tung der örtlichen Intensitätsdifferenzen des Reizmittels Geltung hat, konnte nicht endgültig entschieden werden.

Literaturübersicht.

Engelmann, Th. W. Die Purpurbakterien und ihre Beziehungen zum Lichte. Botan. Zeit., Bd. 46. 1888.

Frank, Th. Kultur und chemische Reizerscheinungen der *Chlamydomonas tingens*. Botan. Zeit., Bd. 62. 1904.

Fuhrmann, F. Die Geißeln von *Spirillum volutans*. Centralbl. f. Bakt., Abt. I, Bd. 25. 1909.

Hoyt, W. D. Physiological aspects of fertilization and hybridization in ferns. Botanical Gazette, vol. 49. 1910.

Jost, L. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Jena 1908.

Jennings, H. S. Studies on reactions to stimuli in unicellular Organisms I. Reactions to chemical, osmotic and mechanical stimuli in the ciliate Infusoria. Journal of Physiology, Vol. 21, S. 258. 1897.

— Das Verhalten niederer Organismen. Übersetzt von E. Mangold. Leipzig und Berlin 1910.

Küster, E. Eine kultivierbare Peridinee. Arch. f. Protistenk., Bd. 11. 1908.

Kusano, S. Studies on the chemotactic and other related reactions of the swarmspores of Myxomycetes. Journal of the College of Agriculture. Imp. Univ. of Tokyo, Vol. II. 1909.

Lemmerman, E. Algen I. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. III. 1910.

Massart. Sensibilité et adaption des organismes à la concentration des solutions salines. Archives de Biologie, Bd. IX. 1889.

Molisch, H. Die Purpurbakterien. Jena 1907.

Oltmanns, F. Morphologie und Biologie der Algen. Bd. I. Jena 1904.

Pfeffer, W. Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Untersuch. aus dem botan. Inst. zu Tübingen I, Leipzig 1881—85, S. 363. 1884.

— Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. Untersuchungen aus dem botan. Inst. zu Tübingen II, Leipzig 1886—88, S. 582. 1888

— Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., Bd. II. 1904.

Pringsheim, E. G. Über die Herstellung von Gelbfiltern u. s. f. Ber. d. deutsch. botan. Ges., Bd. XXVIa. 1908.

— Die Reizbewegungen der Pflanzen. Berlin 1912.

Reichert, K. Über die Sichtbarmachung der Geißeln und die Geißelbewegung der Bakterien. Centralbl. f. Bakt., I. Abt., Bd. 51. 1909.

Rothert, W. Beobachtungen und Betrachtungen über taktische Reizerscheinungen. Flora, Bd. 88, S. 371. 1901.

Strasburger, E. Wirkung der Wärme und des Lichtes auf Schwärmsporen. Jena 1878.

Ulehla, Vl. Ultramikroskopische Studien über Geißelbewegung. Biol. Centralbl. Bd. 31. 1911.

Bemerkungen zur autokatalytischen Theorie des Wachstums.

Von W. Moeser. Berlin-Steglitz.

In der neuesten Zeit hat sich immer mehr die Anschauung geltend gemacht, dass das Wachstum einen autokatalytischen Charakter habe. Dies ist wohl zu nicht geringem Teile dem Erfolge zuzuschreiben, den Brailsford Robertson[1]) mit der Anwendung der

1) Arch. f. Entw.-Mech. 1908, XXV, S. 581.

chemisch-physikalischen Formel der Autokatalyse auf das Wachstum von Pflanzen und Tieren erzielt hat. In der Tat musste dieser Erfolg, mit einer so einfachen Formel annähernd richtige Werte zu bekommen, für die Richtigkeit der Theorie sprechen. Robertson hat die in Rede stehende Formel nach seiner Weise dem zu lösenden Problem anzupassen versucht, ist aber darin nicht glücklich gewesen. Nach ihm soll in jedem besonderen Wachstumszyklus eines Organes oder eines speziellen Gewebes die maximale Zunahme nach Volumen und Masse in der Zeiteinheit dann stattfinden, wenn der Zyklus halb vollendet ist. Dies ist generell aber nicht der Fall, da das Wachstum nicht als Funktion der Zeit allein betrachtet werden kann. Bei Pflanzen ist beispielsweise die bedeutsame Rolle, die die Temperatur bei dem Wachstum spielt, längst erkannt. Diese sowie andere Umstände bewirken eine andere Verteilung der maximalen Zuwachse. In der von ihm benutzten logarithmischen Formel:

$$\log^{10}\frac{x}{A-x} = \varkappa\cdot(t - t_1)$$

soll sein: A der Gesamtbetrag der Zunahme des Wachstums während des ganzen Zyklus, x das Gewicht oder Volumen der Zunahme, das zur Zeit t erreicht ist, und t_1 die Zeit, wo das Wachstum halb vollendet ist, $\varkappa$ die Konstante der Geschwindigkeit der Zunahme. Wenn man die von Robertson benutzte Formel auf das Streckungswachstum von Pflanzen anwenden wollte und beispielsweise die Zeit t_1 aus der Tabelle einer großen Periode ablesen wollte, so wird man betreff der genaueren Bestimmung von t_1 oft in Verlegenheit geraten. Da auch die maximale Zunahme meist nicht in die Mitte der Periode fällt, wie schon oben betont wurde, so kommt dadurch in die Rechnung ein unnötiger und beträchtlicher Fehler. Um diesem Übelstande abzuhelfen, verfahren wir folgendermaßen:

Es gilt, wenn das Wachstum durch Autokatalyse stattfindet, die Gleichung:

$$1.\quad \frac{dx}{dt} = \varkappa x\cdot(L - x).$$

Die Integration dieser Gleichung ergibt:

$$2.\quad \frac{1}{L}\cdot\ln\frac{x}{L-x} = \varkappa t + C.$$

Rechnen wir die Zeit von dem Beginn der Beobachtung ab, so hat x für $t = o$ den Wert l, also ist:

$$3.\quad \frac{1}{L}\cdot\ln\frac{l}{L-l} = C.$$

Durch Subtraktion der Gleichungen 2. und 3. erhalten wir so:

$$4.\quad \ln\frac{(L-l)\cdot x}{l\cdot(L-x)} = \varkappa\cdot t\cdot L.$$

Dies ist die von mir benutzte Gleichung. Es bedeutet l die zu Beginn der Beobachtung gemessene Länge des Organes, L die nach Beendigung der großen Periode erreichte Länge und x die zu einer Zeit t gemessene Länge, wobei natürlich vorausgesetzt ist, dass sich der Querschnitt des zylindrisch gedachten Organes während der ganzen Zeit nicht ändert; andernfalls haben wir die analoge Gleichung:

$$5.\ \ln \frac{(V - v) \cdot x}{v \cdot (V - x)} = \varkappa t \cdot V;$$

wo V das Endvolumen, v das Anfangsvolumen und x das zur Zeit t erreichte Volumen bedeutet. Bei der Anwendung der Gleichung können wir von den konstanten Faktoren L und V rechts absehen. Wenn die Theorie zutrifft, muss der Wert

$$\frac{1}{t} \cdot \ln \frac{(L - l) \cdot x}{l \cdot (L - x)}$$

für alle zusammengehörigen Worte von x und t konstant bleiben. Ich gebe sofort einige Anwendungen der Gleichung. Sachs[2]) hatte an der Wurzel von *Vicia Faba* am Vegetationspunkt eine Zone von 1 mm durch 2 feine Tuschestriche markiert und gefunden, dass diese in den folgenden Tagen um folgende Werte zugenommen hatte:

Tage:	1	2	3	4	5	6	7	8
	1,8	3,7	17,5	16,5	17	14,5	7,0	0.

Demnach war die erreichte Endlänge 79 mm. Statt dieses Wertes ist für L 83 mm gesetzt, was nicht korrekt erscheint, aber durch den Erfolg gerechtfertigt wird. Wir haben demnach die Konstanz des Ausdruckes:

$$\frac{1}{t} \cdot \log^{10} \frac{82\,x}{83 - x} = \varkappa' \cdot L = 0{,}43 \cdot \varkappa \cdot L$$

zu prüfen. Wir erhalten folgende Werte:

$$\begin{aligned} \varkappa' \cdot L &= 0{,}457 \\ &= 0{,}422 \\ &= 0{,}508 \\ &= 0{,}473 \\ &= 0{,}454 \\ &= 0{,}455 \\ &= 0{,}458 \end{aligned}$$

Der Umstand, dass die erste Stelle hinter dem Komma sicher ist, beweist, dass die angenommenen Voraussetzungen im allgemeinen zutreffend sind. Wäre die zweite Stelle sicher, so würden die Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Werten nur Zehntel-Millimeter betragen. Die aus der Formel mit dem Mittel von $\varkappa' \cdot L$ (= 0,461) berechneten Werte sind folgende; die beobachteten sind daneben geschrieben:

2) Sachs: in Jost, Vorles. üb. Pflanzenphys. (1904), S. 350.

x Beob.	x Ber.	Diff.	z Beob.	z Ber.	Diff.
1. 2,8	1. 2,82	+ 0,02	1. 1,8	1. 1,82	+ 0,02
2. 6,5	2. 7,66	+ 1,16	2. 3,7	2. 4,84	+ 1,14
3. 24,0	3. 18,91	— 5,09	3. 17,5	3. 11,25	— 6,25
4. 40,5	4. 38,15	— 2,35	4. 16,5	4. 19,24	+ 2,74
5. 57,5	5. 56,00	+ 1,5	5. 17,0	5. 20,85	+ 3,85
6. 72,0	6. 72,8	+ 0,8	6. 14,5	6. 13,80	— 0,7
7. 79,0	7. 79,16	+ 0,16	7. 7,0	7. 6,36	— 0,64
			S = 78,0	78,16	+ 0,16.

Durch Substraktion der x-Werte erhält man die einzelnen Zuwachse z, die in den beiden Tabellen rechts neben den Tabellen für die x-Werte verzeichnet sind. Die Differenz der Summen der beobachteten und berechneten Zuwachse muss natürlich gleich der Differenz des letzten beobachteten und berechneten x-Wertes sein. So hat man eine kleine Kontrolle der Rechnung. Das zweite Beispiel betrifft die Streckung dreier Internodien einer etiolierten Pflanze von *Dahlia variabilis*[3]). Die anfängliche Länge der Internodien von unten nach oben war 17, 36, 4 mm, so dass l = 57 mm ist. Am Schlusse des Versuches waren die Internodien um 1, 124, 100 mm gewachsen. Die Gesamtlänge betrug also bei Beendigung des Versuches 225 + 57 = 282 mm. Der Zuwachs am letzten Versuchstage betrug 13,1 mm. Die Streckung war also noch nicht beendet. Für L habe ich den Wert 332 gesetzt, so dass die Konstanz des Ausdruckes

$$\frac{1}{t} \log^{10} \frac{275\,x}{57 \cdot (332 - x)}$$

zu prüfen ist. Wir erhalten für 24 $\varkappa$ folgende auf 3 Stellen gekürzte Werte:

$$\begin{aligned} \varkappa' \cdot L &= 0{,}137 & \varkappa' \cdot L &= 0{,}166 \\ &= 0{,}147 & &= 0{,}166 \\ &= 0{,}157 & &= 0{,}164 \\ &= 0{,}165 & &= 0{,}159. \\ &= 0{,}166 \end{aligned}$$

Wir erhalten in derselben Weise wie im vorigen Beispiel, indem wir x mit dem Mittel dieser Werte berechnen:

x Beob.	x Ber.	Diff.	z Beob.	z Ber.	Diff.
73,5	76,35	+ 2,85	16,5	19,35	+ 2,85
96,3	99,90	+ 3,6	22,8	23,55	+ 0,75
126,4	127,00	+ 0,6	30,1	27,10	— 3,0
161,2	156,70	— 4,5	34,8	29,70	— 5,1
194,0	187,0	— 7,0	32,8	30,30	— 2,5
222,8	215,6	— 7,2	28,8	28,60	— 0,2
249,6	242,0	— 7,6	26,8	26,40	— 0,4
268,5	264,0	— 4,5	18,9	22,00	+ 3,1
281,6	281,3	— 0,3	13,1	17,30	+ 4,2
			S = 224,6	224,30	— 0,3

3) Sachs, Arb. bot. Inst. Würzburg (1872), S. 142.

Die Summen der beobachteten und der berechneten Zuwachse differieren also um 0,3 mm. Endlich gebe ich noch eine gleiche Berechnung der großen Periode einer etiolierten Pflanze von *Fritillaria imperialis*[4]). Die in Rede stehende Pflanze hatte einschließlich der Länge des untersten Internodiums innerhalb der Zwiebel die Anfangslänge $l = 57$ mm. Die 4 wachsenden Internodien hatten von unten nach oben bei Beendigung des Versuches folgende Längen erreicht:

19,5, 26,5, 33,6, 45,5, 29,5 mm.

Unterhalb des untersten Internodiums war noch durch Verlängerung des 32 mm langen Stückes innerhalb der Zwiebel ein Stück von 38,5 mm Länge herausgeschoben worden. Demnach betrug die gesamte Länge bei Beendigung des Versuches $193{,}1 + 32 = 225{,}1$ mm. Der in den letzten 15 Stunden gemessene Zuwachs betrug noch 2,58 mm. Die große Periode war demnach noch nicht beendet. Die Zuwüchse sind von Sachs mittelst Auxanometers für je 3 Stunden gegeben. Die daraus für ganze Tage berechneten Werte sind folgende:

Tage		Tage	
1.	15,22	6.	15,10
2.	22,93	7.	14,58
3.	24,03	8.	16,38
4.	19,70	9.	11,73
5.	16,38	10.	5,06.

Der Zuwachs für die ersten 9 Stunden betrug 2,75 mm. Um die Rechnung möglichst bequem zu gestalten, berücksichtigen wir den letzten Zuwachs 2,58 nicht mehr, so dass wir gleich den Wert für $\varkappa' \cdot L$ berechnen können. Dann ist $l = 57 + 2{,}75 = 59{,}75$ mm. Für L ist 235 mm gesetzt und wir haben so die Gleichung:

$$\frac{1}{t} \log^{10} \frac{175{,}25 \cdot x}{59{,}75 \cdot (235 - x)} = \varkappa' \cdot L,$$

worin für $t = 1, 2, 3 \ldots$ und für x die bezüglichen Werte zu setzen sind. Für $\varkappa' \cdot L$, x, z finden sich folgende Werte:

	x Beob.	x Ber.	Diff.	z Beob.	z Ber.	Diff.
$\varkappa' \cdot L = 0{,}138$	74,97	77,5	+ 2,53	15,22	17,75	+ 2,53
0,161	97,90	97,5	— 0,4	22,93	20,00	— 2,93
0,167	121,93	119,0	— 2,93	24,03	21,50	— 2,53
0,162	141,63	140,0	— 1,63	19,70	21,00	+ 1,30
0,156	158,01	160,0	+ 1,99	16,38	20,00	+ 3,62
0,152	173,11	177,2	+ 4,09	15,10	17,20	+ 2,10
0,153	187,69	191,5	+ 3,81	14,58	14,30	— 0,28
0,161	204,07	203,1	— 0,97	16,38	11,60	— 4,78
0,169	215,80	212,0	— 3,8	11,73	8,90	— 2,83
0,166	220,86	218,8	— 2,06	5,06	6,80	+ 1,74
Mittel 0,159				S = 161,11	159,05	— 2,06

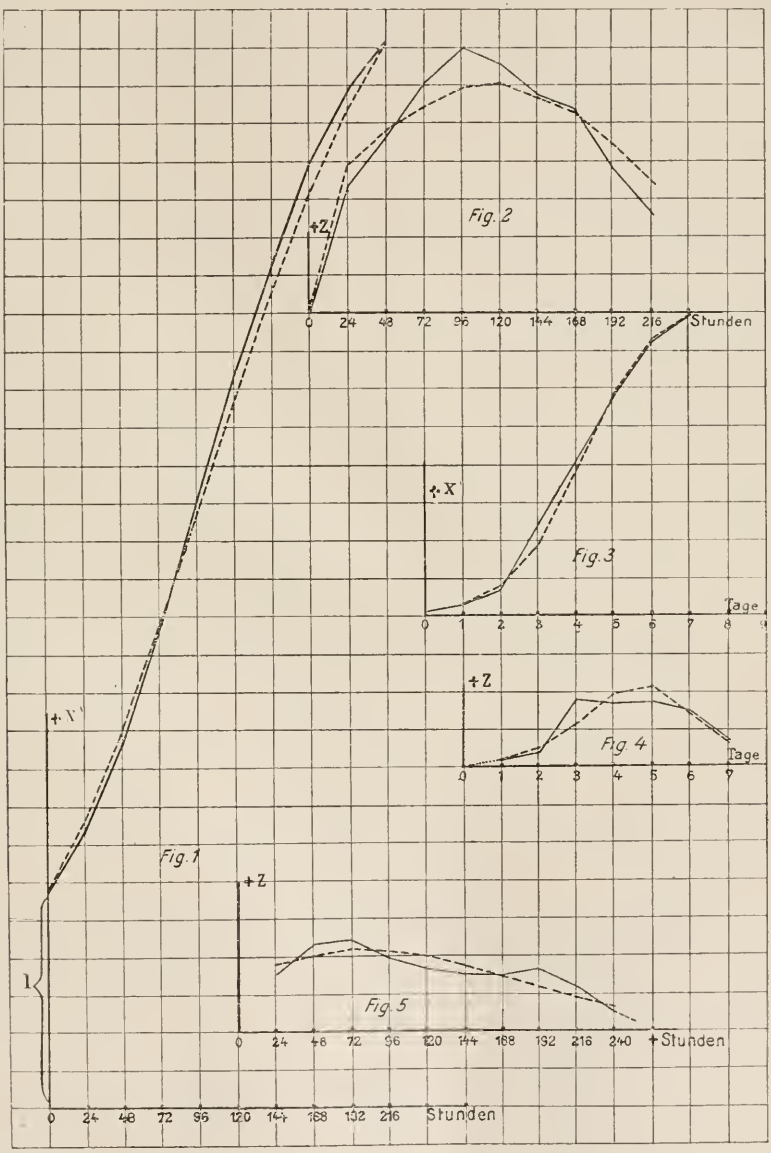
4) Sachs, l. c., S. 134.

Die Berechnung ist nicht so gut wie die beiden ersten. Die Differenz zwischen beobachtetem und berechnetem Gesamtzuwachs beträgt sogar 2,06 mm. Man sieht, dass sich die Rechnung mit der hier benutzten Formel nicht schwieriger gestaltet, als mit der von Robertson benutzten Formel. Der grundlegende Unterschied von der Robertson'schen Formel ist der, dass x nicht die zu einer Zeit erreichte Zunahme, sondern die Gesamtgröße eines Individuums bedeutet. Die Robertson'sche Interpretation der autokatalytischen Formel ist direkt falsch. Daher ist es nicht wunderbar, dass seine Zuwachswerte manchmal um die Hälfte von den wirklichen abweichen. Paolo Enriques[5]) hat mit einer der Robertson'schen ähnlichen Formel eine Muskelkurve von *Sipunculus nudus* „nachgeahmt" und eine recht gute Annäherung erreicht. Der Umstand aber, dass bei ihm der Wert von $\varkappa'$, der doch einige Konstanz haben sollte, von 0,02 bis 0,005 allmählich sinkt und dann plötzlich wieder steigt, spricht nicht für die Richtigkeit der Anwendung. Da Enriques den Fehler Robertson's nicht bemerkt hat, kommt er bald zu dem Resultat, dass man das Wachstum mit einer logarithmischen Funktion nicht darstellen, sondern nur den aufsteigenden oder absteigenden Ast der empirischen Kurve mit einer solchen Funktion nachahmen könne. Robertson hat dann auch, um diesem Übelstande abzuhelfen, 2 Kurven benutzt, eine für den aufsteigenden, die andere für den absteigenden Ast der Zuwachskurve. Es ist aber klar, dass beide Forscher zu diesem Schlusse gelangen mussten, da beide von derselben falschen Voraussetzung ausgingen. Die von ihnen gefundenen Kurven sind keine Zuwachskurven, sondern Kurven, welche nur die Größen eines Organes darstellen können, die es in irgendeiner Zeit erreicht. Die Kurven haben zwei Wendepunkte (Taf. I, Fig. 1 u. 3); je deutlicher diese beiden Wendepunkte hervortreten, desto schneller ist das Wachstum. Die x-Werte nehmen jenseits des oberen Wendepunktes nur noch wenig an Größe zu; der Endwert wird für $t = \infty$ erreicht. Nun können wir uns sehr gut vorstellen, dass jedes Tier und jede Pflanze, nachdem sie ausgewachsen sind, noch um sehr kleine Größen zunehmen, die sich aber wegen ihrer Kleinheit der Beobachtung entziehen. Jedoch hat Enriques sehr mit Recht hervorgehoben, dass bei den Lebewesen die morphogenetisch starken Zellen abnehmen und folglich eine Periode vorhanden ist, wo diese nur ihren Verlust decken (Virilität), während späterhin das Körpergewicht aus denselben Ursachen wieder abnimmt. Ich glaube dies dahin ansprechen zu müssen, dass wir das Wachstum nicht als eine ideale Autokatalyse im Sinne der chemischen ansehen dürfen. Denn der Aufbau jeder Pflanze und jedes Tieres ist doch immer mit einer Oxydation, also

5) Biol. Centralbl. (1909), S. 344.

mit Verlust von Substanz verbunden, welcher fortwährend zur Erhaltung des Organismus gedeckt werden muss. Die Organismen bedürfen fortgesetzt der Nahrungszufuhr, folglich wird eine Zeit

Tafel I.



eintreten, wo die aufgenommene Nahrung gerade noch zur Erhaltung des Zellenstaates ausreicht und für das Wachstum nicht mehr verwendet werden kann. Mit dieser Erkenntnis sieht man aber,

dass das Wachstum ein weit komplizierterer Vorgang ist als eine chemische Autokatalyse. Dass dennoch mit einer derartigen Formel den Umständen gemäß befriedigende Resultate erzielt werden, kann wohl nur darauf zurückzuführen sein, dass sich Neubildung und Verlust von Substanz beim Wachstum ausgleichen und folglich diese Verschiedenheit von dem Schema hinfällig wird, wenigstens was den ersten Teil der Periode betrifft. Die Eigentümlichkeit der „oxydativen" Autokatalyse ist aber die, dass die definitive Größe des Organismus eher erreicht wird, als es der „idealen" Autokatalyse entspricht.

Die Senilität und die Körperabnahme nach Gewicht und Volumen im Alter halte ich für einen sekundären Vorgang, bedingt durch die im Laufe der Zeit angehäuften, der Zirkulation der Säfte hinderlichen Stoffe, welche die Zirkulations- und Ernährungsorgane schwächen und so dieselben hindern, die Nährsäfte in der nötigen Weise an die Verbrauchsstellen zu bringen.

In den von mir gebrachten Beispielen ist jedesmal für den erreichten Endwert von L ein größerer gesetzt als der empirische. Nach der Theorie muss dieser Endwert in unendlich langer Zeit erreicht werden und folglich größer sein als ein in endlicher Zeit erreichter Wert. Nach dem soeben Ausgeführten ist aber anzunehmen, dass die Organismen, wenn man den Zuwachs o findet, ihre faktische Endgröße schon erreicht haben oder nicht lange Zeit darauf erreichen. Es bleibt daher zur Rechtfertigung des Verfahrens nur übrig, das in der Periode des Längenwachstums nebenhergehende Dickenwachstum als Erklärung heranzuziehen. In der Tat setzt bei jedem Individuum nach erfolgter Längsstreckung gewöhnlich das Dickenwachstum ein, das besonders bei den Pflanzen sehr typisch ist. Ich glaube daher, dass, wenn man in die gerechneten Beispiele statt der Längenmaße Volumina einsetzen würde, die erzielte Genauigkeit gleich gut ausfallen würde. Jedoch muss man die weitere Bestätigung abwarten. Betrachten wir (Taf. I, Fig. 2, 4, 5) die empirischen und theoretischen Zuwachskurven, so fällt sofort auf, dass letztere die allgemeine Form der wirklichen Zuwachskurven „nachzuahmen" streben, weiterhin, dass sie nur ein Maximum haben, wie man a priori erwarten muss. Sie bleiben daher bald unter der empirischen Kurve, bald erheben sie sich über sie. Der Grund dieser Erscheinung ist leicht erklärt. Wir haben nämlich bei der Berechnung stillschweigend vorausgesetzt, dass die Größenzunahme eines Organismus eine Funktion der Zeit allein sei. Dies ist aber, wie jeder weiß, keineswegs der Fall. In der Pflanzenphysiologie haben schon Sachs und seine Schüler in musterhafter Weise nachgewiesen, dass sich jedes Pflanzenleben nur innerhalb bestimmter Temperaturen abspielen kann, ferner dass auch die Lichtintensität, Feuchtigkeit und die Nahrungszufuhr eine bedeut-

same Rolle für das Wachstum spielen. Schließlich ist auch die individuelle Variation nicht zu übersehen. Man wird nicht zwei Keimpflanzen finden, sollten sie auch aus Samen von absolut gleichem Gewicht hervorgegangen und unter völlig gleichen Bedingungen aufgewachsen sein, die eine gleiche Zuwachskurve hätten.

Demgemäß können wir gar nicht erwarten, dass etwa die nach der eingeschlagenen einfachen Methode berechneten Zuwachskurven alle Gipfel und Unregelmäßigkeiten empirischer Kurven „nachahmen" können. Da wir zurzeit nicht einen einzigen der Faktoren, die auf das Wachstum einen Einfluss haben, in einer mathematischen Formel ausdrücken können, so ist die Hoffnung, auch durch Nachahmung von mehrgipfeligen Zuwachskurven die Richtigkeit der Theorie nachzuweisen, sehr gering. Wir werden aber einsehen, dass durch die Veränderlichkeit aller der genannten Faktoren die empirischen Zuwachskurven zustande kommen, ja, dass schon durch einen einzigen dieser inkonstanten Faktoren die Zuwachskurven ihre Regelmäßigkeit verlieren müssen. Um dies deutlich werden zu lassen, habe ich folgende schematische Annahmen gemacht. Es sei die Temperatur allein veränderlich, die übrigen Faktoren konstant; dann wird die erreichte Endlänge eine Funktion der Temperatur sein. Ich nehme an, innerhalb der Grenzen des Minimums und des Optimums der Wachstumstemperatur sei die schließlich erreichte Endlänge näherungsweise, wenn wir nicht allzugroße Temperaturschwankungen annehmen, der Temperatur proportional. Sei Lo die Länge, welche bei der konstanten Temperatur ϑo erreicht wird, und b die Zunahme von Lo pro Grad Steigerung der Temperatur, so ist:

$$L = Lo + b \cdot (\vartheta - \vartheta o).$$

Die Werte von x sind nicht aus der Formel

$$\ln \frac{(L - l) \cdot x}{l \cdot (L - x)} = \varkappa t \cdot L \cdot,$$

sondern aus der daraus folgenden:

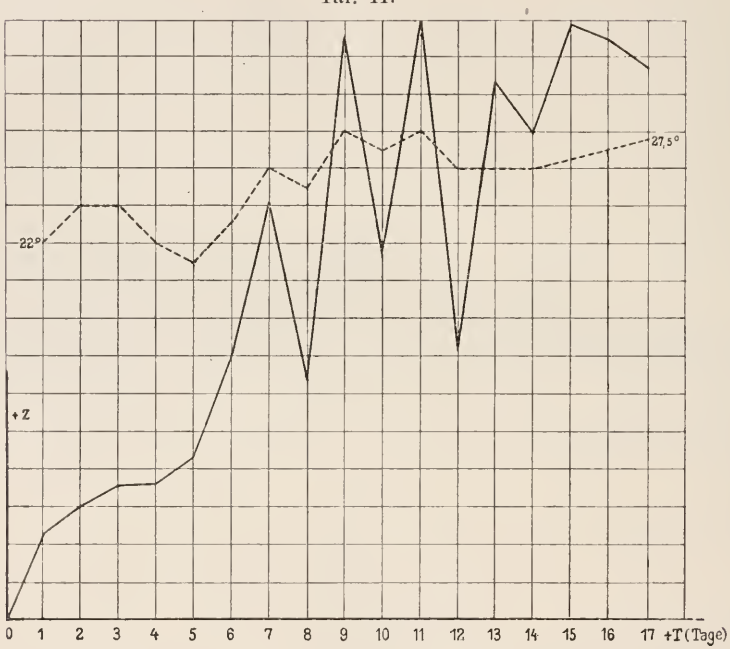
$$x = \frac{L \cdot l \cdot e^{L \varkappa t}}{L - l + l \cdot e^{L \varkappa t}}$$

berechnet. Für die Konstanten sind folgende Werte gesetzt. $Lo = 210$, $l = 10$, $\vartheta o = 20^0$ C., $b = 4$, $\varkappa = 0{,}001$. Wir erhalten so:

ϑ	x	z
22	12,3	2,3
24	15,33	3,03
24	18,89	3,56
22	22,48	3,59
21	26,76	4,28
23	33,66	6,90
26	44,73	11,07
25	51,18	6,45

ϑ	x	z
28	66,71	15,35
27	76,42	9,71
28	92,38	15,96
26	99,52	7,14
26	113,80	14,28
26	126,74	12,94
26,5	142,54	15,80
27,0	158,03	15,49
27,5	172,80	14,77.

Taf. II.



Das Resultat ist übersichtlich auf Taf. II dargestellt. Die Zeiten 1, 2, 3 . . . sind als ganze Tage und die eingesetzten Temperaturen für ganze Tage als konstant wirkend gedacht. Wir sehen zunächst, dass in diesem Schema, ähnlich wie es Sachs[6]) meistens fand, Gipfeln der Temperaturkurve auch Gipfel der Zuwachskurve entsprechend und dass im allgemeinen die Zuwachskurve der Temperaturkurve zu folgen bestrebt ist, jedoch ist auch am Anfang und am Ende der Zuwachskurve eine gewisse Gegensätzlichkeit gegen die Temperaturkurve unverkennbar. Zwischen 4 und 5 steigt die Wachstumskurve, die Temperaturkurve sinkt, während zwischen 15 und 17 das Umgekehrte der Fall ist. Auch diese Eigentümlichkeit

6) Arb. bot. Inst. Würzburg (1872), Tab. I—VII.

finden wir bei den empirischen Kurven wieder. Dieses Schema hat natürlich nur einen demonstrierenden Zweck. Die angenommene Proportionalität zwischen Temperatur und Wachstum findet in Wirklichkeit bekanntlich nicht statt, da bei Überschreitung des Optimums die Intensität des Wachstums mit erhöhter Temperatur wieder abnimmt. Die gegebene Beschränkung rechtfertigt aber die gemachte Annahme. Schließlich seien die Werte der konstanten $\varkappa$, die man passend vielleicht „spezifische Wachstumsgeschwindigkeit" nennen könnte, zusammengestellt. Als Zeiteinheit ist 1 Tag angenommen. Diese Werte sind:

Fritillaria: $\varkappa = 0{,}00108$,
Dahlia: $\varkappa = 0{,}00156$,
Vicia Faba: $\varkappa = 0{,}0128$.

Der Vergleich der drei Werte zeigt, dass die „spezifische Wachstumsgeschwindigkeit" der Wurzel von *Vicia Faba* etwa achtmal größer als die des Stengels von *Dahlia* und etwa zwölfmal größer als die des Stengels von *Fritillaria* ist.

Tafelerklärung.

Taf. I. Die punktierten Kurven stellen die theoretischen dar.

Fig. 1. *Dahlia variabilis.* Kurve der x-Werte. *l* die Anfangslänge. Die Ordinaten veranschaulichen die in den bezüglichen Zeiten erreichten Längen des Stengels.

Fig. 2. Zuwachskurve derselben Pflanze.

Fig. 3. *Vicia Faba.* Kurve der x-Werte. Die Ordinaten sind die in den folgenden Tagen erreichten Längen eines anfänglich 1 mm langen Stückes nahe dem Vegetationspunkt.

Fig. 4. *Vicia Faba.* Zuwachskurve derselben Pflanze.

Fig. 5. *Fritillaria imperialis.* Zuwachskurve. Der letzte Zuwachs, für 15 Stunden gemessen, ist in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Taf. II. Schematische Zuwachskurve, die die Abhängigkeit der Zuwachse von der Temperatur veranschaulichen soll. Sie wurde erhalten aus der Formel:

$$x = \frac{L \cdot l \cdot e^{L\varkappa t}}{L - l + e^{L\varkappa t}},$$

wo $L = Lo + b \cdot (\vartheta - \vartheta o) = f(\vartheta)$ sein soll. Die Temperaturschwankungen sollen sich in engen Grenzen zwischen Minimum und Optimum bewegen. Die Abhängigkeit ist eine vollständige innerhalb der Zone des Maximums der Zuwachse, jedoch nicht zu Anfang und gegen das Ende der Periode.

Beitrag zur Kenntnis des Ependyms im Fischgehirn.

Von Dr. V. Franz. Frankfurt a./M.
(Aus dem Neurologischen Institut zu Frankfurt a./M.)

Nach allem, was wir bisher vom Ependym des Gehirns und Rückenmarks wissen, besteht dieses den Ventrikel auskleidende Epithel aus Zellen von einerlei Art, nämlich aus Stützzellen, welche mit ihren peripheren Fortsätzen die ganze Gehirn- bezw.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Moeser Walter

Artikel/Article: Bemerkungen zur autokatalytischen Theorie des Wachstums. 365-375