer Zeit sich wieder teilen würden, ein Unterschied, der mir sonst nirgends so sehr aufgefallen ist. Es wurden stets alle Schnitte durchgezählt, und zwar rechnete ich den Vegetationskegel bis an die nächste, in Ringwallform hervortretende Blattanlage, so daß die Größe des Kegels wechseln mußte und daraus Ungleichheiten entstehen müssen, die aber unvermeidlich waren.

Betrachtet man zunächst die Größenverhältnisse der Vege-

tationspunkte, so wechselt die Zahl der Schnitte, in die ein vollständiger Kegel zerlegt werden konnte, zwischen 5 und 10. Daß die Zahlen der Kern- und Zellteilungen trotzdem vielfach davon unabhängig bleiben, besonders während des normalen Tagesverlaufes, geht aus dem Vergleich ja ohne weiteres hervor; auch trifft es meist für die Zeit der Steigerung des embryonalen Wachstums zu. Diese Steigerung liegt hier etwa von 12 Uhr nachts bis 6 Uhr morgens, und zwar so, daß wohl 4 Uhr den Höhepunkt treffen dürfte. Der Anstieg ist bereits von 10 Uhr abends an deutlich, der Abfall ist ebenso allmählich um 6 Uhr und um 8 Uhr morgens noch zu erkennen. Der plötzliche Abfall um $^1/_2$10 Uhr dürfte etwas zu stark ausgefallen sein, da mir hier zufälligerweise nur zwei Vegetationspunkte zum Vergleich übrig geblieben waren. Doch stimmt im übrigen ja der starke und plötzlich erfolgende Fall zum Minimum mit den Verhältnissen bei Pisum überein. Der Verlauf während des weiteren Tages wechselt mehr oder weniger stark, genau so wie es sich bei Pisum ergeben hatte. Auch diese Kultur war vom Einquellen der Samen ab völlig im Dunkeln aufgewachsen, die Periode ist also von direktem Lichteinfluß unabhängig. Zur weiteren Feststellung ward noch eine Serie mit einer Stunde Intervall durchgeführt.

Für Tabelle V (s. S. 19, 20, 21) gilt im wesentlichen dasselbe, was für Tabelle IV (s. S. 16 u. 17) gesagt ward. Die Zahl der Schnitte, die durch einen Vegetationskegel gelegt werden konnte, stieg bis auf 13 in einzelnen Fällen, während keiner weniger als fünf aufzuweisen hatte. Natürlich bleibt eine solche Größendifferenz auf die Zahl der Teilungen im embryonalen Gewebe nicht ganz ohne Einfluß, doch sind hier die Zahlen, aus denen das Mittel für die einzelnen Tagesstunden zu bilden war, ziemlich gleichmäßig. Die starke Steigerung stimmt genau mit der in Tabelle IV registrierten überein. Um 10 Uhr abends ist der erste Beginn, der nicht ohne kleine Rückschläge bis 1 Uhr anhält, dann steigt die Kurve rapide über 2 und 3 Uhr, bis um 4 Uhr nachts, wo der höchste Stand erreicht ist, um über 5 und 6 Uhr morgens zu 7 Uhr hin abzufallen. Der weitere Abfall zu 8 Uhr ist nicht so steil, auch bleiben die Tageszahlen ziemlich hoch, und ein Minimum zeigt sich nach vielfachen Schwankungen erst abends

Tabelle V.

Zea-Sproßvegetationspunkte im Dunkeln gezogen.

Thermostat 25°. Zu den Wurzeln gehörig, von Tabelle II, 4—5 Tage alt, 2 bis 5 cm lang, fixiert.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte	
10	1	1	4	4	4	14		7	Zeiß-Ap. 4 mm, Oc. 8
	3	2	10	4	2	21		8	
	1	—	9	1	7	18	19,6	8	
	1	1	11	2	10	25		9	
	—	1	14	4	1	20		8	
11	5	2	13	3	3	26		9	
	3	6	9	5	3	26		9	
	3	2	11	4	4	24	23,8	10	
	—	5	4	7	4	20		9	
	2	4	10	3	4	23		9	
12	1	1	6	4	2	14		5	
	2	2	8	7	6	25		11	
	1	1	7	9	3	21	20	8	
	1	—	10	7	1	19		7	
	3	2	7	4	5	21		10	
1	3	5	10	4	1	23		12	
	3	2	13	12	4	34		10	
	—	3	11	—	4	18	22,8	5	
	1	4	16	5	1	27		13	
	—	2	4	5	1	12		9	
2	1	3	13	4	2	23		8	
	2	3	9	3	4	21		8	
	6	6	5	2	7	26	21,4	9	
	3	4	5	4	5	21		8	
	3	2	7	3	1	16		8	
$3^1/_2$	5	2	—	4	4	15		11	
	3	2	3	3	4	15	16	7	
	3	4	7	5	5	24		8	
	3	2	—	3	2	10		7	
4	3	3	1	1	5	13		9	
	3	3	2	6	2	16		7	
	3	2	5	3	3	16	17,6	7	
	3	3	4	4	4	18		8	
	1	6	10	4	4	25		8	
5	—	2	3	3	1	9		6	
	—	6	1	3	1	11	11	6	
	2	4	5	2	1	14		8	
	1	2	5	1	1	10		6	
6	1	6	1	4	1	13		7	
	—	7	6	6	2	21	19	8	
	2	6	6	7	2	23		10	

Tabelle V (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
7	3	2	—	—	3	8		10
	2	3	2	3	3	13		9
	2	2	4	6	1	15	10,8	11
	—	3	—	1	—	4		9
	—	3	2	5	4	14		9
8	1	2	6	1	4	14		8
	—	4	—	2	—	6		9
	—	3	—	1	2	6	9,4	8
	1	4	2	—	2	9		8
	—	2	4	3	3	12		11
9	2	—	2	2	5	11		9
	3	4	1	1	2	11	8,75	8
	2	2	—	—	1	5		7
	—	—	2	1	5	8		9
10	1	4	2	—	6	13		8
	5	4	—	6	5	20		8
	4	4	3	6	8	25	20,8	10
	4	6	3	2	4	19		8
	7	8	1	7	4	27		11
11	1	6	3	1	7	18		7
	2	4	4	3	3	16		8
	1	6	—	7	3	17	18,6	9
	—	5	2	13	2	22		10
	1	8	1	2	8	20		9
12	4	—	—	1	4	9		6
	3	9	4	5	3	24		7
	5	6	1	6	4	22	21,4	9
	5	3	3	4	8	23		8
	9	10	2	3	5	29		7
1	6	6	3	5	6	26		8
	4	3	4	1	5	17		7
	1	5	2	4	3	15	19,4	7
	4	7	1	5	3	20		7
	5	5	1	2	6	19		8
2	6	8	2	—	8	24		7
	5	11	5	4	3	28		9
	5	10	1	3	8	27	**25,6**	9
	5	5	1	4	5	20		8
	7	5	6	1	10	29		9
3	4	10	5	8	9	36		9
	5	11	9	4	4	33		9
	5	9	3	4	12	33	**35,4**	9
	10	10	6	5	8	39		10
	7	9	6	5	9	36		8

Tabelle V (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
4	11	7	6	4	6	34		9
	11	6	5	7	11	40		8
	11	10	7	6	10	44	**40**	11
	7	11	6	5	10	39		9
	8	12	8	4	11	43		9
5	8	8	7	3	8	34		10
	7	4	4	2	7	24		9
	3	6	2	8	10	29	**27,4**	12
	4	7	3	2	11	27		9
	8	4	3	1	7	23		8
6	6	7	7	5	3	28		7
	8	5	5	4	4	26		8
	7	5	4	4	8	28	**26,4**	11
	4	8	4	3	6	25		8
	4	6	6	2	7	25		8
7	1	6	2	3	10	22		9
	3	2	—	3	9	17	18,66	9
	6	3	1	2	5	17		8
8	4	3	2	2	4	15		7
	4	4	2	3	7	20		7
	6	2	4	1	6	19	17,2	8
	3	3	2	4	6	18		8
	3	6	1	2	2	14		7
9	6	4	4	4	8	26		8
	6	4	3	3	5	21		9
	5	6	2	3	9	25	22,6	11
	4	5	3	7	2	21		9
	6	6	2	—	6	20		10

um 8 bis 9 Uhr. Die völlig übereinstimmende Lage des Maximums um 4 Uhr nachts ist also der entscheidende Punkt, auf den das Gewicht dieser Dunkelkulturen von Zea Mais zu legen ist.

Nun fragt sich, wie verhält sich denn ein tagsüber normal belichteter Sproßscheitel von derselben Maissorte? Es wurden also unter denselben Vorsichtsmaßregeln neue Kulturen angesetzt, die jedoch, mit dem ersten Auftauchen des Kotyledons über der Substratoberfläche begonnen, regelmäßig von morgens 6 bis abends 6 Uhr mit der Liliput-Bogenlampe von 500 Kerzen Intensität in 1 m Entfernung belichtet wurden. Um Resultate einer Belichtung wirksam werden zu lassen, mußte dieser Versuch erheblich länger dauern. Die Pflanzen ergrünten dabei

normal, entwickelten kräftige Blätter und hatten vollkommen gesundes kräftiges Aussehen. Der Versuch ward am zehnten Tage, vom Austritt der Keimlinge ab gerechnet, abgebrochen; die Pflanzen waren 14—15 Tage alt.

Die Blattscheiden der Pflanzen waren kräftig entwickelt und der Vegetationskegel darin nicht mehr so leicht beim Fixieren aufzufinden. Bei den bisherigen Dunkelkulturen zeigte eine kleine, äußerlich fühlbare Schwellung den letzten Knoten an, über dem der Vegetationskegel liegen mußte, hier dagegen war man etwas auf das Raten angewiesen, und dabei ist manches Material, ohne Resultate zu geben, verschnitten. Daher konnte die Zahl der zur Untersuchung gelangenden Vegetationskegel in den weiteren Tabellen nicht immer so zahlreich sein, wie ich es gewünscht hätte und wie es in Tabelle V der Fall ist. Sonst sind die Verhältnisse die gleichen.

Tabelle VI (s. S. 23 u. 24) gibt das Resultat des Versuches wieder. Zu bemerken ist, daß durch die Liliput-Lampe die Temperatur etwas beeinflußt ward und um 6 Uhr abends 26,5° erreicht hatte. Die sofort vorgenommene Regulierung brachte für 8 und 10 Uhr abends 24°, von da ab blieb die Temperatur wieder konstant 25°. Wenn man diese Fehlerquelle in Rechnung stellen will, so werden die Zahlen für 6 Uhr abends vielleicht etwas zu hoch, die für 8 und 10 Uhr abends ein wenig zu tief sein, doch wird das auf den weiteren Verlauf keinen Einfluß haben.

Die Zahlen würden dadurch noch gleichmäßiger werden und den ganzen Tag über nur geringe Schwankungen aufweisen; von 12 Uhr ab tritt eine Steigerung ein, die wiederum um 4 Uhr nachts ihre größte Höhe erreicht, um dann auf das normale Maß zurückzufallen. So ist also dieselbe Periode, die bei den Dunkelkulturen hervortrat, auch bei den erheblich älteren Pflanzen vorhanden, doch sind die Differenzen in der nächtlichen Steigerung des embryonalen Wachstums gegenüber dem sonstigen Verlauf nicht so erheblich wie sie bei den Dunkelkulturpflanzen sich regelmäßig zeigten. Der Umfang der Vegetationskegel blieb innerhalb der bisher beobachteten Grenzen, doch waren sie gleichmäßiger und erreichten weder die untere noch die obere Zahl von Schnitten, die für Tabelle V gefunden waren.

Tabelle VI.

Zea-Sproßvegetationspunkte 6 bis $\underline{6}$ mit elektrischer Bogen-Liliputlampe, 1 m entfernt, belichtet. $\underline{6}$ bis 6 dunkel. Thermostat 25°. 14—15 Tage alt.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte	
10	3	2	2	2	1	10		9	Zeiß-
	4	5	—	3	3	15	12	9	Ap.
	—	2	3	2	4	11		9	4 mm,
									Oc. 8.
12	—	5	1	3	2	11		9	
	1	3	4	1	4	13	14,6	8	
	1	4	7	5	3	20		9	
$2^1/_4$	2	8	5	1	5	21		8	
	4	3	5	—	7	19	16,5	9	
	1	3	4	—	3	11		6	
	2	5	1	1	6	15		9	
4	4	5	3	2	1	15		8	
	3	3	3	3	2	14	12,66	9	
	3	—	2	—	4	9		6	
$\underline{6}$	1	6	6	1	6	20		8	
	3	2	3	5	4	17		8	
	3	6	2	2	4	17	16,6	9	
	1	4	2	—	6	13		8	
	1	7	3	2	3	16		8	
$\underline{8}$	3	5	4	—	2	14		8	
	3	—	3	2	5	13	13,75	8	
	4	5	4	2	1	16		11	
	1	3	—	2	6	12		9	
$\underline{10}$	3	3	3	1	4	14		9	
	2	4	6	2	2	16	12,66	9	
	2	1	—	1	4	8		9	
$\underline{12}$	4	2	1	3	8	18		9	
	4	6	3	—	2	15		8	
	5	5	2	1	2	16	17	9	
	4	3	5	4	5	21		8	
	6	3	2	1	3	15		8	
$\underline{2}$	7	2	5	1	4	19		9	
	4	4	1	1	6	16		9	
	2	5	6	3	8	24	17,5	8	
	4	—	3	3	5	15		9	
	2	2	7	2	—	13		9	
	1	6	6	1	4	18		8	
$\underline{4}$	2	4	6	3	1	16		8	
	6	6	3	3	8	26		9	
	5	5	12	—	5	27	21	11	
	—	8	7	1	2	18		8	
	6	3	1	—	8	18		9	

Tabelle VI (Fortsetzung).

Zeit	Auflok-kerung	Pro-phase	Meta-phase	Ana-phase	Telo-phase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
6	2	2	2	1	11	18		9
	3	1	—	—	8	12	16	9
	1	5	3	2	7	18		9
	2	5	2	—	7	16		9
8	6	11	3	1	1	22		8
	4	4	—	—	5	13		8
	1	2	4	1	3	11	14 8	9
	2	5	4	4	2	17		9
	2	4	1	—	4	11		8

Überblicken wir jetzt die Tätigkeit der Vegetationspunkte von einer Maispflanze, so zeigt sich, daß die im gleichmäßig erwärmten, durchlüfteten und feuchtgehaltenen Boden wachsenden Wurzeln stets in gleicher Weise durch alle Tageszeiten hindurch ihr embryonales auf der Zellvermehrung beruhendes Wachstum fortsetzen, nur geringfügige auf Zufälligkeiten beruhende Schwankungen können hier nachgewiesen werden. Das Wurzelwachstum entbehrt der Periodizität.

Dagegen ließen alle untersuchten Sproßvegetationspunkte von Pisum wie von Zea eine deutliche Periodizität erkennen. Die maximale Steigerung der Zellvermehrung liegt bei Pisum mehr am Beginn der Nacht von 11 Uhr etwa ab; während sie bei Zea in allen Fällen übereinstimmend — für die betreffende Rasse — zwischen 2 und 6 Uhr liegt und um 4 Uhr ihren Kulminationspunkt erreicht. In beiden Fällen fällt das Maximum des embryonalen Wachstums in das Dunkel der Nacht.

Es liegt nahe, für diese Differenz zwischen Wurzel und Sproß denjenigen Faktor verantwortlich zu machen, der bei sonst gleichartigen Lebensbedingungen nur den Sproß, nicht aber die Wurzel beeinflußt. Das ist sicher das Licht, das die im Boden wachsende Wurzel nicht trifft, dem sich der normale Sproß aber nirgends zu entziehen vermag. Das Licht scheint also die Teilungstätigkeit zu behindern, die Dunkelheit sie zu fördern. Der Beweis dafür ist nur durch Versuche zu erbringen.

Ist das im letzten Versuche wie in der natürlichen Tagesperiode von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends wirkende Licht

abwechselnd mit der in den Nachtstunden herrschenden Dunkelheit die Ursache der Periodizität im embryonalen Wachstum, so muß durch eine Veränderung der Lichtperiode auch diejenige der Pflanze geändert werden. Freilich ist dabei — wie die einer näheren Erörterung noch bedürfenden Dunkelversuche erweisen — mit einer gewissen »Gewöhnung« der Pflanzen an die ihnen im normalen Leben zukommende Lichtperiode zu rechnen, so daß eine direkte Umkehrung der Lichtperiode noch nicht unbedingt eine solche der Pflanzenperiodizität ergeben muß, wie man es ohne dieses »Beharrungsvermögen« der Pflanzen erwarten könnte.

Die Versuche wurden wiederum in gleicher Weise mit derselben Zeasorte angestellt. Nachdem die eingequollenen und in Töpfe gesteckten Samen mit ihrer Coleoptile am 3.—4. Tage an die Oberfläche des Substrates gelangt waren, wurden sie von morgens 6 Uhr bis abends 6 Uhr dunkel gelassen, von abends 6 Uhr bis morgens 6 Uhr aber mit der Liliput-Bogenlampe in der gleichen Weise belichtet, wie die vorige Kultur es des Tags über erfahren hatte. Die Kultur gedieh ebensogut wie die vorige, und es erwuchsen kräftige junge Maispflanzen, die sich äußerlich in nichts von den normal belichteten unterschieden. Die 15—16 Tage alten Pflanzen wurden dann, soweit nötig, fixiert und ebenso wie bisher behandelt.

Das Ergebnis dieses Umkehrungsversuchs (s. Tabelle VII, S. 26 u. 27) war überraschend. Es haben sich bei sonst schwankenden, aber recht niedrig bleibenden Teilungszahlen zwei Maxima herausgebildet, die auf 6 Uhr morgens und 6 Uhr abends fallen, also 12 Stunden auseinanderliegen. Die Erklärung dürfte sich darin finden, daß ein Teil der Pflanzen direkt auf die veränderte Lichtperiodizität reagierte. Diese haben das Licht als Hemmung ihres embryonalen Wachstums empfunden und also während der Belichtung von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens ihre Kernteilung eingestellt resp. zurückgehalten und erst durch die 12stündige Verdunkelung von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends nach Fortfall der Lichthemmung Teilungen ausführen können; sie ergeben das Maximum abends 6 Uhr. Ein anderer Teil aber ist dem gewohnten Gang der Wachstumsperiode strenger unterworfen geblieben und hat trotz der Licht-

Tabelle VII.

Zea-Sproßvegetationspunkte. Thermostat 25°. Pflanze 15—16 Tage kultiviert. Versuch die Periodizität zu ändern durch Beleuchtung 6 bis 6, Verdunklung 6 bis 6.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte	
10	1	4	6	3	2	16		7	Zeiß-Ap. 4 mm, Oc. 8
	1	8	1	2	2	14		7	
	1	3	2	1	3	10	11,6	9	
	1	6	2	2	—	11		7	
	1	3	—	—	3	7		7	
12	2	3	2	1	6	14		8	
	3	8	5	4	2	22	15,5	12	
	2	5	3	4	2	16		8	
	—	3	1	1	5	10		8	
2	1	3	—	2	4	10		8	
	2	3	1	—	—	6	9,75	7	
	1	4	7	3	1	16		8	
	1	3	2	—	1	7		8	
4	4	—	1	1	2	8		8	
	2	3	—	2	1	8	7,5	10	
	2	2	—	—	3	7		7	
	1	3	—	—	3	7		7	
6	5	7	10	3	4	29		9	
	2	1	—	—	—	3	**26,25**	8	
	3	10	10	9	6	38		9	
	4	13	8	6	4	35		8	
8	—	2	—	—	3	5		8	
	—	3	1	5	3	12		8	
	1	1	—	—	—	2	9,8	8	
	2	5	6	3	1	17		8	
	1	5	2	2	3	13		9	
10	2	5	2	1	4	14		8	
	1	—	2	1	—	4	6,25	8	
	1	—	1	—	—	2		7	
	1	—	—	—	4	5		9	
12	—	5	2	1	—	8		9	
	1	1	2	3	3	10		8	
	—	1	2	3	1	7	9	7	
	1	2	2	1	2	8		10	
	4	2	2	2	2	12		9	
2	—	5	3	—	2	10		8	
	1	2	5	—	1	9	13,25	8	
	3	8	5	—	2	18		9	
	3	7	3	1	2	16		8	
4	2	2	2	2	2	10		8	
	—	4	15	6	—	25	16,5	8	
	—	5	4	1	1	11		8	
	2	7	4	2	5	20		8	

Tabelle VII (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
6	6	6	30	8	1	51		9
	9	1	—	2	2	14		8
	1	5	2	4	5	17	21,6	9
	6	1	2	8	3	20		8
	—	2	2	2	—	6		7
8	—	4	4	3	—	11		9
	1	9	3	—	—	13		9
	—	—	2	3	—	5	8,4	10
	—	4	3	1	1	9		10
	—	1	2	1	—	4		7

hemmung an der nächtlichen Teilungszeit um 4 Uhr festgehalten, darauf deutet auch die Steigerung der Zahlen von 2 Uhr ab hin. Doch ist die Lichthemmung stark genug gewesen, das Maximum hinauszuzögern, so daß es statt um 4 erst 6 Uhr morgens eintreten kann. Daß diese Deutung richtig sein dürfte, wird auch durch die besonders starken Differenzen der Einzelergebnisse, aus denen sich die beiden Maximalzahlen zusammensetzen, unterstützt. Es sind eben Individuen, die der anderen für diese Kultur gebotenen Alternative gefolgt sein würden, mit darunter gekommen. Daß diese trotzdem das Gesamtergebnis nicht zu beeinträchtigen vermögen, geht aus dem starken Überwiegen des Beharrungsvermögens zur Morgenstunde, des Einflusses der vorausgehenden Dunkelheit am Abend hervor. Während also nach Tabelle VI eine sehr viel größere Gleichmäßigkeit beim normalen Verlauf des Tag- und Nachtwechsels für die Pflanzen herauskommt, die event. bei älteren Pflanzen zum völligen Schwinden einer solchen führen könnte, wirkt die umgekehrte (belichtete Nacht- und verdunkelte Tag-) Periode auf schärfere Hervorhebung der Differenzen und auf ein zweites der Lichthemmung zuzuschreibendes Maximum hin.

Der Gedanke, daß event. in älteren Pflanzen jede Periode fortfallen möchte — wenigstens bei Zea — beruht auf der Erwägung, daß bei diesen Monocotylen die umhüllende Schicht von Blattscheiden schließlich so dick werden muß, daß tatsächlich kein Licht — oder doch kein für eine Hemmung ausreichendes Licht — sie zu durchdringen imstande ist. Darauf

dürfte vielleicht schon die größere Gleichmäßigkeit in Tabelle VI hinweisen, doch stehen dem auch wieder Bedenken gegenüber, auf die später zurückzukommen sein wird.

Vorerst aber wird es sich fragen, ob wir die der Tabelle VII gegebene Deutung durch weitere Versuche stützen können. Sollte die Einwirkung der Lichthemmung dort richtig gedeutet sein, so müßte bei einer ständigen Beleuchtung einer sonst gleichen Kultur dieses zweite Maximum, das dem Einfluß der Tagesverdunkelung auf die durch die Nachtbelichtung gehemmten Individuen seine Entstehung verdankt, wieder in Fortfall kommen, während das für Zea stets gefundene Maximum um 4 Uhr morgens sich, wenn auch vielleicht minder ausgeprägt, erhalten möchte. Außerdem wird man eine Verminderung des embryonalen Wachstums überhaupt voraussetzen dürfen, und damit wäre wohl eine mehr oder minder große Schädigung der ganzen Pflanze oder doch eine weniger günstige Entwickelung, mit normalen Pflanzen verglichen, vorauszusetzen. Eine derartige Kultur mit derselben Zearasse ist in Tabelle VIII (s. S. 29 u. 30) ausgezählt.

Die Kultur blieb trotz gleichen Materials und gleicher Behandlung (abgesehen von der ständigen Beleuchtung, die hier zur Anwendung kam) erheblich hinter den beiden abwechselnd beleuchteten zurück. Die Pflanzen waren kleiner und minder entwickelt. Wir ließen darum diese Kultur etwas länger wachsen und fixierten das Material erst am 18.—19. Tage. Das in Tabelle VIII ausgezählte Ergebnis rechtfertigt die gemachten Voraussetzungen vollständig und bestätigt damit auch die Richtigkeit der vorherigen Deutungen, von Tabelle VII. Die Teilungszahlen sind verhältnismäßig gleichartig geworden, ein recht schwaches Maximum — dem Beharrungsvermögen entsprechend — ist um 6 Uhr früh — statt um 4 Uhr, aus bereits erörterten Gründen — festzustellen. Das äußerlich konstatierte Zurückbleiben der Pflanzen findet in dem durchweg geringeren embryonalen Wachstum, in dem Mangel an neuen Zellen, deren spätere Streckung allein das bleibende Wachstum des Sprosses ermöglichen würde, seine Begründung. Die an die erste vorher aufgestellte Frage, nach dem Vorhandensein einer täglichen Periode des embryonalen Wachstums, nach ihrer Bejahung sich an-

Tabelle VIII.

Zea-Sproßvegetationspunkte bei dauernder Belichtung. Thermostat 25°. Pflanzen 18—19 Tage alt.

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte	
10	—	1	4	—	1	6	10,5	8	Zeiß-Ap. 4 mm, Oc. 8
	—	5	9	1	—	15		6	
12	—	—	3	1	1	5	5,75	6	
	—	—	3	—	—	3		8	
	1	—	2	—	—	3		9	
	—	—	8	1	3	12		7	
12	4	2	5	2	1	14	8	10	7,125
	—	1	3	1	2	7		8	
	—	—	—	—	6	6		9	
	3	—	1	—	1	5		7	
2	—	—	5	1	2	8	7,25	10	
	2	—	5	1	2	10		8	
	—	1	—	—	2	3		8	
	—	1	3	2	2	8		7	
4	—	—	2	—	2	4	3,8	8	
	—	—	1	—	1	2		7	
	—	—	2	—	1	3		6	
	—	1	1	—	3	5		7	
	—	2	2	1	—	5		10	
6	1	3	4	3	8	19	12,6	10	
	2	—	2	4	7	15		9	
	3	2	5	4	4	18		8	
	—	1	3	2	4	10		7	
	—	—	—	—	1	1		7	
8	1	1	3	1	2	8	10,5	9	
	5	3	4	5	4	21		9	
	—	2	2	1	2	7		5	
	—	2	2	1	1	6		9	
10	1	—	2	—	—	3	2,66	5	
	1	—	—	—	—	1		7	
	2	—	2	—	—	4		8	
12	3	2	6	—	6	17	14,5	8	
	—	4	5	1	1	11		8	
	2	—	1	—	2	5		8	
	2	8	10	4	1	25		9	
2	2	1	—	1	6	10	8,5	8	
	5	—	3	4	1	13		8	
	—	2	1	—	—	3		7	
	3	3	2	—	—	8		7	
4	2	1	—	—	4	7	8,25	9	
	3	1	1	—	—	5		8	
	1	3	3	1	1	9		6	
	2	1	—	1	8	12		7	

Tabelle VIII (Fortsetzung).

Zeit	Auflokkerung	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Summe	Mittel	Zahl der Schnitte
6	1	4	9	6	1	21		8
	1	—	4	3	3	11	18,33	7
	1	6	14	2	—	23		8
8	—	2	3	—	6	11		7
	1	1	1	1	3	7		8
	1	1	1	—	4	7	7,86	9
	1	3	1	3	4	12		8
	—	1	3	—	4	8		8
	—	—	2	—	—	2		8

schließende zweite Frage, nach der Möglichkeit, eine solche etwa durch äußere Faktoren zu verändern, ist also nach den letzten beiden Tabellen ebenfalls in positivem Sinne zu beantworten. Die Periode wird durch den regelmäßigen Wechsel von Tag und Nacht aufrecht erhalten. Sie verschärft sich und wird verdoppelt durch Umkehrung dieses regelmäßigen Wechsels, sie verliert aber an Schärfe ganz wesentlich durch ständige Belichtung, d. h. also durch Aufhören des Wechsels.

Wie erklärt sich nun gegenüber dieser letzten Erfahrung die Tatsache, daß Dunkelkulturen der Keimlinge die Periode in so ausgesprochenem Grade aufweisen?

Eine tägliche Periodizität des Längenwachstums ist ja seit längerer Zeit bekannt, teils durch äußere Faktoren mitbedingt, teils bei konstanter Temperatur und im Dunkeln aus inneren, d. h. also unbekannten Ursachen. Die Literatur darüber ist von Jost[19]) recht vollständig zusammengestellt. Den hier vorliegenden Verhältnissen läßt sich aber lediglich die Angabe von Godlewski[20]) vergleichen, da es sich nur in diesem Falle von allen aufgeführten, um eine an keimenden Samen unter konstanten Bedingungen auftretende Periodizität handelt, die ebenfalls aus »inneren Ursachen« erfolgte. Der Unterschied meiner Versuche, allen anderen auch diesen letztgenannten gegenüber, besteht nun darin, daß bisher stets der in der zweiten Wachstumsperiode, derjenigen der Zellstreckung, gewonnene, auch makroskopisch meßbare Zuwachs in Frage steht,

während es sich hier um die nur mikroskopisch nachweisbare Zellvermehrung in der embryonalen Wachstumszone der Vegetationspunkte handelt.

Die für meine Zeasorte festgestellten Steigerungen des embryonalen Wachstums stimmen nun in wesentlichen Punkten überein mit den Angaben, die Sachs[21]) über den gewöhnlichen Gang des (Streckungs-)Wachstums macht: »daß im allgemeinen die Wachstumskurven vom Abend bis zum Morgen steigen, auch wenn die Temperatur in der Nacht um einen Grad oder mehr fällt, daß sie nach Sonnenaufgang plötzlich und rasch fallen, obgleich sich die Temperatur um mehrere Grade hebt.« Es geht also demnach die Steigerung des Streckungswachstums parallel mit der stärkeren Zellvermehrung in der Nacht. Nun ist besonders von Baranetzky[22]) für das Streckungswachstum nachgewiesen, daß diese Periodizität auch im Dunkeln und bei konstanter Temperatur erhalten bleibt, daß also eine »Nachwirkung« existiert. Sollte nun nicht auch für das parallelgehende embryonale Wachstum eine derartige Nachwirkung anzunehmen sein?

Freilich geht die hier beobachtete Tatsache, die ich vorher als »Beharrungsvermögen« bezeichnet habe, erheblich weiter. Denn es handelt sich nicht um Nachwirkungen an ein und demselben Individuum, sondern um ein im Samen ruhendes Vermögen, diejenige Periodizität, auch ohne jede Beeinflussung durch äußere Faktoren, anzunehmen, die der normalen Periodizität der Mutterpflanze entsprechen dürfte: Um eine Vererbung der täglichen Periode des embryonalen Wachstums. Da nun diese Periodizität in jeder Pflanzengeneration an jedem Tage durch den Wechsel von Tag und Nacht von neuem gefestigt wird, ist es erklärlich, daß sie derartig alle Zellen durchdringt, daß sie auch den Keimzellen übermittelt werden muß.

Stellt man sich den Entwicklungsgang einer solchen jungen Pflanze vor, wie sie in Zea unseren Versuchen hauptsächlich gedient hat, so ist zunächst eine direkte Lichteinwirkung auf den von nur dünnen und stark durchscheinenden Scheiden umhüllten Vegetationspunkt unvermeidlich, diese wird also die bereits vorhandene, an den Dunkelkulturen nachgewiesene Perio-

dizität gleichsinnig steigern und in ihrem Verlaufe befestigen müssen und somit als individuelle Nachwirkung auch dann noch weiter wirken, wenn die Dicke der Scheiden später nur noch wenig direktes Licht am Vegetationspunkt zur Geltung kommen lassen sollte. Somit ist durch die mindere Lichtwirkung noch keineswegs ein völliges Aufhören der Tagesperiodizität des embryonalen Wachstums notwendig gemacht, wenn es auch etwas abgeschwächt sein mag.

Die vorher erwähnte Arbeit von Godlewski berichtet nun über einen gleichen Fall vererbter Periodizität, die freilich vollkommen andere Tageszeiten besaß, aber ebenfalls durch eine Generation hindurch vererbt werden konnte. Leider fehlen in seiner »Vorläufige Mitteilung« alle weiteren Anhaltspunkte, aus denen sich ergeben könnte, warum die folgende Generation diese Periodizität verloren hatte.

Aus meinen Beobachtungen kann ich jedenfalls nur schließen, daß die von R. Semon[23]) in seinem Aufsatze »Über die Erblichkeit der Tagesperiode« angeführten Tatsachen im Verlaufe des embryonalen Wachstums von Zeasamen eine völlige Bestätigung erfahren.

Kehren wir jetzt zum Ausgangspunkte der Arbeit zurück, so hat sich also gezeigt, daß auch in den Scheitelpunkten der höheren Pflanzensprosse eine Beeinflussung der Zell- und Kernteilungen durch das Licht stattfindet, wenn auch lange nicht in dem Maße, wie etwa bei Spirogyra, wo jede Teilung an die Zeit um Mitternacht herum gebunden ist.

Und wenn man nun fragt, warum diese in den Vegetationspunkten immerhin noch andauernde Periodizität, in den sich daraus entwickelnden Organen, die später doch auch wieder in embryonales Wachstum eintreten, wie Anlagen von Sexualorganen usw., durchaus nicht in gleicher Weise als Periodizität der Zellteilungen wahrzunehmen ist, so wird das einmal auch darauf beruhen, daß diesen Sexualzellen andere Aufgaben, als den vegetativen zugefallen sind, daß demnach ihr Wachstum von ganz anderen Bedingungen ausgelöst werden dürfte, als dasjenige der vegetativen Zellen am Vegetationspunkte, daß andererseits aber auch die Organe, in denen Reduktionsteilungen vor sich gehen, so tief in das Innere größerer Zellmassen ein-

gebettet und, zudem von den verschiedenen Hüllen, wie Perigon-, Kron- und Kelchblättern, umgeben sind, oder bei den Coniferenzapfen sich am Grunde der sich dachziegelig deckenden Schuppen befinden, daß die direkte Wirkung des Lichtes zu sehr abgeschwächt sein muß, um noch einen, andere innere Faktoren überwiegenden Einfluß ausüben zu können. Es hängt eben die Periodizität in der Entwicklung der Sexualorgane höherer Pflanzen von ganz anderen Bedingungen ab, die nur sehr mittelbar mit den die vegetativen Organe beeinflussenden äußeren Faktoren zusammenhängen. Das geht u. a. z. B. schon aus der ungleichzeitigen Fertigstellung der beiden Geschlechter in dichogamen Pflanzen hervor, die kaum durch äußere Wachstumsbedingungen zu beeinflussen sein möchte.

Nur für vereinzelte Fälle scheint sich das anders zu verhalten, wenn für den Lichteinfluß besonders günstige Bedingungen vorliegen, und hierher dürften die eingangs erwähnten Gnetuminfloreszenzen gehören, die ohne eigentliche Hüllen, ihre kleinen Samenanlagen meist oder doch häufig dem direkten Sonnenlicht preisgeben, und so vielleicht zu denjenigen Pflanzenteilen gehören, die ihre Zellteilungen im wesentlichen zu Zeiten vollführen müssen, an denen die starke Tropensonne sie nicht zu treffen vermag.

Halle a. S., September 1914.

Literatur.

1. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. 1897—1904.
2. Braun, Alex., Über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.
3. Thuret, G., Recherches sur les zoospores des algues. Ann. sc. nat. III sér. 1850. **14**, 247.
4. Strasburger, E., Zellbildung und Zellteilung. 3. Aufl. Jena 1880. p. 171.
5. Cohn, Ferd., Verh. der Leopoldina XV. Abt. I. 513.
6. Claußen, P., Über Eientwicklung und Befruchtung bei Saprolegnia monoica. Ber. d. D. Bot. Gesell. XXVI. 144. 1908.
7. Oltmanns, F., Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1904/05.

8. Lanterborn, R.. Untersuchungen über Diatomeen. Leipzig 1896.
9. —, Protozoënstudien I. Kern- und Zellteilung von Ceratium hirundinella. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie. **59**, 167.
10. Mangin, M. L., A propos de la division chez certains Péridiniens. Vol. publ. en souvenir de Louis Olivier. Paris 1911.
11. Klebs, G., Über Flagellaten- und Algen-ähnliche Peridineen. Verh. d. Naturhist.-medizin. Vereins Heidelberg. N. F. XI. 1912. p. 369.
12. Kurssanow, L., Über Befruchtung, Reifung und Keimung bei Zygnema. Flora. N. F. IV. 1911.
13. Lutman, B. F., Cell and Nuclear division in Closterium. Bot. Gaz. LI. 401. 1911.
14. Kauffmann, H., Über die Entwicklung von Cylindrocystis. Zeitschrift für Botanik VI. 721. 1914.
15. Karsten, G., Zur Entwicklungsgeschichte der Gattung Gnetum. Beiträge zur Biologie der Pflanze. Herausgeg. v. Ferd. Cohn. 1893. **4**, 337.
16. Sachs, J., Über den Einfluß des Tageslichtes auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane. Bot. Ztg. 1863. **21**, 244. Beilage.
17. —, Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen, in W. Hofmeisters Handbuch der physiol. Botanik IV. Leipzig 1865.
18. Vgl. H. Lundegärdh: Das Wachstum des Vegetationspunktes. Ber. d. bot. Ges. XXXII, p. 77. 1914.
19. Jost, L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl. 1913. S. 407—409.
20. Godlewski, E., Über die tägliche Periodizität des Längenwachstums. Anzeig. d. Akad. d. W. Krakau. 1889. LV.
21. Sachs, J., Über den Einfluß der Lufttemperatur und des Tageslichtes auf die stündlichen und täglichen Änderungen des Längenwachstums (Streckung) der Internodien. Arb. d. botan. Inst. in Würzburg. Leipzig 1874. **1**, 99 ff.
22. Baranetzky, J., Die tägliche Periodizität im Längenwachstum der Stengel. Mém. de l'Acad. Imp. d. sc. St. Pétersbourg. VII. Sér. T. XXVII. 1879.
23. Semon, Rich., Über die Erblichkeit der Tagesperiode. Biolog. Centralbl. 1905. **25**, 241.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für Botanik

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Karsten George

Artikel/Article: Über embryonales Wachstum und seine Tagesperiode. 1-34