

IV.

Bisherige Resultate variationsstatistischer Untersuchungen an Planktondiatomaceen.

Mitteilung von Prof. Dr. **PAUL VOGLER** (St. Gallen).

(Mit Taf. II u. III und 8 Abbildungen.)

Zur Untersuchung der Größenvariation planktonischer Organismen eignet sich einzig die Methode der Variationsstatistik. Eine bloße Angabe von Mittelzahlen und Extremen kann unter Umständen ein total falsches Bild geben, indem die dem gefundenen Mittelwert zugehörigen Individuen geradezu selten sein können.

Variationsstatistische Untersuchungen über Phytoplanktonen liegen bis jetzt nur wenige vor, die sich alle auf Diatomaceen beziehen. Diese wenigen Arbeiten zeigen aber den Wert und die Brauchbarkeit dieser Methode so deutlich, daß sie unbedingt zu weiteren Untersuchungen dieser Art anregen müssen. Ich folge daher gerne der Aufforderung des Herausgebers dieser Forschungsberichte, an dieser Stelle eine eingehendere Analyse dieser Arbeiten zu bieten.

1. *Fragilaria crotonensis* (EDW.) KITTON.

Im Jahre 1901 publizierte ich¹⁾ gemeinsam mit Herrn Prof. C. SCHRÖTER (Zürich): „Variationsstatistische Untersuchungen über *Fragilaria crotonensis* im Plankton des Zürichsees in den Jahren 1896—1901.“ Es war das die erste Arbeit dieser Art. Die Methode, die wir dabei eingeschlagen, blieb vorbildlich auch für die späteren, und läßt sich kurz folgendermaßen charakterisieren. Es stand uns eine nahezu kontinuierliche Serie von Planktonfängen

¹⁾ Vierteljahrsschrift der Naturf.-Ges. Zürich. Jahrgang XLVI, 1901, p. 185—206.

aus den Jahren 1896—1900 zu Gebote, aus jedem Monat 1—2 Proben. Von jedem Monat wurde eine Probe folgendermaßen untersucht: Es wurde jeweils die Bandbreite (Länge der Einzelindividuen) von 100 *Fragilaria*-Kolonien 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 Okularmikrometer bringen ließen. Als Maßstab diente ein Okularmikrometer, bei dem 1 Teilstrich 3 Mikron entspricht. Für jedes Maß erhält man so eine bestimmte Anzahl Kolonien: die ganze Reihe der Messungen ergibt ein deutliches Bild der Größenvariation. (Voruntersuchungen hatten mir gezeigt, daß 100 Messungen in der Regel genügen, indem eine successive Steigerung auf 200, 300 und 400 das Bild nicht änderte.)

Anschaulicher läßt sich die Variation als Kurve darstellen. Dazu wurden die Bandbreiten auf der Abscissenachse eines rechtwinkligen Koordinatensystems abgetragen, und in jedem Punkte eine Ordinate errichtet, deren Höhe der zur betreffenden Bandbreite gehörenden Anzahl von Kolonien entspricht. Durch Verbindung der Endpunkte der Ordinaten ergab sich die Variationskurve.

Für die ganze Serie erhielten wir 56 Kurven, aus denen sich das Verhalten der *Fragilaria* in den fünf Jahren direkt ablesen ließ. Es ergab sich:

1. Die Bandbreite (= Länge der Einzelindividuen) schwankt von 42 bis 135 Mikron.

2. Es lassen sich eingipflige, zweigipflige und dreigipflige Kurven unterscheiden.

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

4. In den Jahren 1896 und 1898 findet eine regelmäßige Alternanz im Auftreten der kleineren und größeren Formen statt: die größeren dominieren jeweils im August und September, die kleineren in den übrigen Monaten.

5. Bei den von November 1898 an allein vorhandenen

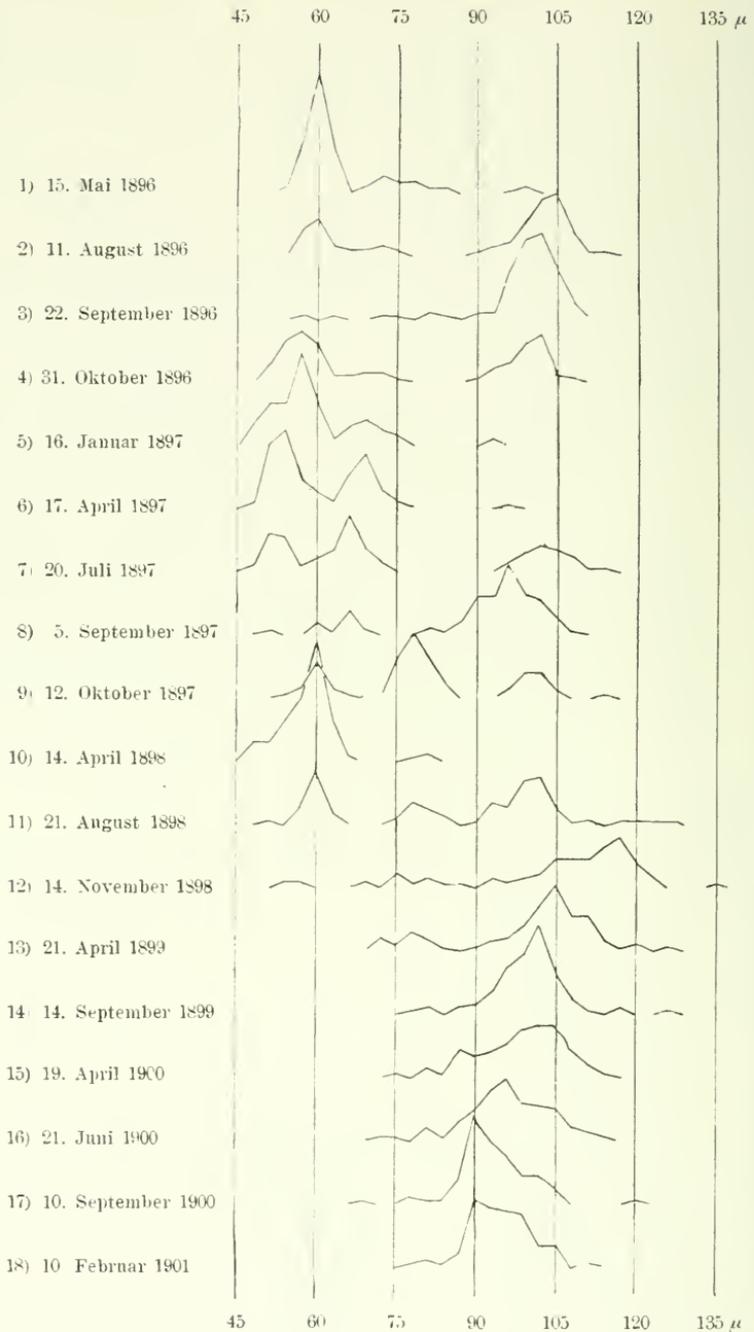


Fig. 1.

Auswahl von Variationskurven der Bandbreite von *Fragilaria crotonensis*
 in Zürichsee. 1896—1901.

(ANS SCHRÖTER UND VÖGLER.)

größeren Formen findet ein allmähliches Herabsinken des Kurvengipfels von 117 bis auf 90 Mikron statt; die Linksverschiebung der übrigen Gipfel ist ebenfalls deutlich ausgeprägt.

Auf die Aufführung der langen Zahlenreihen verzichte ich an dieser Stelle. Die Fig. 1 gibt eine Auswahl derselben in Kurvendarstellung. Bei 1. liegt der Hauptgipfel (= 39% der Kolo-

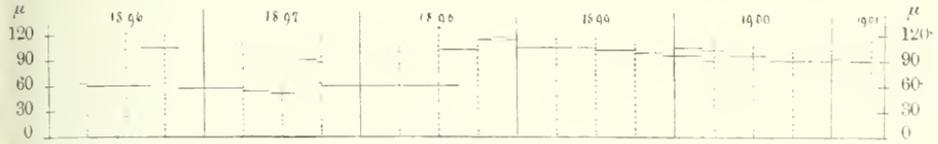


Fig. 2.

Die Verschiebung der Haupt-Kurvengipfel von *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.

(AUS SCHRÖTER UND VÖGLER.)

nen) auf 60 Mikron: 2. besitzt zwei Gipfel: Hauptgipfel (= 20%) auf 105, sekundärer (= 12%) auf 60; 3. Hauptgipfel (= 27%) auf 102; 4. zwei gleichwertige Gipfel (16 resp. 15%) auf 57 und 102 usw. Das plötzliche Größerwerden der Individuen im September 1898 (Kurve 12), sowie die nachherige Größenabnahme der Hauptzahl der Individuen tritt ebenfalls scharf hervor.

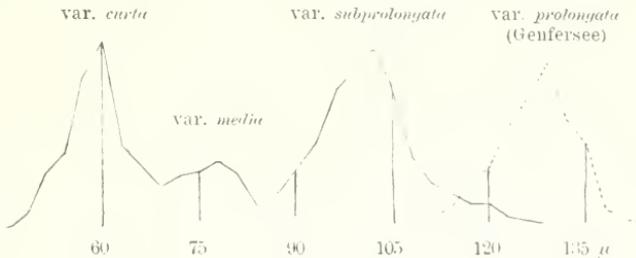


Fig. 3.

Summationskurve

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

(AUS SCHRÖTER UND VÖGLER.)

Vielleicht noch übersichtlicher ist das Verhalten der Hauptmasse der Individuen dargestellt in Fig. 2.

Aus dem uns vorliegenden Material zogen wir folgende Schlüsse:

1. Die Formen bilden von der kleinsten zur größten eine durch ununterbrochene Übergänge zusammenhängende Reihe, es stellt also *Fragilaria crotonensis* im Zürichsee eine einzige Art

dar. Die Mehrgipfligkeit vieler Kurven bleibt dabei aber noch zu erklären. Eine einläßliche Erörterung und Kontrolle der verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten ergab als einzige einleuchtende die Annahme von 3 verschiedenen Varietäten, die in erster Linie durch ihre Größe charakterisiert sind, mit der aber auch andere morphologische und biologische Differenzen parallel gehen. Eine Kurve (Fig. 3), konstruiert nach den ersten 5000 Messungen aus dem Zürichsee, zeigt die Größenverhältnisse der 3 Varietäten in

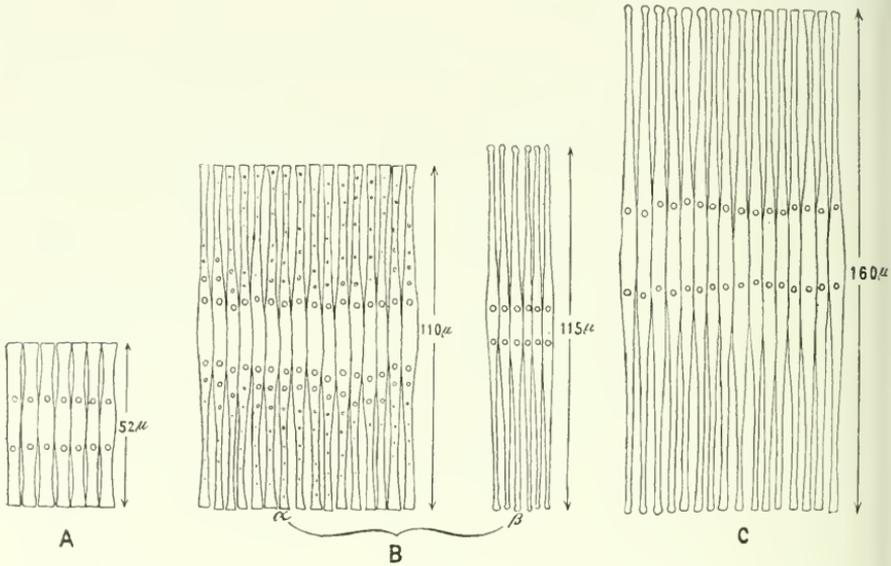


Fig. 4.

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

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

(Aus SCHRÖTER und VÖGLER.)

ihren 3 scharf geschiedenen Gipfeln deutlich: der 4. Gipfel (punktierte Linie) gibt das Bild einer 4. Varietät (der *prolongata* GRUNOW) aus dem Genfersee. In Fig. 4 sind die drei Hauptvarietäten: *curta* SCHRÖTER, *subprolongata* SCHR. und VÖGLER und *prolongata* GRUNOW abgebildet. (Für weitere Charakteristik dieser Varietäten verweise ich auf die Originalarbeit.)

Eine wesentliche Stütze zur Auffassung der verschiedenen Größen als zu verschiedenen Varietäten gehörend, ergab ein Vergleich mit den in einigen anderen Seen vorkommenden. Ein solcher Vergleich war nur möglich auf Grund der Variationskurven.

Fig. 5 zeigt diese. Danach kamen wenigstens im betreffenden Zeitpunkt die einzelnen Varietäten in den untersuchten Seen getrennt vor; nur Luganersee und Untersee (Bodensee) zeigen 2 zu gleicher Zeit.

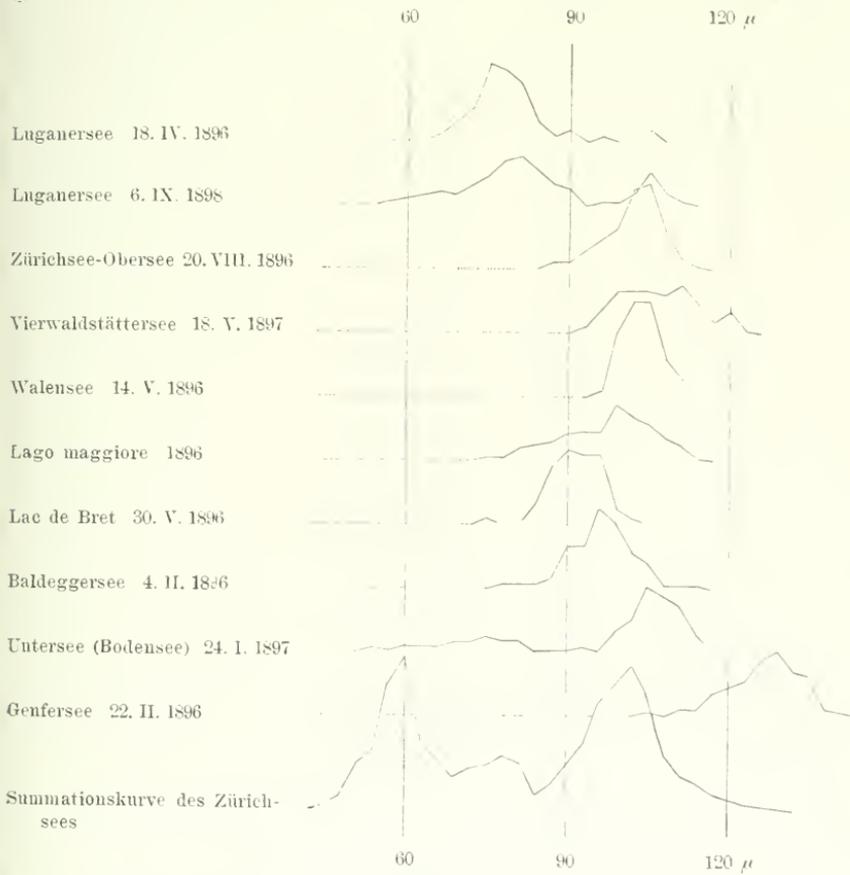


Fig. 5.

Variationskurven von *Fragilaria crotonensis* in verschiedenen Seen.

(Aus SCHÜRÖTER und VÖGLER.)

2. Hätte sich die Untersuchung nur auf die Jahre 1896 bis 1898 erstreckt, so hätten wir auf eine regelmäßige Alternanz zwischen großen und kleinen Formen geschlossen. Da die Temperaturkurve des Seewassers ihr Maximum Ende Juli bis Mitte August besitzt und unmittelbar nachher jeweils die großen Formen herrschend werden, um nach 2 Monaten wieder zurückzutreten, lag die Annahme eines Saisondimorphismus nahe. Dagegen spricht aber, daß von 1898 an die großen Formen (var. *subprolongata*) allein übrig bleiben, auch in den Wintermonaten: daß ferner

vorher immer alle Formen zusammen vorkommen nur mit verschiedener Frequenz. An eine Änderung unter dem Einfluß höherer Wassertemperaturen, oder eine direkte Anpassung an die verminderte Tragfähigkeit¹⁾ des Wassers, kann also nicht gedacht werden. Das Phänomen dieses Abwechselns der Varietäten *curta* und *subprolongata* 1896—1898 bleibt also vorläufig noch unerklärt.

3. Mit Dezember 1898 verschwindet die Varietät *curta* vollständig, um nicht wieder aufzutreten. Da zu gleicher Zeit auch eine Varietät von *Asterionella gracillima* verschwand (vergl. unten), muß ein äußerer Faktor die Ursache bilden. Möglicherweise hängt es zusammen mit der damals plötzlich auftretenden Epidemie von *Oscillatoria rubescens*, die vorher dem Zürichsee gefehlt hatte.

4. Das interessanteste Resultat scheint mir aber folgendes zu sein. Verfolgen wir die Varietät *subprolongata* vom September 1898 an, so finden wir zunächst im Oktober ein plötzliches Überspringen des Hauptgipfels von 102 auf 104 Mikron, im November steigt er sogar auf 117, verbunden mit starker Unregelmäßigkeit der Kurve und von da an verschiebt er sich wieder langsam nach links: Dezember 1898 ein flacher Gipfel auf 111/114, Januar bis April 1899 Gipfel auf 105, Juli—September auf 102, Oktober 102—96, Dezember auf 96, Januar—Februar 1900 auf 96, unter Wiederauftreten eines zweiten auf 105, der sich im weiteren Verlauf auf immer weiter nach links verschiebt, bis er im August auf 90 anlangt, welche Grenze er bis Juni 1901 nicht mehr überschreitet. (Vergl. Fig. 2.) Mit anderen Worten: Wir beobachten vom Oktober 1898 bis Februar 1901 eine kontinuierliche Abnahme der Bandbreite der Großzahl der *Fragilaria*-Kolonien. — Eine ähnliche, wenn auch entsprechend der kürzeren Zeitdauer geringere Gipfelverschiebung zeigt uns die Hauptmenge der Varietät *curta* vom November 1896 bis Juli 1897 und vom November 1897 bis Mai 1898.

¹⁾ Ich kann nicht unterlassen, hervorzuheben, daß bei dieser Gelegenheit SCHRÖTER als erster auf die Bedeutung der Abnahme der Zähigkeit des Wassers bei steigender Temperatur für das Phänomen des Schwebens der Planktonorganismen aufmerksam machte (a. a. O., Anmerk. p. 202). Die Wichtigkeit dieses Faktors ist bekanntlich später von W. OSTWALD in einer Reihe einflüßlicher Untersuchungen direkt nachgewiesen worden. (Vergl. unter anderen: diese Berichte X, 1—49.)

Wir suchten damals das Phänomen folgendermaßen zu erklären: »Das plötzliche Größerwerden der Hauptmenge der Individuen (Oktober—November 1898) kann zurückgeführt werden auf eine zu dieser Zeit stattfindende reichliche Auxosporenbildung. Nehmen wir für die Folgezeit rein vegetative Vermehrung durch Zweiteilung an und ferner, daß die Planktondiatomaceen nicht nachträglich wachsen, so würde sich die allmähliche Größenabnahme aus dem Teilungsmodus der Diatomaceen erklären.« Da wir nie Auxosporen beobachtet hatten, stellten wir diesen Schluß damals nur als einen Erklärungsversuch hin, bis an anderen Diatomaceenarten ein ähnliches Verhalten nachgewiesen sei. Da das nummehr (vergl. unten) geschehen ist, dürfte wohl diese Erklärung Anspruch auf Richtigkeit machen.

Nachdem über diese erste Arbeit etwas einläßlicher berichtet wurde, können die übrigen kürzer behandelt werden. HENRI LOZERON, ein anderer Schüler Prof. SCHRÖTERS, untersuchte in gleicher Weise aus dem gleichen über 5 Jahre sich erstreckenden Material das Verhalten von *Asterionella gracillima* (HANTZSCH) HEIBERG und von *Tabellaria fenestrata* Ktz.

2. *Asterionella gracillima* (HANTZSCH) HEIBERG.¹⁾

Das Verhalten dieser hübschen Planktondiatomacee im Zürichsee zeigt Tafel II. Sie läßt folgendes erkennen:

1. Die Individuenlänge schwankt zwischen 39 und 103 Mikron.
2. 1896 finden wir zwei scharf geschiedene Gipfel:
 - a) den ersten von 66 bis 63 Mikron.
 - b) den zweiten von 96 bis 92 Mikron.
3. Mit Frühjahr 1899 verschwindet der 2. Gipfel von 96 bis 92 Mikron: dafür erscheint ein neuer auf 46—52 Mikron. Dieser entspricht den hier zum erstenmal als Ketten auftretenden Kolonien.
4. Von 1898 bis 1902 erscheinen bisweilen noch einzelne Individuen, welche dem verschwundenen Gipfel angehören.
5. Wir sehen die Gipfel sich langsam nach links verschieben, also die Länge der Individuen abnehmen.

¹⁾ LOZERON, H.: La répartition verticale du Plankton dans le Lac de Zurich, de décembre 1900 à décembre 1901. (Inauguraldissert. Zürich 1902. — Vierteljahresschrift der naturf. Gesellschaft Zürich, 47. Jahrgang 1902.) Kap. XII, Statistique des variations de l'*Astrionella gracillima* pendant les années 1896—1901.

(Die punktierten Kurven vom 10. Februar 1901 bis 1. September 1901 geben das Verhalten der *Asterionella* in 50 m Tiefe.)

Auch LOZERON zieht zur Erklärung der Mehrgipfligkeit der Kurven die Annahme verschiedener Varietäten heran: nämlich einer *biformis*, einer *genuina* und *maxima*. Zur Unterstützung dieser Ansicht zieht er ebenfalls das Verhalten der *Asterionella* in anderen Schweizerseen heran. Tafel III gibt darüber genügend Aufschluß.

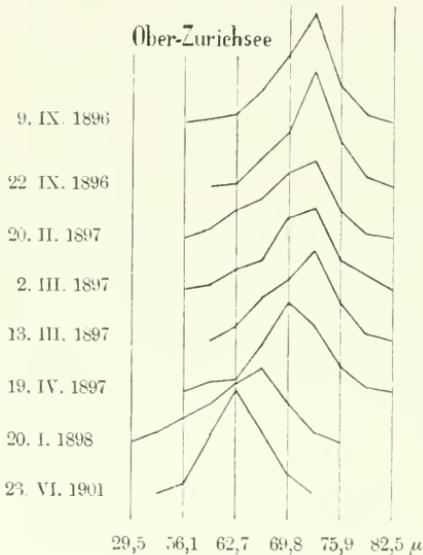


Fig. 6.

Die Größenvariation von *Asterionella gracillima* im Oberen Zürichsee.
(Aus LOZERON.)

Die allmähliche Gipfelverschiebung nach links stimmt vollständig überein mit dem Verhalten der *Fragilaria*. Fast noch deutlicher tritt dies hervor in den Fängen vom sogen. oberen Zürichsee, der mit dem eigentlichen Zürichsee nur durch die sehr schmale Enge bei Rapperswil in Verbindung steht. (Vergl. Fig. 6.)

LOZERON hält aber trotz dieser Übereinstimmung den Zusammenhang des plötzlichen Größerwerdens und der nachherigen Abnahme mit der Auxosporenbildung nicht für erwiesen.

3. *Tabellaria fenestrata* Ktz.¹⁾

Viel einfachere Verhältnisse ergaben sich bei *Tabellaria fenestrata*. Die Kurven waren immer eingipflig. Ebenso unterschieden sie sich wenig, ob das Plankton von der Oberfläche, oder aus 50 m stammte, ob nur die Kettenkolonien, oder die Sternkolonien berücksichtigt wurden. Es besitzt also *Tabellaria* im Zürichsee nur eine Varietät. Aber auch hier konnte die Verschiebung dieses einen Gipfels nachgewiesen werden, und zwar beträgt sie $1\frac{2}{5}$ Mikron im Jahr. Fig. 7 zeigt diese Verhältnisse.

¹⁾ LOZERON a. a. O. Kap. XIII. Statistique des variations de la *Tabellaria fenestrata* Ktz.

4. *Cyclotella bodanica* (EULENSTEIN) var. *lemanica* O. MÜLLER.¹⁾

Diese Alge hat H. BACHMANN im Vierwaldstättersee längere Zeit verfolgt und dabei auch die Schwankungen der Größenverhältnisse festgestellt. Über das Ergebnis berichtet er folgendermaßen (p. 118): »Im August 1900 sind bei noch geringer Entwicklung die meisten Cyclotellen von einem Durchmesser von 37—51 Mikron, also von mittlerer Größe. Nun beginnt eine rege Zellteilung: Daher zeigen die Monate Oktober und November eine einfache Kurve, deren Gipfel zwischen 30 und 40 Mikron liegt. Im Dezember, wo die Zahl der Cyclotellen im

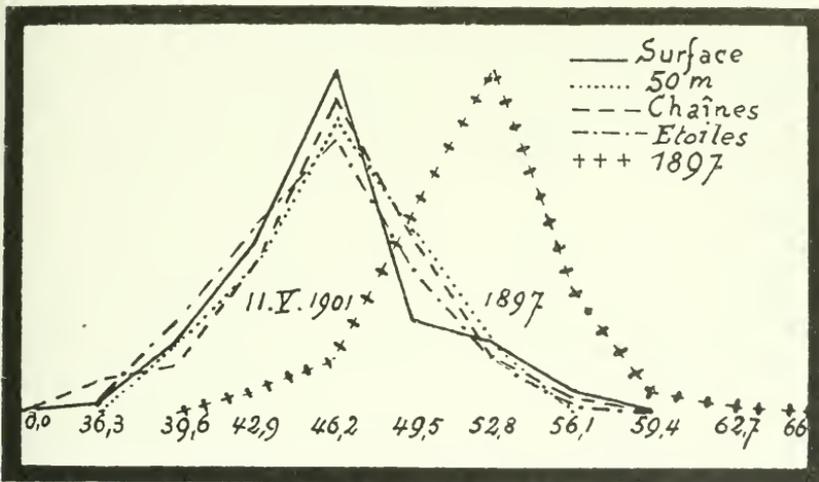


Fig. 7.

Die Größenvariation von *Tabellaria fenestrata* im Zürichsee.
(AUS LOZERON.)

Plankton wieder sehr abgenommen hat, ist die Kurve sehr unregelmäßig. Der Gipfelpunkt derselben liegt zwischen 40 und 50 Mikron. Ihr rechter Ast greift bis in die 68 Mikron hinüber und zeigt sogar bei 61 einen sekundären Gipfel. Diese Kurve wäre nun geeignet, unter den Cyclotellen des Monats Dezember drei verschiedene Varietäten zu wittern: eine große, eine mittlere und eine kleinere. Der sekundäre Gipfelpunkt des linken Kurvenastes rührt in der Tat häufig von einer zweiten *Cyclotella*-Art her, nämlich von *C. solstitialis*, deren höchster

¹⁾ BACHMANN, HANS (LUZERN). Botanische Untersuchungen des Vierwaldstättersees, I. *Cyclotella bodanica* (EULENSTEIN) var. *lemanica* O. MÜLLER und ihre Auxosporenbildung. (Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Band XXXIX, Heft 1.)

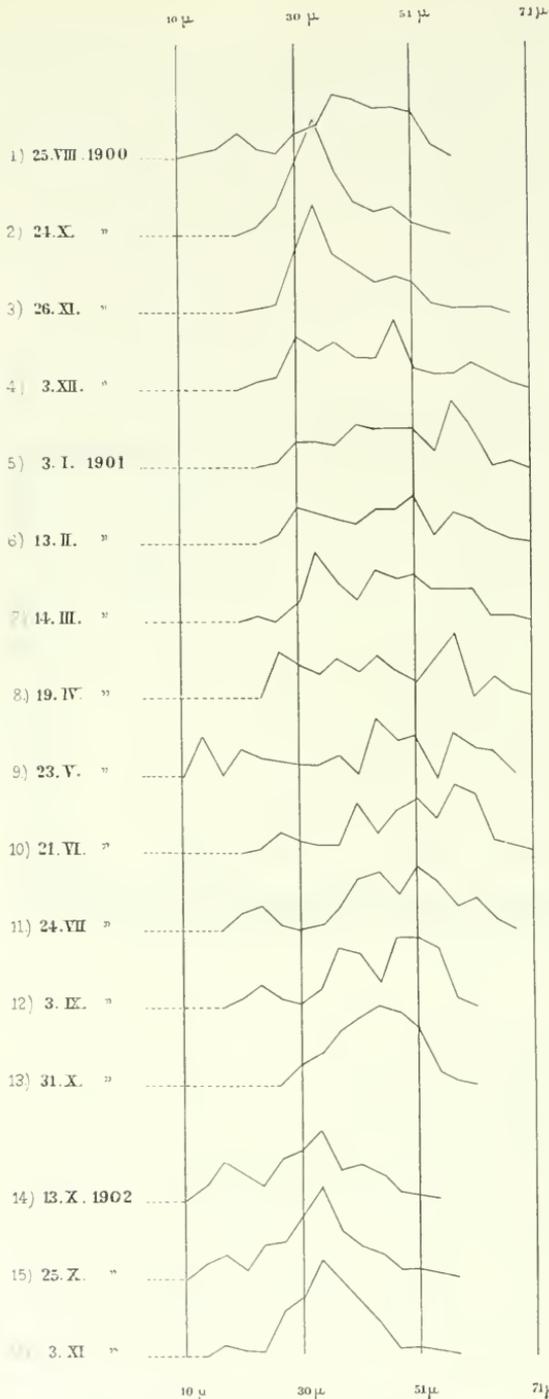


Fig. 8. Kurven von *Cyclotella bodanica*
aus dem Vierwaldstättersee.
(Nach BACHMANN.)

Durchmesser 34 Mikron beträgt. Ein solcher Gipfelpunkt, von *C. solstitialis* herrührend, ist in den Kurven vom August 1900, März, April, Mai, Juni, Juli, September 1901 zu beobachten. Der Gipfelpunkt zwischen 40 und 50 Mikron gehört der *C. bodanica* var. *lemanica* an und der dritte Gipfelpunkt bei 61 Mikron bezeichnet nicht eine eigene Varietät, sondern diejenigen Zellen, welche durch Auxosporenbildung entstanden sind. Sobald Auxosporenbildung eintritt, wird also die Kurve kompliziert, mehrgipflig und ist nicht geeignet, zur Art- oder Varietäten-Unterscheidung benützt zu werden.«

(Um die BACHMANN'schen Kurven, die in etwas anderer Manier ausgeführt sind, direkt vergleichbar zu machen mit denen von *Fragilaria* und *Asterionella*, habe ich sie in Fig. 8 nach seinen Zahlenangaben umgezeichnet.)

Auch dieses Resultat zeigt weitgehende Übereinstimmung mit dem an den anderen Diatomaceen gefundenen. Es zeigt aber auch, daß, wenn nur eine einzige Kurve vorliegt, der Schluß auf das Vorhandensein mehrerer Varietäten aus Mehrgipfligkeit sehr gewagt ist. Gegen die Varietätenunterscheidung bei *Fragilaria* und *Asterionella* spricht das natürlich keineswegs.

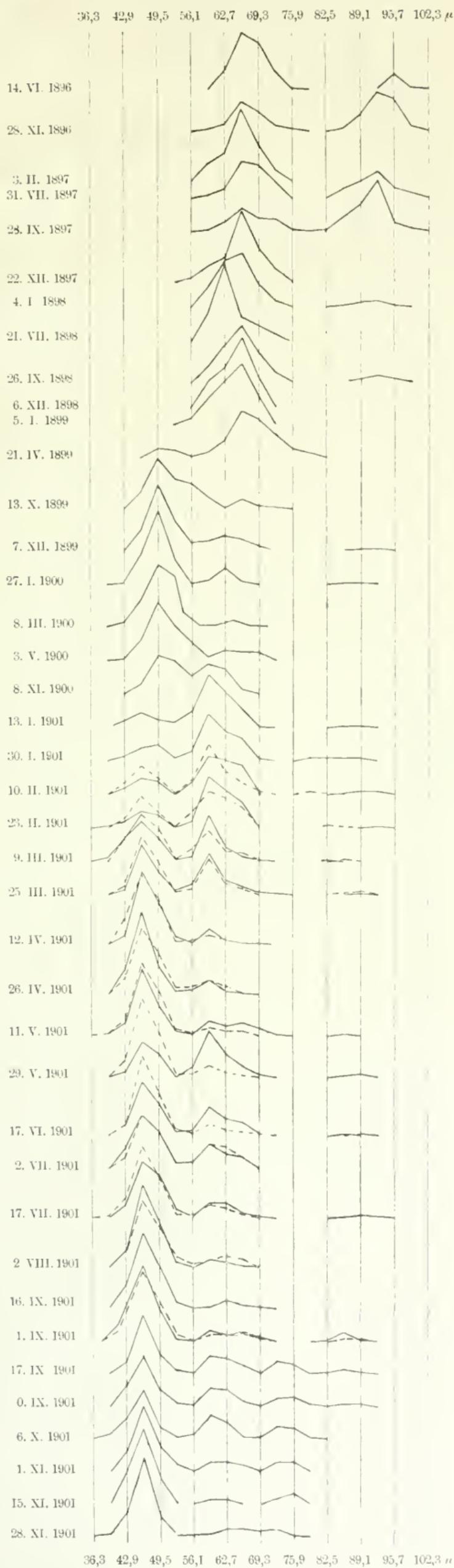
Am wichtigsten aber erscheint mir, daß auch hier die Verschiebung des Gipfels nach links deutlich ausgeprägt ist, vergleiche Kurve 1—4, sodann 10—13 und 14—16, und daß das plötzliche Größerwerden der Individuen in Kurve 4 und 5 mit der Zeit tatsächlich beobachteter Auxosporenbildung zusammenfällt. Ein plötzliches Verschieben des Gipfels nach rechts, verbunden mit starkem Unregelmäßigerwerden der Kurve bezeichnet also der Moment der Auxosporenbildung. — (Leider ist das Bild der BACHMANN'schen Kurven etwas getrübt durch die Vermischung mit *Cyclotella solstitialis*.)

Schluß.

Soweit, was bisher an variationsstatistischen Originalarbeiten vorliegt. Wir können uns zum Schluß kurz fassen. Die Brauchbarkeit oder besser die Unentbehrlichkeit der Variationsstatistik für planktontologische Untersuchungen leuchtet nach dem Gesagten wohl ein. Nur auf diesem Wege ist es überhaupt möglich, die Größenvariation eines Planktonorganismus scharf zu fassen und ihre eventuelle Abhängigkeit von äußeren Faktoren zu verfolgen: die örtliche und zeitliche Variation nachzuweisen. Die Kurven können uns ferner leiten bei der Aufsuchung von Auxosporen, da sie uns wenigstens andeuten, zu welchem Zeitpunkt wir sie am ehesten zu erwarten haben. Ich hege die Hoffnung, daß der eine oder andere Fachkollege, dem ähnliche Planktonserien zur Verfügung stehen, durch diese kleine Zusammenfassung bisheriger Resultate zu ähnlichen Untersuchungen veranlaßt werde. Liegt einmal eine größere Zahl solcher Arbeiten vor, so wird auch die Frage nach dem Varietätencharakter der verschiedenen Größen sicherer entschieden werden können, als es heute der Fall ist. Mit reichlicherem Material werden aber auch neue Probleme auftauchen, womit der Planktontologie neue Freunde zugeführt werden.

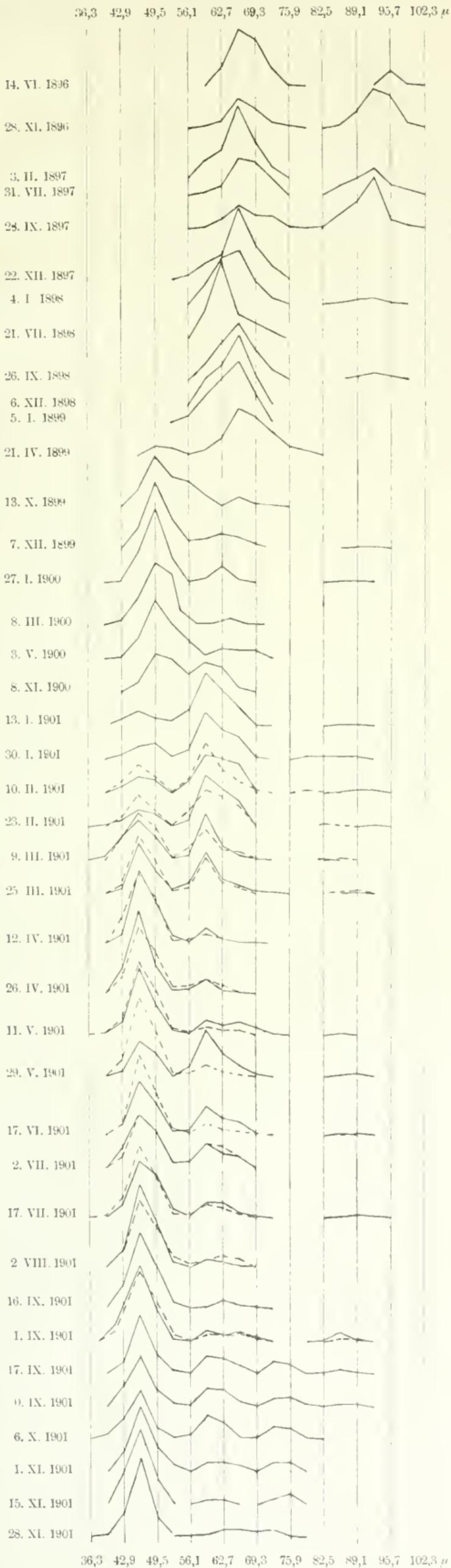
Variationskurven, darstellend die Länge der Einzelindividuen von *Asterionella gracillima* im Zürichsee 1896—1901.

(Aus LOZERON.)



Variationskurven, darstellend die Länge der Einzelindividuen von *Asterionella gracillima* im Zürichsee 1896—1901.

(Aus LOZERON.)



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Vogler Paul

Artikel/Article: [Bisherige Resultate variationsstatistischer Untersuchungen an Planktondiatomaceen 90-101](#)