

Arbeiten aus dem botanischen Museum des eidg. Polytechnikums
(unter Leitung von Prof. C. Schröter).

V. Variationsstatistische Untersuchung über
Fragilaria crotonensis (Edw.) Kitton im Plankton des Zürichsees
in den Jahren 1896—1901.

Von

C. Schröter und P. Vogler.

I.

Ueber die wechselnden Grössenverhältnisse bei der Plankton-Diatomacee *Fragilaria crotonensis* (Edw.) Kitton im Zürichsee hat der eine von uns im Jahre 1896¹⁾ folgende Angaben gemacht, gestützt auf Materialien vom Januar bis November 1896:

„Im Zürichsee, inneres Becken bei Zürich: Bänder von 55 bis 119 μ Breite, meist eine kleine und eine grosse Form, wenig Uebergänge; die kleinsten mögen forma *curta* Schröter benannt sein;

im obern Teil des Sees, bei der Ufenau: beinahe nur breite Bänder von 97—122 μ ,

im „Obersee“, oberhalb des Dammes von Rapperswil: nur breite Bänder, 106—112 μ .“

Die 17 Proben vom obern Teil des Sees bei der Ufenau und vom Obersee stammen mit einer einzigen Ausnahme aus den Monaten August bis Dezember, was mit Rücksicht auf die unten folgenden Resultate von Bedeutung ist.

Im Genfersee fanden sich nur Bänder von maximaler Breite (110—160 μ): var. *prolongata* Grunow, im Luganersee mittelbreite (70—97 μ), im Plönsee schmale (64—87 μ).

Es wird unentschieden gelassen, ob bei diesen Differenzen auch Saisondimorphismen im Spiel sind, oder ob sie rein auf lokaler Rassenbildung beruhen.

¹⁾ Die Schwebeflora unserer Seen. Neujaahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft Zürich auf das Jahr 1897. Seite 31.

Im Folgenden soll nun der Versuch gemacht werden, diese Frage an Hand eines reicheren Materials mit Hilfe der variationsstatistischen Methode zu prüfen. Es stand uns dazu eine kontinuierliche Serie von Planktonfängen aus den Jahren 1896—1901 zu Gebote, aus jedem Monat 1—2 Proben, gefischt von Schröter, Rikli und Hausmann im innern Seebecken bei Zürich, meist Oberflächenzüge. Die Planktonproben vom November 1900 bis März 1901 stammen von Herrn Lozeron, der gegenwärtig im Laboratorium des einen von uns mit Planktonstudien im Zürichsee sich beschäftigt.

II. Methode der Untersuchung.

Für die Untersuchung zeigte sich sofort, dass eine blosse Bestimmung des Mittelwertes aus einer bestimmten Zahl von Messungen kein richtiges Bild der Verhältnisse ergibt. Wir waren gezwungen, zur Variationsstatistik¹⁾ zu greifen. Unseres Wissens ist die vorliegende die erste derartige Untersuchung an Planktonorganismen. Es soll deswegen die benützte Methode kurz skizziert werden.

Von jedem Monat wurde eine Probe folgendermassen untersucht: Es wurde jeweils die Bandbreite (Länge der Einzelindividuen) von 100 *Fragilaria*-Kolonien (vergl. Fig. 2a, Seite 196) gemessen, ohne Auswahl. Um jeder Willkür vorzubeugen, wurde es zum Prinzip gemacht, auf dem verschiebbaren Objektträger alle die nacheinander ins Gesichtsfeld tretenden Objekte zu messen, die sich durch Verschieben in einer Richtung unter das Ocularmicrometer bringen liessen. Als zweiter Punkt war die häufige Drehung der Bänder zu berücksichtigen, wodurch eine optische Verkürzung vieler Individuen entstehen konnte. Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, wurden nur diejenigen Kolonien oder diejenigen Stellen der Bänder gemessen, an denen bei gleicher Einstellung beide Enden der Einzelindividuen scharf zu sehen waren, die also ganz in der optischen Ebene lagen. Als Masstab diente ein Ocularmicrometer, bei dem

¹⁾ Ueber diese Methode vergleiche die ausgezeichnete, zusammenfassende Abhandlung von Georg Duncker: Die Methode der Variationsstatistik, im „Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen“, W. Roux, Bd. VIII, 1899, Seite 112—183. Dort auch ein vollständiges Verzeichnis der Litteratur. Für unsere Zwecke sind namentlich die Arbeiten von Ludwig und de Vries wichtig.

ein Teilstrich 3μ entspricht. Für jedes Mass erhielt man eine bestimmte Zahl Individuen; die ganze Reihe der Messungen ergab ein deutliches Bild der Grössenvariation. Anschaulicher wird dasselbe, wenn die Variation als Kurve dargestellt wird. Dazu wurden die Bandbreiten auf der Abscissenaxe aufgetragen, und in jedem Punkte eine Ordinate errichtet, deren Höhe der zur betreffenden Bandbreite gehörenden Anzahl von Kolonien in konstantem Massstab entspricht. Durch Verbindung der Endpunkte der Ordinaten ergab sich die Variationskurve.

Betreffend die Zahl der gemessenen Kolonien muss noch bemerkt werden, dass, um eine bis in die Details zuverlässige Variationskurve zu erhalten, 100 Messungen zu wenig sind. Doch kommen für die folgende Untersuchung nicht Details der Kurven in Betracht, sondern nur der allgemeine Charakter derselben und speziell die Lage der Hauptgipfel. Ludwig hat nachgewiesen, dass sich diese aus einer relativ geringen Anzahl von Messungen konstatieren lassen. Man durfte diese kleine Zahl um so eher annehmen, als durch die Messungen der aufeinanderfolgenden Proben eine Kontrolle gegeben war und die ganze Untersuchung, ohne die häufigen Kontrollmessungen, doch zirka 6000 Einzelmessungen umfasst. Zum Beweis, dass durch eine Vergrösserung der Anzahl der Messungen der Charakter der Kurve sich nicht wesentlich ändert, mögen folgende Zahlen angeführt sein, die sich für eine Probe vom 11. Okt. 1898 ergaben, aus 100, 200, 300, 400 Messungen jeweilen auf 100 reduziert:

Bandbreite in μ : ¹⁾	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90
Individ.: 100 Messg.	—	—	4	5	3	—	—	—	2	1	—	2	1	—	2
200 "	—	0,5	4	6	2,5	—	—	—	2	3	1	1	2	1	2
300 "	0,3	0,3	4,6	6	2	0,3	—	—	1,6	2,3	1,3	1,3	1,6	1	1,6
400 "	0,2	0,5	3,7	5,2	1,5	0,2	0,2	—	2,2	3	1	1,5	1,2	0,7	2
Bandbreite μ :	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	
Individ.: 100 Messg.	—	3	3	4	9	7	7	17	11	9	4	5	1	—	
200 "	2	2	2	3	10,5	9	8,5	13	9	8,5	3	3	1	0,5	
300 "	2	2,3	3	3,3	10,3	8,6	8	12	9,6	8,3	2,6	2,6	1	2	
400 "	1,7	2	3,2	4,5	9,5	7,2	8	12,7	11	8,7	2,7	2,7	0,7	1	

Die beiden Hauptgipfel bleiben konstant auf 105 und 114, ein tertiärer Gipfel auf 57.

¹⁾ $1 \mu = 0,001$ Millimeter.

III—VIII. Verhalten der *Fragilaria crotonensis* im Zürichsee 1896-1901.

Wir geben zunächst die für die einzelnen Monate gefundenen Zahlen. (Tabellen Seiten 189 und 190.) Die primären Gipfel sind stärker fett gedruckt, die sekundären schwächer fett, die bei einigen auftretenden deutlichen tertiären kursiv. Monatslücken sind durch der Zeit entsprechende, grössere Intervalle angedeutet. — Ein deutlicheres Bild erhalten wir durch graphische Darstellung (Fig 1). Wir beschränken uns dafür auf eine reduzierte Zahl von Kurven (in den Tabellen auf Seiten 189 und 190 mit + bezeichnet).

IV.

Das variationsstatistische Verhalten der *Fragilaria* in Bezug auf die Länge der Individuen im Zürichsee ist also folgendes:

1. Die Länge schwankt von 42 μ bis 135 μ .

2. Die 56 beobachteten Variationskurven der gleichzeitig in derselben Probe vorkommenden Individuen sind:

a) Eingipflig mit Gipfel auf 90—108 μ : Kurven No. 8, 9, 32—37, 39—43, 49, 50, 52—56.

b) Eingipflig mit Gipfel auf 54—60 μ : Kurven No. 11, 27, 28.

c) Zweigipflig mit Hauptgipfel auf 90—108 μ , sekundärem Gipfel auf 54—60 μ : Kurven No. 6, 7, 20, 21, 22.

d) Zweigipflig mit Hauptgipfel auf 54—60 μ , sekund. Gipfel auf 90—108 μ : No. 10.

e) Zweigipflig mit Hauptgipfel auf 54—60 μ , sekund. Gipfel auf 72—78 μ : Kurven No. 1—7, 12—16, 18.

f) Zweigipflig mit Hauptgipfel auf 72—78 μ , sekund. Gipfel 54—60 μ : Kurve No. 17.

g) Dreigipflig

α) mit Hauptgipfel auf 90—108 μ , sekund. Gipfel auf 72—78 μ , tert. auf 54—60 μ : Kurve No. 31.

β) mit Hauptgipfel auf 54—60 μ , sekund. auf 90—108 μ , tert. auf 72—78 μ : Kurve No. 30.

γ) mit Hauptgipfel auf 54—60 μ , sekund. auf 72—78 μ , tert. auf 90—108 μ : Kurven No. 24—26, 29.

δ) mit Hauptgipfel auf 72—78 μ , sek. auf 66 μ , tert. auf 72 μ : Kurve No. 23.

	42 μ	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132 μ															
31) 18. VIII. 98	-	-	-	1	2	4	9	5	-	3	10	9	3	1	2	1	1	7	8	12	8	2	2	2	4	3					
32) 14. IX. 98	-	-	-	-	2	2	2	1	-	-	4	3	4	1	3	3	7	11	12	16	10	3	3	3	4	2	3	2			
33) 11. X. 98	-	-	-	-	4	5	3	-	-	2	1	-	2	1	-	2	-	3	3	4	9	7	7	17	11	9	4	5	1		
34) 9. XI. 98+	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	5	1	3	1	1	-	3	2	3	4	9	9	9	13	16	8	4	-	-	-	1
35) 6. XII. 98	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	1	-	-	1	-	1	2	6	8	8	12	14	14	12	11	2	1	1		
36) 5. I. 99	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	1	3	1	1	2	2	6	8	19	15	9	9	9	6	6	3	1	-	1		
37) 14. II. 99	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	-	2	-	-	2	4	6	6	24	22	10	6	6	4	-	-			
38) 21. IV. 99+	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	6	4	1	-	1	3	4	8	14	21	11	11	4	1	2	-	1				
39) 15. VII. 99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	3	2	3	18	29	22	7	6	2	3	1							
40) 10. VIII. 99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	6	6	10	14	32	20	6	-	-	-	2							
41) 14. IX. 99+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	2	3	7	15	19	28	13	5	1	-	2	-	-	1					
42) 8. X. 99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3	6	11	19	19	19	9	4	3	1	2	1							
43) 7. XII. 99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	1	2	5	9	25	17	13	9	6	2	1	1	2							
44) 10. I. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	3	3	14	17	12	14	19	6	2	3	-	1							
45) 8. II. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	5	-	1	6	7	15	12	10	13	10	10	4	2							
46) 8. III. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	5	12	7	7	11	13	13	8	7	1	-	2	1						
47) 19. IV. 1900+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	1	9	7	8	10	15	16	16	9	4	1								
48) 17. V. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	13	12	20	11	10	15	6	5									
49) 21. VI. 1900+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	4	1	6	10	16	20	12	11	10	4	3	1							
50) 19. VII. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	2	4	13	17	20	20	12	6	1										
51) 16. VIII. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	7	29	20	27	11	4	2	3												
52) 10. IX. 1900+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1	1	8	28	20	15	9	9	5	-	-	-	-	1					
53) 15. XII. 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	5	25	21	18	11	10	4	1	1											
54) 13. I. 1901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	2	4	22	24	14	9	10	5	1	3										
55) 10. II. 1901+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	4	22	19	18	17	7	7	-	1										
56) 9. III. 1901	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	3	7	20	19	18	14	8	4	1											

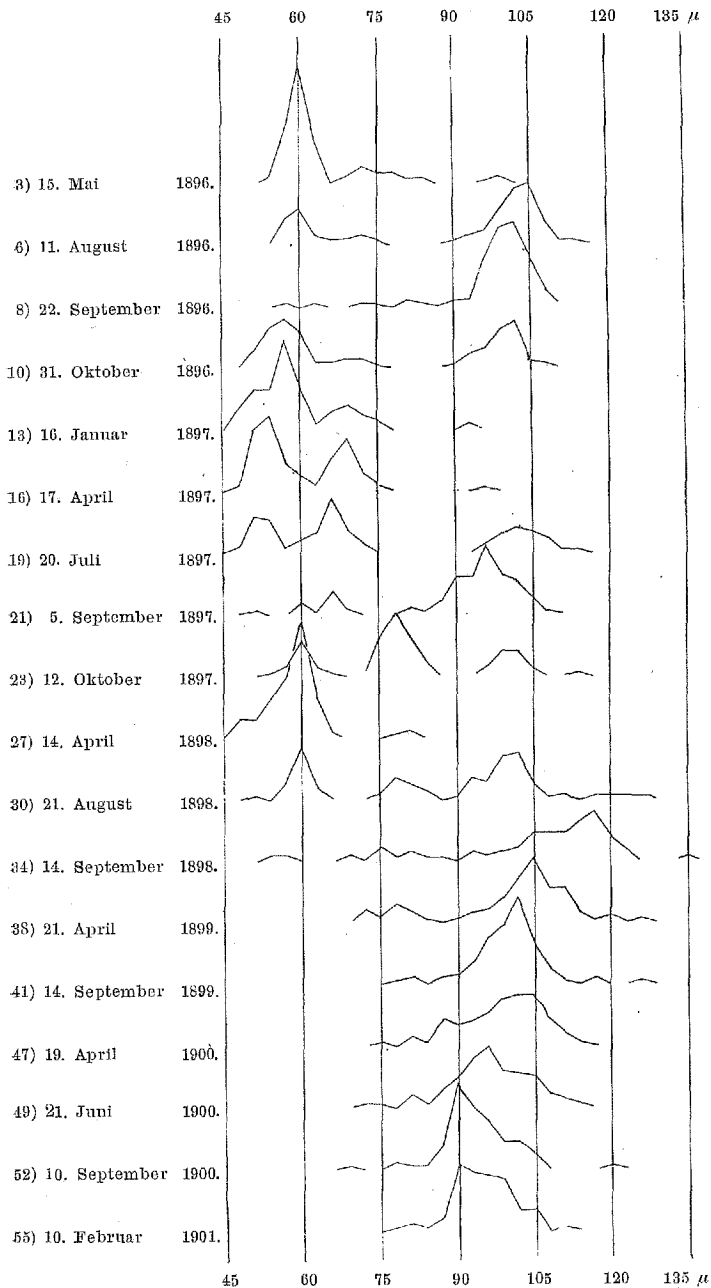


Fig. 1.
Auswahl v. Variationskurven der Bandbreite
von *Fragilaria crotonensis* von 1896—1901.

3. Die Formen von 42μ bis 72μ kommen vom 26. März 1896 bis zum 9. Nov. 1898 vor, und zwar immer alle, nur in verschiedener Menge, vom Dez. 1898 an fehlen die kleinen Formen unter 72μ völlig und es bewegt sich der Formenkreis nur noch zwischen 72μ und 135μ .

4. In den Jahren 1896—1898 findet eine regelmässige Alternanz im Auftreten der kleinern und grössern Formen statt (Gipfel bei 54 bis 60μ einerseits, 90 — 108μ anderseits): die grössern dominieren jeweils im August und September, die kleinern in den übrigen Monaten (siehe Fig. 1a und Erklärung).

5. Bei den vom Nov. 1898 allein vorhandenen grössern Formen findet ein allmähliches Herabsinken des Kurvengipfels von 117μ bis auf 90μ statt.

6. Der Kurvengipfel auf 72 — 78μ ist im allgemeinen der schwächere, tritt gegenüber den beiden andern ganz zurück.

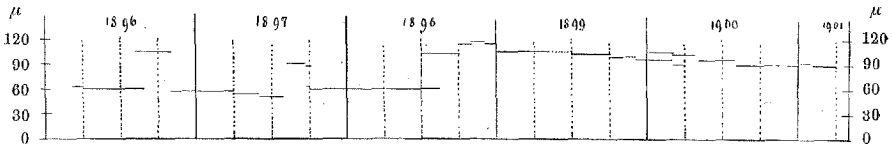


Fig. 1a.

Die Verschiebung der Haupt-Kurvengipfel v. *Fragilaria crotonensis*.

Die Kurvengipfel sind durch horizontale Linien angedeutet; ihre Höhe ergibt sich aus der vertikalen μ -Skala, ihre Dauer aus der Einteilung jedes Jahres in Trimester.

V.

Wie können wir nun diese Erscheinungen deuten? Halten wir zunächst fest, dass die gesamten Formen von der kleinsten bis zur grössten eine durch ununterbrochene Uebergänge zusammenhängende Reihe bilden, dass also jedenfalls *Fragilaria crotonensis* eine einzige Art darstellt.

Die Individuen derselben sind um mehrere Schwerpunkte gruppiert; die Variationskurven sind teils mehrgipflig, teils eingipflig auf verschiedenen Gipfeln der mehrgipfligen. Bald sind also gleichzeitig mehrere Mittelpunkte stärkster Vermehrung da, bald nur einer; aber dieser letztere ist je nach der Zeit verschieden.

Solche mehrgipflige Variationskurven können auf verschiedenen Wegen zu Stande kommen, speziell in unserem Fall auf folgenden:

1. Durch Mischung von verschiedenen Ernährungsmodifikationen (vergl. A. Weisse, Ueber die Randblüten an Kompositenköpfchen in ihrer Beziehung zur Blattstellung und Ernährung. — Pringsheims Jahrb. XXX., pag. 453—739).

2. Durch plötzliches Auftreten zahlreicher Auxosporen und daher stammende, grössere Individuen.

3. Durch Mischung mehrerer Varietäten (siehe namentlich die Arbeiten von de Vries).

Wir kommen zum Schluss, dass der letztgenannte Fall vorliegt und dass die Species *Fragilaria crotonensis* in mehrere Varietäten zerfalle, deren Hauptmerkmal die Länge der Individuen ist. Es sprechen dafür folgende Gründe:

a) Ernährungsmodifikationen könnten beruhen

α) auf Verschiedenheiten der Bedingungen in der gleichen Wasserschicht. Das erscheint bei der gleichmässigen Beschaffenheit des Seewassers unwahrscheinlich. Ferner spricht dagegen die grosse Analogie der Kurven untereinander, welche im grossen Ganzen nur drei Gipfel zeigen. Bei reinen Ernährungsdifferenzen, die auf die Länge der Individuen einwirken, müsste wohl eine gleitende Verschiedenheit auftreten. Der Fall liegt hier anders als bei den Kompositenköpfchen, wo in der Zahl der Strahlblüten auch bei Mischkurven von Ernährungsmodifikationen aus mechanischen Gründen meist die Zahlen der Braun-Schimper'schen Hauptreihe als Gipfel auftreten;

β) durch Mischung von Exemplaren, die in verschiedenen Tiefen gewachsen sind. Wir haben diese Fragen gesondert untersucht:

Leider bietet das Material aus den früheren Jahren nur wenige Stufenzüge. Doch sollen hier die Resultate, welche die Untersuchung solcher Fälle ergaben, zusammengestellt werden. Die erste Frage lautet, ob vielleicht die in den Monaten August-September 1896 und 1897 an der Oberfläche fehlenden kleinen Formen in der Tiefe häufiger werden. Vom August und September 1896 fehlen uns Tiefenzüge. Die Probe vom 31. August 1897 spricht aber entschieden in dieser Richtung.

31. VIII. 97	48 μ	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108 μ										
Oberfläche (No. 20)	- 1	3	2	1	1	5	3	- -	3	1	3	5	9	10	20	15	12	5	1		
Vertikalzug 60 m	3	5	5	1	7	7	18	10	6	-	1	1	1	1	4	6	7	8	5	3	-

Dagegen ergibt der Tiefenzug vom 28. September 1897 keine wesentliche Differenz mehr gegen den Oberflächenzug:

28. IX. 97.	48 μ	54	60	66	72	78	84	90	96	102 μ										
Oberfläche (No. 22)	-	6	3	8	11	17	12	1	2	-	2	1	1	1	5	10	8	7	4	-
Vertikalzug 60 m	1	1	2	6	13	17	6	3	2	2	-	1	4	4	7	7	10	7	1	-

Im November 1898 sind die kleinen Formen schon in einer Tiefe von 15 m häufiger als an der Oberfläche, doch verschwinden sie auch hier im Dezember 1898 fast vollständig:

	48 μ	54	60	66	72	78	84	90 μ							
9. XI. 98. Oberfl. (34)	-	-	2	2	-	-	2	-	5	1	3	1	1	-	3
" 15 m Vert.	-	2	6	4	3	-	1	3	2	1	-	1	1	3	2
	96 μ	102	108	114	120	126	132 μ								
" Oberfl. (34)	2	3	4	9	9	9	13	16	8	4	-	-	-	1	
" 15 m Vert.	4	3	5	9	8	14	11	9	5	-	1	2			
	48 μ	54	60	66	72	78	84 μ								
6. XII. 98. Oberfl. (35)	-	-	-	-	-	-	1	1	3	1	-	-	1		
" 15 m Vert.	-	-	2	-	2	-	2	2	1	-	1	1			
	90 μ	96	102	108	114	120	126	132 μ							
" Oberfl. (35)	-	1	2	6	8	8	12	14	14	12	11	2	1	1	-
" 15 m Vert.	-	1	-	3	7	10	9	11	16	12	6	5	3	3	-

Es scheint also für die Monate August und September eine horizontale Schichtung der beiden Formen stattzufinden, indem dann die an der Oberfläche sich stark vermehrenden grossen Formen die kleinen in die Tiefe zurückdrängen. Doppelgipflige Kurven müssten dann in der Zeit der Aufhebung dieser Schichtung entstehen.

Auffallender Weise finden sich aber zu den Zeiten, wo an der Oberfläche die kleine Form herrscht, die grosse Form in der Tiefe nicht häufiger; z. B.:

	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102									
16. V. 97. Obfl. (17)	2	11	13	9	5	6	15	15	3	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1
11. V. 97. 60 m	1	15	21	18	4	4	8	15	11	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23. III. 97. Obfl. (15)	1	7	22	28	8	4	5	8	12	4	1	-	-						
13. III. 40 m	3	4	25	26	9	3	10	9	6	3	1	-	-	-	-	1	-		

Die Sache kann also nicht so liegen, dass etwa die Tiefenbedingungen die Ursache der Variation sind; denn zudem herrscht

später, von Januar 1899 an, in allen Regionen allein die grosse Form, wie folgende zwei Beispiele zeigen, für die die Proben mittelst der Pumpe den verschiedenen Tiefen entnommen wurden:

		72 μ	78	84	90	96	102	108	114	120 μ									
Sept. 1900.	Oberfläche	1	-	-	2	1	1	8	28	20	15	9	9	5	-	-	-	-	1
	5 m Tiefe	-	1	-	1	2	3	8	26	24	15	7	5	4	4	-	-	-	-
	13 " "	-	-	-	2	3	2	5	28	18	18	14	8	1	1	-	-	-	-
	25 " "	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. III. 1901.	Oberfläche	-	-	3	3	-	3	7	20	19	18	14	8	4	1	-	-	-	-
	20 m Tiefe	-	-	1	1	-	5	7	23	17	18	12	8	6	2	-	-	-	-
	40 " "	-	-	-	2	1	1	7	25	23	17	11	8	3	-	1	-	-	-

Ernährungsmodifikationen als Ursache der Mehrgipfigkeit der Kurven erscheinen also ausgeschlossen.

b) Auxosporenbildung würde wohl plötzlich grosse Individuen erzeugen, aber die nachherige Vermehrung müsste dann bei dem steten Kleinerwerden der Descendenten zu einer einseitigen Variationskurve führen. Ausserdem wäre nicht einzusehen, wie dadurch so konstante drei Gipfel entstehen könnten. Dazu kommt noch, dass es uns bis jetzt noch nicht gelungen ist, Auxosporenbildung zu konstatieren, trotz der Durchmusterung mehrerer 1000 Präparate.

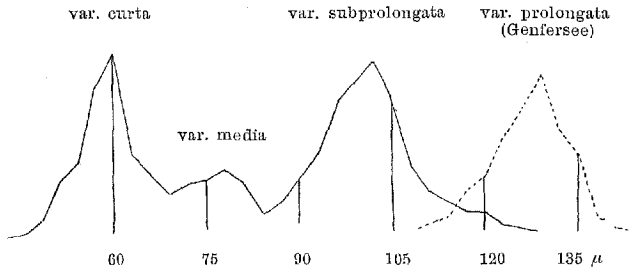


Fig. 2.

Summationskurve

von 5000 Messungen aus dem Zürichsee (und Genfersee), die 4 Varietäten zeigend.

c) Mit den Grössendifferenzen gehen andere Unterschiede parallel: Stellen wir die ersten 5000 Messungen aus dem Zürichsee (März 1896 bis Juli 1900) und die später zu erwähnenden aus dem Genfersee zusammen, so erhalten wir die in Fig. 2 dargestellte Kurve, nach welcher wir folgende vier Formen unterscheiden:

var. α) *curta* Schroeter (1897)(Fig. 2a A.)

Individuen 42—72 μ lang.

Gipfel der Variationskurve bei 57—60 μ .

Breite der Individuen in der Mitte der Gürtelbandseite 4—6 μ .

Enden der Individuen nicht gedreht, breit, einander beinahe berührend, Bänder meist spiralig gedreht.

var. β) *media* Schröter und Vogler.

Individuen 69—87 μ .

Gipfel der Variationskurve bei 78 μ (75—81 μ).

Sonst wie vorige.

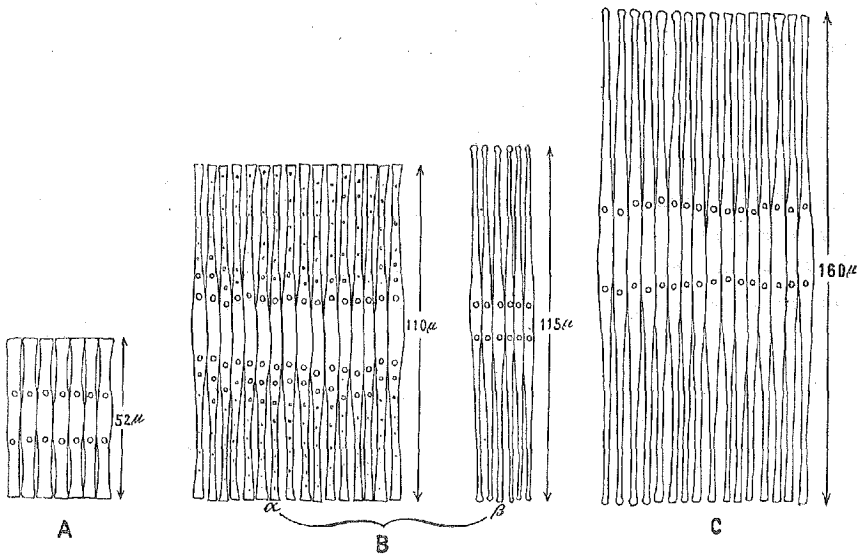


Fig. 2a.

Drei Varietäten der *Fragilaria crotonensis* $\frac{400}{1}$

A) var. *curta* Schröter, Zürichsee 13. III. 1897. B) var. *subprolongata* Schröter und Vogler, α ungedreht, Zürichsee 21. IV. 1896; β gedreht, Zürichsee 25. VIII. 1896. C) *prolongata* Grunow, Genfersee leg. Blanc, 17. II. 1896.

var. γ) *subprolongata* Schröter und Vogler (Fig. 2a B.)

Individuen 84—120 μ lang.

Gipfel der Variationskurve bei 93—111 μ , meist bei 104.

Breite der Individuen 3,75—5,4.

Enden oft gedreht, daher in der Gürtelbandansicht schmaler erscheinend (Fig. 2a B β), Bänder meist ungedreht.

var. *δ) prolongata* Grunow (Fig. 2a C.)

Individuen 110—160 μ .

Gipfel der Variationskurve bei 126—129 μ .

Breite der Individuen 3,9 μ .

Enden schwach gedreht oder ungedreht (?) [im Zürichsee fehlend].

d) Ausser diesen morphologischen Unterschieden ist noch eine biologische Differenz zu erwähnen, durch welche die var. *curta* von der *subprolongata* sich unterscheidet. Im August 1897 fand der eine von uns eine schmarotzende Chytridiacee, massenhaft auf der einen Varietät (*subprolongata*), während die andere (*curta*) davon total verschont blieb¹⁾.

Der Schmarotzer bildet spindelförmige Sporangien von 10 μ Länge und 6 μ Dicke, bald farblos, bald rötlich gefärbt. Sie sitzen den mittlern Partien der Bänder auf, und zwar oft in grosser Zahl auf beiden Seiten des Bandes²⁾. Sie stehen rechtwinklig oder schief davon ab. Einen Stiel konnte ich nicht entdecken.

Am Vormittag des 1. Sept. waren die die Sporangien erfüllenden, sehr kleinen Schwärmer (1 μ Durchm.) in Ruhe, am Nachmittag dagegen in tanzender Bewegung. Einzelne Sporangien waren halb entleert, und an diesen sah man die Membran deutlich, die aber äusserst zart ist! Eine Oeffnung konnte ich auch an den entleerten Sporangien nur einmal entdecken.

Am dritten Tage (2. September) waren sehr viele Sporangien entleert; die leeren Hüllen blieben aber fest in Verbindung mit dem Wirt; auch sonst sah man äusserst selten isolierte Sporangien. Auf manchen Bändern sah man in der Nähe der leeren Sporangien festsitzende Körperchen von der Grösse der Schwärmer, wohl zur Ruhe gekommene Schwärmer.

e) Ein Hauptargument für die Auffassung der mehrgipfigen Kurven als Rassenmischkurven ist die Thatsache, dass die vier obengenannten Varietäten in andern Seen wenigstens zeitweise allein mit denselben Kurvengipfeln auftreten, wie wir sie im Zürichsee vereinigt finden.

Es wurden von einer Anzahl von Seen Einzelproben untersucht. Dabei muss aber festgehalten werden, dass diese Daten

¹⁾ Vergl. Archives des sciences phys. et naturelles, Nov. 1897.

²⁾ Ein Band von 100 μ im Geviert enthielt einmal 30 Schmarotzer!

nur für die betreffende Jahreszeit gelten, dass aber auch hier ähnliche Schwankungen möglich sind, wie im Zürichsee. Das zeigen schon die folgenden vier Proben aus dem

1. Luganersee:

	60	66	72	78	84	90	96	102	108 μ
1) 18. IV. 96	-	-	2 6 10	24 22 18	6 2 3	- 1	-	-	4 -
2) 28. IX. 97	-	-	3 5 7	12 18 17	5 5 1	- 5	6 10	4 2	
3) 6. IX. 98	1 2 3 4	3 6 9	14 15	11 7 5	- 1 1	4 11	4 1		
4) 28. IV. 99	-	-	1 1 5	6 18 25	11 11 5	3 1 2	3 5	3 -	

2. Der Obersee, der mit dem Zürichsee durch die schmale Enge bei Rapperswil in Verbindung steht, zeigte, ausgenommen einige ganz vereinzelt Exemplare von *media*, in drei Proben nur die Varietät *subprolongata*.

	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114
1) 21. VIII. 96	-	-	-	-	-	2 2 6	9 13 25	27	12 3 1	
2) 20. II. 97	-	-	-	-	-	-	6 12 12	18 30	16 2 2	
3) 19. IV. 97	1	-	3	-	1	-	2 2 2	2 16 26	31	13 1 -

Je nur eine Form der auch im Zürichsee vorkommenden zeigten in Einzelproben folgende Seen:

3. Vierwaldstättersee:

	72 μ	78	84	90	96	102	108	114	120 μ
18. V. 1897	-	-	-	-	2 8	13 13	12 15	9 4 7	1

4. Walensee:

14. V. 96	-	-	-	-	-	2 20	30 30	12 6
-----------	---	---	---	---	---	------	--------------	------

5. Lago maggiore:

1896	-	1 1 4	5 6 8	9 9 18	14 12	7 5 1
------	---	-------	-------	---------------	-------	-------

6. Lac de Bret:

30. V. 96	-	2 -	- 6 18	24 22 22	4 2
-----------	---	-----	--------	-----------------	-----

7. Baldeggersee:

4. II. 97	-	-	1 1 1	3 13 13	25 21 11	8 1 1 1
-----------	---	---	-------	---------	-----------------	---------

8. Im Untersee (Bodensee) herrschte neben vereinzelt mittleren und kleinen Formen ebenfalls die *subprolongata*.

	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114
24. I. 97. $\frac{200}{2}$	1 0,5 1,5	1,5 1,5 3 3	4,5 3,5 3,5	0,5 0,5 0,5	1 0,5 6,5	9,5 21	17,5 14 5,5				

9. Der Genfersee besitzt die dem Zürichsee fast vollständig fehlende Varietät *prolongata*.

	102	108	114	120	126	132	138
22. II. 96	-	1	-	2 2	7 9	11 17	21 14 13 2 1
13. VI. 96	-	-	-	2	4 6	14 26	22 14 8 2 -

Diese Verhältnisse graphisch dargestellt im Vergleich mit der Sammelkurve des Zürichsees zeigt Fig. 3.

Es wurden also beobachtet bis jetzt:

- Die Varietät *curta* im: Zürichsee, Untersee (Obersee vereinzelt),
 „ „ *media* „ : Zürichsee, Untersee und Luganersee.
 „ „ *subprolongata*: Zürichsee, Untersee, Luganersee, Vierwaldstättersee, Lago maggiore, Walensee, Lac de Bret, Baldeggersee.
 „ „ *prolongata*: Genfersee.

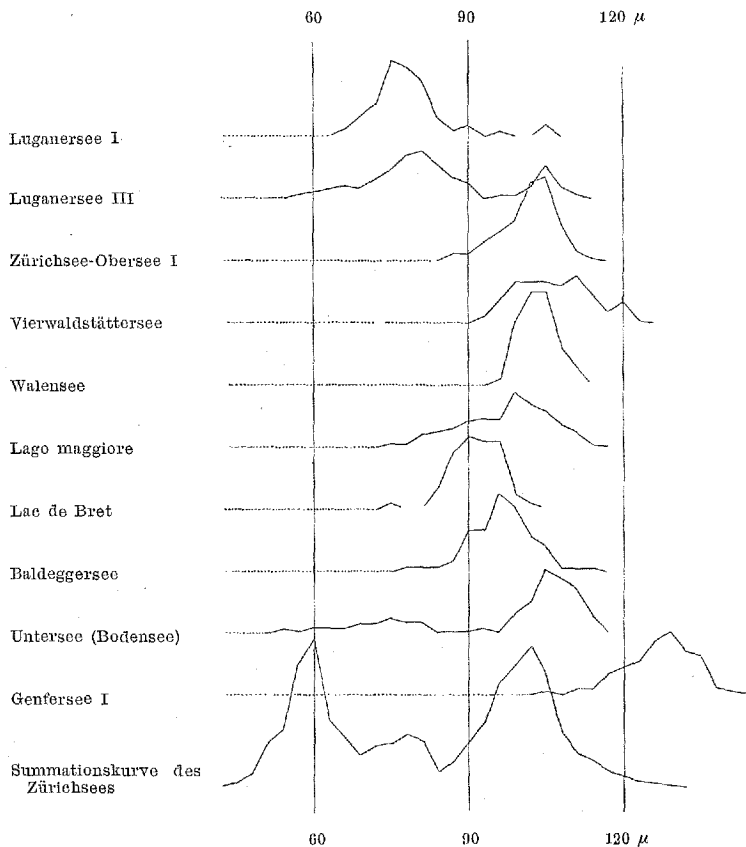


Fig. 3.
 Variations-Kurven von *Fragilaria crotonensis*.
 in verschiedenen Seen.

VI.

Um einen Begriff zu erhalten von der Variation der *Fragilaria* gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Sees, machten wir am 23. Juni 1901 eine Längsfahrt den ganzen See hinauf bis in den Obersee. Es wurde uns zu diesem Zweck das dem zoologischen Institut beider Hochschulen gehörige Motorenboot „Karl Fiedler“ freundlichst von Hrn. Prof. Lang zur Verfügung gestellt, wofür wir auch an dieser Stelle unsern Dank aussprechen. Wir machten an 8 verschiedenen Stellen Planktonzüge. In beifolgender Tabelle sind die Variationskurven der *Fragilaria* in den 8 Oberflächenzügen enthalten.

	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114 μ								
Entfernung v. d. Zürcher Quaibrücke in Kilometern																		
1) Fassungsstelle in Zürich $\frac{1}{3}$				1	3	7	13	24	14	14	14	7	3	-				
2) Höhe von Mönchhof	4		1	2	1	2	8	10	25	20	14	10	4	2	1			
3) Höhe von Küssnacht	6		1	2	2	7	10	8	24	14	16	11	3	2	-			
4) Höhe von Herrliberg	11				2	5	7	9	24	18	12	12	6	2	2			
5) Höhe von Männedorf	19			1	-	4	7	6	25	14	18	12	5	6	1			
6) Vor der Ufenau	25	1	2	1	1	1	-	10	14	24	13	12	9	8	2	-		
7) Hinter der Ufenau	25	1	-	-	1	-	5	5	16	28	10	12	12	4	5	-	-	1
8) Im Obersee, Höhe von Buskirch	32 Kilom.	1	-	-	1	1	6	6	9	24	32	18	2	-	-	-	-	-

Es geht aus diesen Zahlen zur Evidenz hervor, dass im Zürcher Untersee gegenwärtig nur die einzige, überall denselben Kurvengipfel von 90 μ in annähernd gleicher Stärke zeigende Varietät *subprolongata* vorhanden ist, der Obersee dagegen eine etwas breitere Form mit einem Gipfel bei 102 μ besitzt.

VII.

Betrachten wir nun das Verhalten der beiden Hauptformen im Zürichsee etwas näher (var. *curta* und *subprolongata*; *media* tritt hier ganz zurück und kann vernachlässigt werden, *prolongata* fehlt fast völlig).

Hier haben wir namentlich drei Erscheinungen, die einer nähern Erörterung rufen:

1. Die regelmässige Alternanz der Formen von 1896--1898.
2. Das völlige Verschwinden der kleinen Formen im Nov. 1898.
3. Das allmähliche Kleinerwerden der allein übrig gebliebenen grössern Form vom Nov. 1898 bis Febr. 1901.

1. Die kleinen Formen (*curta* und *media*) sind im ganzen herrschend; nur im August und September treten sie sehr zurück und machen der grossen Platz. Der Verlauf der Temperatur in den Jahren 1896 und 1897 an der Oberfläche der Fassungsstelle des Wassers bei Zürich ist aus den Kurven Fig. 4 ersichtlich (uns freundlichst vom Stadtchemiker zur Verfügung gestellt). Die höchste Temperatur des Seewassers an der Oberfläche fand sich 1896 Ende Juli, 1897 Mitte August; unmittelbar nachher beginnen grössere Formen (die nie ganz fehlen!) die Oberherrschaft zu gewinnen.

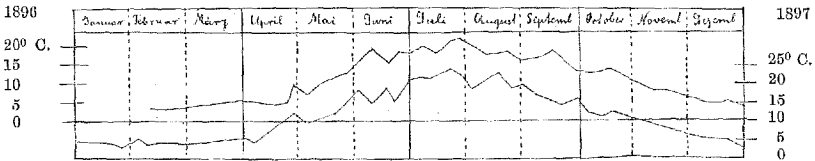


Fig. 4.

Temperaturkurve an der Oberfläche des Sees an der Fassungsstelle der städt. Wasserleitung im Zürichsee vom Jahr 1896 (obere Kurve), und 1897 (untere Kurve).

Dafür sind zwei Erklärungen möglich:

Entweder es wandeln sich unter dem Einfluss äusserer Bedingungen die kleinern allmählich in immer grösser werdende Formen um;

oder es vermehren sich die schon vorhandenen Exemplare der grössern Varietät stärker, bis sie dominierend werden.

Das ganze Phaenomen können wir als Saison-Dimorphismus bezeichnen, wenn man darunter ganz allgemein die Thatsache versteht, dass zwei nahe verwandte Formen sich durch ihr zeitliches Verhalten innerhalb desselben Jahres unterscheiden ¹⁾.

Wenn eine direkte Umwandlung vorläge, hätten wir es mit saisondimorphen, nicht erblichen Standortmodifikationen zu thun, im andern Fall mit erblichen Varietäten.

Dass die grössere Form anfänglich (von 1896—1898) nur je-weilen nach dem Wärmemaximum dominiert, könnte man versucht sein, als Anpassung an das wärmere Wasser aufzufassen. Wesen-

¹⁾ Vergl. namentlich: R. v. Wettsteins Untersuchungen über den Saison-dimorphismus im Pflanzenreich. Denkschriften der Wiener Akad. math. nat. Klasse, Bd. LXX, 1900.

burg-Lund hat in einer sehr bemerkenswerten Abhandlung¹⁾ darauf hingewiesen, dass die namentlich bei den Planktontieren konstatierten Saisondimorphismen alle in einer Richtung gehen, nämlich die Erhöhung der Schwebefähigkeit in der wärmern Jahreszeit bedingen, als Anpassung an die verminderte Tragkraft des wärmeren Wassers²⁾. Nach dieser äusserst glücklichen Idee, die uns einen ersten Hoffnungsschimmer auf einen kausalen Einblick in das noch so dunkle Gebiet der Planktonvariation giebt, hätten wir es also hier mit direkter Einwirkung äusserer Faktoren zu thun. Bei der *Hyalodaphnia* z. B. ist es sogar dasselbe Individuum, das nach jeder Häutung seinen Helm verlängert.

In unserem Falle aber liegt die Sache wesentlich anders; es sprechen folgende Gründe dafür, dass wir es hier mit Varietäten, nicht mit Standortsmodifikationen zu thun haben:

Die grosse Form findet sich stets neben der kleinen, wird also nicht erst im Sommer durch bestimmte Bedingungen erzeugt; ebenso bleiben neben der grossen auch stets die kleinen bestehen.

Die grosse Form tritt nicht allmählich, durch langsame Gipfelverschiebung der Kurve auf, sondern plötzlich.

Die grosse Form bleibt vom Nov. 1898 an allein übrig und herrscht von da an also auch unter denjenigen Bedingungen, unter denen vorher die kleinern Formen auftraten.

Endlich sprechen für Varietäten-Natur ausserdem die oben besprochenen Gründe, namentlich das Auftreten der grössern Form als Lokalrasse in andern Seen und die neben der Länge auftretenden andern Unterschiede.

Die Sache liegt also so, dass im Zürichsee von 1896—1898 nebeneinander drei Varietäten von *Fragilaria* vorkamen, von denen die grösste ihre stärkste

¹⁾ Von dem Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Bau der Planktonorganismen und dem spezif. Gewicht des Süsswassers. Biol. Centralblatt, Bd. XX, No. 18 u. 19, 1900.

²⁾ Wesenberg-Lund führt diese verminderte Tragkraft des Wassers auf die Abnahme des spezif. Gewichts mit der Temperatur zurück. Mein verehrter Kollege Prof. Dr. H. Weber, mit dem ich diese Frage besprach, machte mich darauf aufmerksam, dass in viel höherem Masse als das spezif. Gewicht die Zähigkeit des Wassers abnimmt, nämlich um ca. 5% bei einem Grad Temperaturerhöhung. Einer meiner Schüler hat eine darauf gerichtete Untersuchung begonnen, über die bald berichtet werden soll. (Schröter.)

Vermehrung jeweilen im August und September zeigte.

Vom Nov. 1898 kommt nur noch diese grosse Varietät vor. Das Aussterben der kleinern hängt möglicherweise mit der in diesem Monat beginnenden, bis heute dauernden Epidemie von *Oscillatoria rubescens* zusammen, die ja auch die vorher dominierende Diatomee *Tabellaria fenestrata* sehr stark zurückgedrängt hat.

Durch die sorgfältigen chemischen Untersuchungen des Zürichseewassers, welche der Stadtchemiker seit einer Reihe von Jahren ausführt (publiziert in den Geschäftsberichten des Zürcher Stadtrates, Abteilung Wasserversorgung), sind wir in den Stand gesetzt, auch den allfälligen Zusammenhang zwischen der chemischen Qualität des Wassers und den Veränderungen im relativen Auftreten der *Fragilaria*-Varietäten zu prüfen.

In Fig. 5 (Seite 204) ist in Kurven der Gehalt an organischen Substanzen, an freiem Ammoniak und an albuminoidem Ammoniak in den Jahren 1896—1899 dargestellt (mit gütiger Erlaubnis des Ingenieurs der Wasserversorgung, Hrn. Peter, aus dem Bericht entnommen).

Das Ergebnis ist ein durchaus negatives: Es lässt sich in den Jahren 1896 und 1897 keineswegs eine mit dem plötzlichen Dominieren der grossen Formen im August und September parallel gehende Schwankung im chemischen Gehalt an obigen Substanzen nachweisen.

Die bedeutende Steigerung des Gehaltes an albuminoidem Ammoniak vom Sommer 1898 an ist zweifellos auf das Wuchern der *Oscillatoria* zurückzuführen.

VIII.

Verfolgen wir nun die bleibende Form *subprolongata* vom Sept. 1898 an; so finden wir zunächst im Oktober ein plötzliches Ueberspringen des Hauptgipfels von 102 auf 114, im November steigt er sogar auf 117 und von da an verschiebt er sich wieder langsam nach links: Dezember 1898 ein flacher Gipfel von 111/114, Januar bis April 1899 Gipfel auf 105, Juli bis September 1899 auf 102, Oktober 102—96, Dezember auf 96, Januar bis Februar 1900 auf 96, unter Wiederauftreten eines zweiten auf 105, der sich im weitem Verlauf auch immer weiter nach links verschiebt, bis er

im August auf 90 anlangt, welche Grenze er bis Juni 1901 nicht mehr überschreitet. Mit andern Worten: Wir haben von Oktober 1898 bis Februar 1901 eine kontinuierliche Abnahme der Bandbreite der Kolonien.

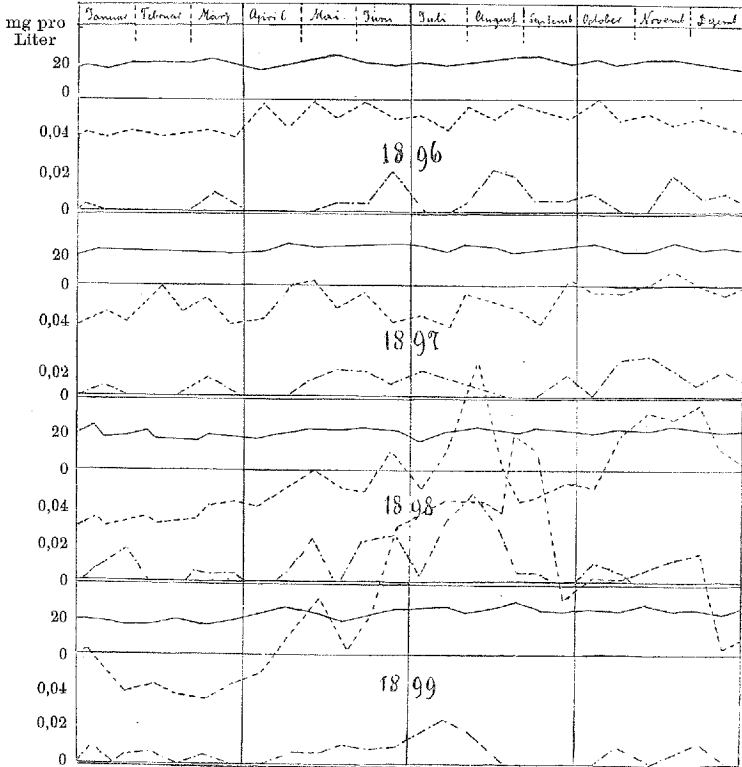


Fig. 5.

Gehalt des Züricher Seewassers an organischen Substanzen (obere Kurve, ausgezogen), albuminoïdem Ammoniak (mittlere Kurve, punktiert), freiem Ammoniak (untere Kurve, Striche und Punkte), ausgedrückt in Milligrammen pro Liter, in den Jahren 1896–1899.

Den Versuch einer Erklärung dieser Verhältnisse können wir in folgender Ueberlegung finden. Das plötzliche Grösserwerden der Hauptmenge der Individuen (Oktober bis November 1898) kann zurückgeführt werden auf eine zu dieser Zeit stattgefunden habende reichliche Auxosporenbildung. Nehmen wir für die Folge-

zeit rein vegetative Vermehrung durch Zweiteilung an und ferner, dass die Planktondiatomeen nicht nachträglich wachsen¹⁾, so würde sich die allmähliche Grössenabnahme aus dem Teilungsmodus der Diatomaceen erklären. Zur Unterstützung dieser Ansicht sei auch auf das allmähliche Kleinerwerden der Hauptmenge der Varietät *curta* vom November 1896 bis Juli 1897 und vom November 1897 bis Mai 1898 hingewiesen, das allerdings entsprechend der geringeren Zeitdauer weniger weitgehend ist.

Wir betonen ausdrücklich, dass diese Erklärung nur als ein Versuch zu betrachten ist, der solange nicht Anspruch auf Sicherheit machen kann, als nicht auch von andern Seen und andern Diatomeenarten ähnliches Verhalten nachgewiesen ist.

IX.

Resumieren wir kurz die Hauptergebnisse:

1. *Fragilaria crotonensis* (Edw.) Kitton tritt in den von uns untersuchten Seen in vier Varietäten auf.
2. Dieselben zeigen im selben See zeitweise ein saisondimorphes Auftreten, zeitweise ein jahrelanges Dominieren der einen.
3. In verschiedenen Seen kommen gleichzeitig verschiedene Varietäten vor, also geographisch lokalisiert.
4. Für die Charakteristik des Auftretens variabler Planktonen ist die variationsstatistische Methode ein vorzügliches Hilfsmittel.
5. Die Variationskurve derselben Species in demselben See ist Schwankungen unterworfen nach Jahreszeiten und nach Jahrgängen. Die Species ist örtlich und zeitlich variabel.
6. Nicht jede saisondimorphe Abänderung entspricht einer direkten Anpassung an die Standortsbedingungen.

¹⁾ Da es uns bis jetzt seit 1896 noch nicht gelungen ist, bei irgend einer Planktondiatomacee des Zürichsees Auxosporenbildung nachzuweisen, obwohl wir tausende von Präparaten zu allen Jahreszeiten durchmusterten (*Asterionella grac.*, *Tabellaria fenestrata* und *Fragilaria crot.* kommen hier stets vor, oft in enormen Mengen), so scheint uns die Annahme eines nachträglichen Wachstums zum Ausgleich des Kleinerwerdens bei der Teilung nicht ausgeschlossen.

7. Nur eine jahrelang fortgesetzte variationsstatistische Untersuchung, im Verein mit gleichzeitigen physikalischen Untersuchungen und Kulturversuchen, kann uns einen Einblick in die verwickelten Verhältnisse der Planktontennatur geben. Namentlich lässt sie uns die zeitliche Variation und die „Entwicklungstendenz“ der Species erkennen.¹⁾ Arithmetische Mittelzahlen sind zum Ausdruck der Grössenverhältnisse ungenügend.

¹⁾ Vergleiche auch: Chodat, Note sur la variation numérique dans l'*Orchis Morio*. — Bulletin de l'Herbier Boissier, seconde série 1901. I. p. 682.