Über die vertikale Schichtung des Planktons im Ulmener Maar

und die

Planktonproduktion der anderen Eifelmaare.

Von

August Thienemann,
Plön (Holstein).

Mit 12 Tabellen und 8 Kurventafeln im Text.

Inhalt.

Seite

Einleitung 104
I. Die Planktonschichtung im Ulmener Maar 105
A. Die einzelnen Beobachtungsreihen 106
B. Allgemeines über die Planktonschichtung im Ulmener Maar 116
C. Notizen über die tägliche Vertikalwanderung des Planktons in den Maaren 118
II. Planktonreichtum und Planktonschichtung in den übrigen Eifelmaaren 125
Literaturverzeichnis 134

Bei der seit August 1910 auf Veranlassung und unter Leitung Professor Dr. Walter Voigts vorgenommenen hydrobiologischen Untersuchung der Eifelmaare wurden auch zahlreiche Planktonproben gesammelt. Die äußeren Umstände brachten es mit sich, daß im wesentlichen qualitativ gefischt wurde und daß nur das Planktonnetz und Planktonsieb als Fanggeräte benutzt wurden; das Nannoplankton, dessen große Bedeutung für den Stoffhaushalt der Gewässer uns die Untersuchungen der letzten Jahre immer klarer enthüllt haben, wurde also bis jetzt nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser qualitativen Planktonstudien in den Eifelmaaren werden von anderer Seite zusammengestellt und veröffentlicht werden.

Ich selbst habe einige, wenn auch sehr lückenhafte, Beobachtungen über die Vertikalverbreitung des Netz- oder Siebplanktons angestellt.

Es kam mir dabei darauf an, zu zeigen, welchen Einfluß die eigentümlichen chemischen und thermischen Schichtungsverhältnisse im Ulmener Maar (vergl. Thienemann 1915 p. 329ff.) auf die Planktonten ausüben, und fernerhin auch zahlenmäßig festzustellen, daß die beiden auf Grund ihrer hydrographischen Eigenart unterschiedenen Maartypen (vergl. Thienemann 1913; 1915) auch in planktologischer Beziehung völlig verschiedene Seetypen sind.

Lückenhaft mußten diese Beobachtungen bleiben, weil sie anfangs nur neben den zuerst wichtigeren Untersuchungen über die Hydrographie und Bodenfauna der Maare angestellt wurden und daher wenig zahlreich sind; ihren weiteren Ausbau hat der Krieg unmöglich gemacht. Lückenhaft waren sie auch wegen der angewandten Methodik; das Wasser wurde aus den verschiedenen Tiefen mit einer Pumpe oder einem Wasserschöpfer (Meyerscher Schöpfflasche oder Thiesingschem Wasserschöpfer) entnommen und dann durch ein feinstes Planktonnetz resp.

durch das Kolkwitzsche Planktonsieb filtriert. Daher wurden nur die größeren Planktonten wirklich quantitativ erbeutet.

Da ich aber jetzt Westdeutschland verlasse, so will ich hier doch wenigstens die im Ulmener Maar gewonnenen Ergebnisse, da sie bei der hydrographischen Eigenart des Ulmener Maares nicht ohne allgemeineres Interesse sind, zusammenstellen, so fragmentarisch sie auch sind, und anhangsweise dann auf einige, in den anderen Maaren erzielten Resultate, hinweisen.

Vielleicht regen meine Zeilen zu einer eingehenden, mit den Methoden der modernen Planktonforschung anzustellenden Untersuchung der Vertikalschichtung des Planktons in den Eifelmaaren, die vor allem auch das Nannoplankton berücksichtigen müßte, an. Eine solche Untersuchung wird gerade in den Eifelmaaren leicht wertvolle allgemeine Ergebnisse bringen, weil ja, wie ich zeigen konnte, die verschiedenen Maare gleichsam die Typen des Alpensees und Sees der Tiefebene repräsentieren, Typen, die in der Eifel unmittelbar nebeneinander liegen, sodaß alle geographischen Momente für die Beurteilung ihrer hydrobiologischen Eigentümlichkeiten ausscheiden.

I. Die Planktonschichtung im Ulmener Maar.

Für die hydrographischen Verhältnisse des Ulmener Maares verweise ich auf meine Veröffentlichungen von 1913 und 1915.

Ich will hier nur kurz daran erinnern, daß das Ulmener Maar das kleinste der Eifelmaare ist. Bei einem Durchmesser von 325 bzw. 225 m hat es eine größte Tiefe von 37 m. Durch eine in seiner Tiefe entspringende, natronhaltige Quelle (ca. $^1/_2$ gr Salze im Liter) nimmt es eine Sonderstellung unter allen Maaren ein. Dieses salzigere Wasser erfüllt den Maartrichter nach oben bis zur 20 m-Schicht. Zwischen 12 und 20 m ist eine Mischschicht

vorhanden, in der der Salzgehalt mit der Tiefe zunimmt, darüber lagert ein Wasser mit ziemlich gleichmäßigem, niedrigem Salzgehalt; seine Konzentration beträgt etwa ein Drittel von der des Tiefenwassers. Diese scharfe, das ganze Jahr hindurch vorhandene chemische Schichtung der Wassermassen des Ulmener Maares bringt eine eigenartige Thermik mit sich. Während im Winter, unter Eis, und solange sich die Oberfläche nicht über 4° erwärmt, die Schichtung der Wassermassen des Maares eine katotherme ist, d. h. die Temperatur von der Oberfläche nach der Tiefe zu steigt, ist schon im März eine dichotherme Schichtung vorhanden, d. h. Oberflächenwasser und Tiefenwasser sind wärmer als die mittleren Schichten; und diese Dichothermie wird um so deutlicher, je mehr die Sommersonne die oberen Schichten erwärmt. Im Tiefenwasser ist ein Gas, und zwar höchstwahrscheinlich Methan in großer Menge vorhanden. Starke Oxydationsprozesse setzen bei Eisbedeckung den O_2-gehalt des Maares bis in die oberen Schichten stark herab (bis auf 51,7% der Sättigung direkt unter dem Eis). Bei scharfer thermischer Sprungschicht sinkt im Metalimnion der O_2-gehalt rapide. Das Tiefenwasser von 20 m ab enthält nur 0—1,04 ccm O_2 im Liter. Wie wirkt diese hydrographische Schichtung auf die Schichtung des Planktons im Maare?

A. Die einzelnen Beobachtungsreihen.

a) 2. Februar 1914. 10 Uhr vormittags; unter Eis.

Klares, sonniges, windstilles Wetter. Eisdicke 27 cm; dünne Schneedecke. Lufttemperatur —6,2° C. Wasserfarbe XVIII—XIX (mit mehr Gelb). Sichttiefe 2,75 m. In der Mitte des Maares gearbeitet. Je 1 Liter Wasser mit dem Thiesingschen Wasserschöpfer entnommen und durch das Kolkwitz-Sieb filtriert.

Im Liter Wasser sind enthalten:

Tabelle I.

Tiefe in m	Polyarthra platyptera	Notholca longispina	Triarthra longiseta	Anuraea cochlearis	Anuraea aculeata	Daphnia longispina	Bosmina longirostris	Diaptomus graciloides	Nauplien	Summe der gezählten Planktonten	Temperatur in °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter	O_2-Gehalt in % der Sättigung	Abdampfrückstand in mg pro Liter
0									30	30	0,2	4,99	51,7	193,6
1									12	12	2,6			
2	12	12			12			1	30	67	2,8			
3	50	12		13			1	1	75	152	2,9			
4				12				2	12	26	2,9			
5	30	12							12	54	2,95	4,61	50,7	
7	40							5	12	57				
10	160	12	40	25			5	20	30	292	3,15	4,48	49,5	184,8
25	12					1		8	40	61	3,65	1,96	21,9	222
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,4	0,47	5,6	438,8
35								1		1	7,4	0,1	1,2	465,6

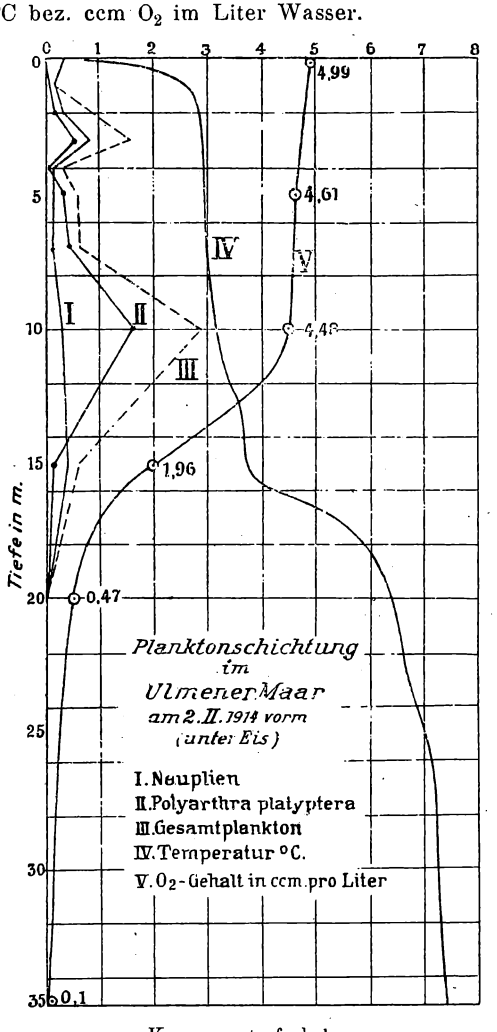
In 35 m eine Corethralarve.

Der Zusammenhang zwischen Plankton- und Sauerstoffschichtung wird durch die graphische Darstellung Kurventafel 1 noch klarer (von der Konstruktion von „Kugelkurven" wurde wegen der niedrigen Planktonzahlen abgesehen).

Es finden sich im Siebplankton also nur tierische Organismen. Die verschiedenen Arten — Rotatorien und Crustaceen — zeigen etwa die gleiche Schichtung: 0—2 m, d. h. die dem Eis zunächst liegenden Schichten enthalten außer Nauplien nichts. 3 m: ein kleines Maximum, wahrscheinlich mit Abschmelzverhältnissen des Eises und dadurch bewirkten Strömungen zusammenhängend.

Bis 10 m Zunahme aller Formen (mit Ausnahme der Nauplien) bis zur Maximalentwicklung; das Maximum ist wohl entwickelt.

Von 10 m an starke Abnahme; in 15 m Planktongehalt schon sehr gering, von 20 m an kein Plankton mehr.



Kurventafel 1.

In 35 m nur 1 Corethralarve, sowie ein *Diaptomus*, letzteres wohl ein Zufallsfund ohne Bedeutung. Ich deute diese Schichtung so:

Bei genügend hohem, gleichbleibenden O_2-gehalt steigt die Planktonmenge mit der Temperatur bis in eine Tiefe von 10 m; hier beginnt plötzlich die chemische Mischschicht und setzt der O_2-schwund ein; das Maximum der Rotatorien wie Crustaceen liegt also an der Grenze chemisch differenter Wasserschichten. Wahrscheinlich liegt hier auch das Maximum der beiden Organismen zur Nahrung dienenden Nannoplanktonten, besonders auch der Bakterien (?)[1]). Der nun mit der Tiefe immer zunehmende O_2-schwund läßt auch das Zooplankton immer mehr verschwinden.

Ein O_2-gehalt von 4,48 ccm pro Liter (= 49,5 %) ist noch für alle Formen normal,

bei 1,96 ccm (= 21,9 %) finden nur noch die Nauplien günstige Lebensbedingungen,

bei 0,47 ccm (= 5,6 %) ist alles Zooplankton verschwunden,

bei 0,1 ccm (= 1,2 %) lebt nur noch die Corethralarve.

b) 6. April 1913, 9 Uhr vormittags.

Nach regnerischer Nacht klar und sonnig. Lufttemperatur 11 h. a. m. 12,5° C. Sichttiefe 3 m. Wasserfarbe XVII (mit mehr Gelb).

Mit der Meyerschen Schöpfflasche Wasser entnommen und je 1 Liter durch das Kolkwitz-Sieb filtriert.

Im Liter Wasser sind enthalten:

---

1) Ruttner (1914, p. 324) meint allerdings, in solchen Fällen liege ev. „eine ähnliche Erscheinung vor, wie die Chemotaxis gewisser Bakterien auf niedrige Sauerstoffspannungen."

Tabelle II.

Tiefe in m	Ceratium hirundinella	Notholca longispina	Triarthra longiseta	Diaptomus graciloides	Nauplien	Gesamtmenge pro ccm des Zooplanktons	Temperatur in °C	O_2 Gehalt in ccm pro Liter	O_2-Gehalt in % der Sättigung	Abdampfrückstand in mg pro Liter
0	0	0	400	10	38	448	7,2	7,8	95,1	175,2
1	250	110	310	13	44	477	7,5			
2	0	170	375	74	77	696	7,4			
3		62	375	30	5	472	7,4			
5		0	0	14	1	15	7,3	7,4	89,2	182,0
8					1	1	6 m=6,0 7 m=6,0			
10				2	8	10	4,9	6,1	70,1	189,6
15							4,8	2,0	23	208,0
20							4,8	1,5	17,3	418,8
25							6,9	1,5	18,1	418,8
35							7,2	1,0	12,1	478,0

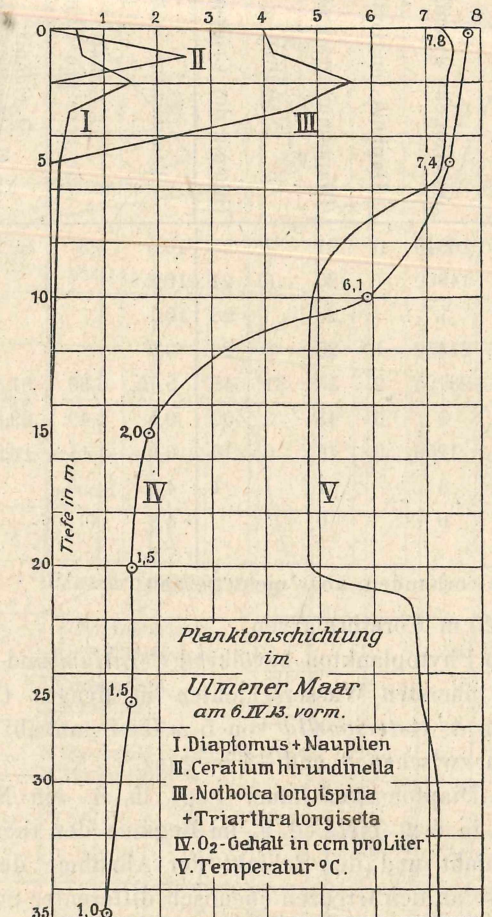
In 20 m sowie dicht über dem Grund Corethralarven; in den Oberflächenfängen keine Corethralarven.

Plankton in nennenswerter Menge findet sich also nur in den obersten 5 Metern. Phytoplankton (*Ceratium*) in 1 m Tiefe.

Maximum des Zooplanktons in 2 m Tiefe. Dieses Maximum kann, wie aus den Kurven unmittelbar hervorgeht, nicht mit chemischen oder thermischen Ursachen zusammenhängen, muß vielmehr rein biologisch — wohl durch Anhäufung von Nannoplanktonten als Nährtieren jener Zooplanktonten — bedingt sein.

Mit Beginn der thermischen Sprungschicht in 5 m Tiefe bei normal hohem O_2-gehalt sind alle Planktonten bis auf die Nauplien verschwunden. Diese, wie vereinzelt *Diaptomus* reichen noch bis 15 m Tiefe, d. h. bis zum Beginn der chemischen Mischschicht.

Es sind also verschwunden:
Diaptomus und Nauplien bei 2 ccm O_2 (= 23 %).
Die Corethralarve lebt noch bei 1 ccm O_2 (= 12,1 %).



Kurventafel 2.

c) 3. Oktober 1912, 9 Uhr vormittags.
Sichttiefe 2,2 m. Wasserfarbe XVII (mit mehr Gelb).
Mit Thiesingschem Wasserschöpfer gesammelt; je 4 Liter durch das Kolkwitz-Sieb filtriert.

1 Liter Wasser enthält:

Tabelle III.

Tiefe in m	Ceratium hirundinella	Asterionella gracillima	Daphnia longispina	Diaptomus graciloides	Nauplien	Summe der Crustaceen	Temperatur in °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter	O_2-Gehalt in % der Sättigung	Abdampfrückstand in mg pro Liter
0	6720	16940	0	21	7	28	10,5	6,3	83,2	112
1	5750	14900	1	20	3	24	10,8			
3	+	+		28		28	10,1			
4	5690	21450	1	25	0	26	9,9			
5	4500	23125	2	15	31	48	9,75	6,39	81,8	127
6	+	+	6	43	3	52	9,5	5,49	69,8	
8	156	1250	0	16	0	16	6,3	1,14	13,5	124
14	0	5		1		1	4,8	Spuren		177
20		0		0			4,8	0		462
30							7,2			478

+ = vorhanden, aber nicht gezählt.

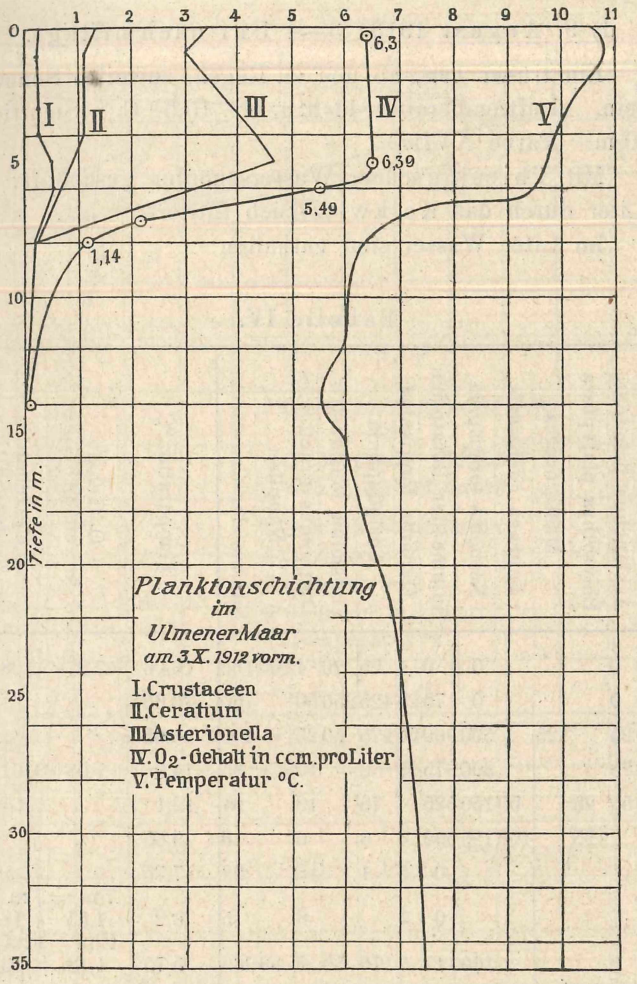
In 20 m Corethralarven.

Vom Phytoplankton bevölkern *Ceratium* und *Asterionella* die obersten Wasserschichten in Menge; *Ceratium* nimmt von 4, *Asterionella* von 5 m Tiefe an ab; sie verschwinden zwischen 8 und 14 m ganz.

Ein Diaptomusmaximum liegt in 6, ein Nauplienmaximum in 5 m Tiefe, d. h. im Beginne der thermischen Sprungschicht und der Schicht der Abnahme des O_2-gehaltes, also an den Grenzen chemisch differenter Schichten. (Für den Versuch der Erklärung dieser Lage vergl. oben p. 109.) Unterhalb der 6 m-Schicht nehmen auch die Crustaceen rasch ab.

Im ganzen also reiche Planktonentwicklung im Epilimnion, rapide Abnahme im Metalimnion, Hypolimnion planktonleer (nur *Corethra* vorhanden).

Bei einem O_2-gehalt von 1,14 ccm (= 13,5 %) sind *Daphnia longispina* und die Nauplien verschwunden,



Kurventafel 3.

Diaptomus tritt noch in geringer Zahl auf; er verschwindet in einem Wasser, das nur noch Spuren O_2 enthält.

Corethra lebt in 20 m Tiefe noch in einem Wasser, in dem chemisch kein Sauerstoff nachzuweisen ist (vergl. hierzu Binge und Juday 1911 p. 122).

d) 9. August 1913, 3—4 Uhr nachmittags.

Ein trüber Tag, ab und zu Regen, zuweilen Sonnenschein. Lufttemperatur 11 h. a. m. 13,5° C. Sichttiefe 1,20 m. Farbe XVII.

Mit Thiesingschem Wasserschöpfer geschöpft; je 1 Liter durch das Kolkwitz-Sieb filtriert.

Im Liter Wasser sind enthalten:

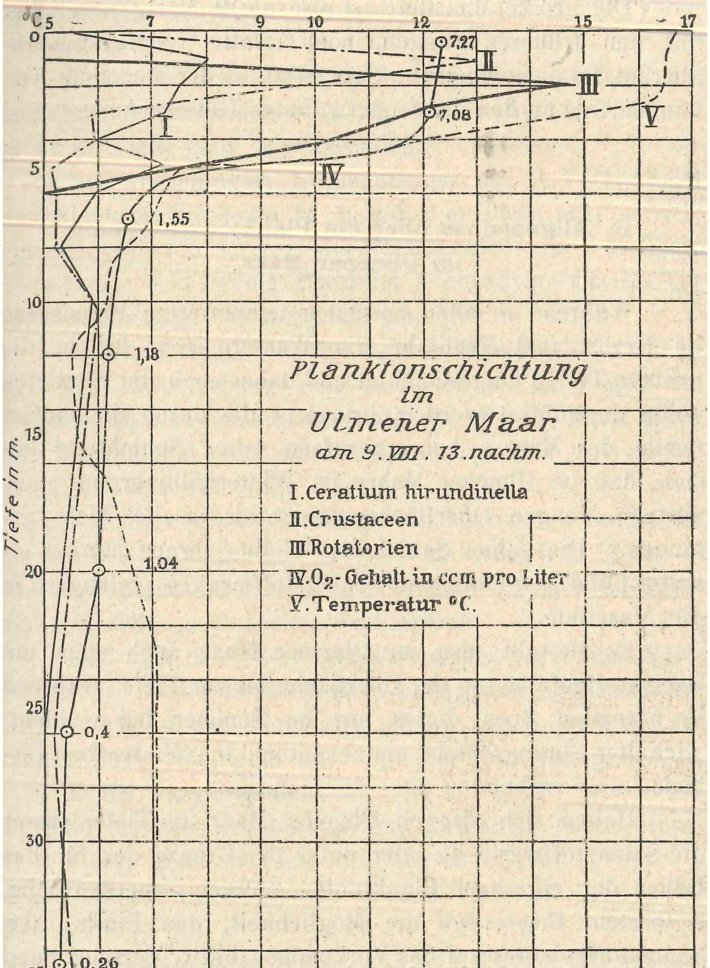
Tabelle IV.

Tiefe in m	Ceratium hirundinella	Pedalium mirum	Asplanchna priodonta	Polyarthra platyptera	Mastigocerca	Anuraea cochlearis	Notholca longispina	Summe der Rotatorien	Daphnia longispina	Ceriodaphnia	Bosmina longirostris	Diaptomus graciloides	Nauplien	Summe der Crustaceen	Temperatur °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter	O_2-Gehalt in % der Sättigung	Abdampfrückstand in mg pro Liter
0	350	0	0				0	0	1	25	20	4	100	150	16,06	7,27	108,2	175
1	1500	75	0				0	75	25	425	250	50		750	16,05			
2	1250	310	25		125		500	960	50	275	50	25		400	16,05			
3	1100	350	25				300	675	25	50		10		85	14,9	7,08	101,7	
4	500	250	50	25		50	150	525		75		19		94	12,1			
5	1100			125		100	125	350	4	6		6		16	9,65			
6	500							0	5	1		16		22	7,75			
8	170							0	7			8		15	6,2	7 m = 1,55	7 m = 18,7	
10	450	17					100	117	7	170	50	9	33	269	5,75	12m = 1,18	12m = 13,7	12m = 187
20	130	10	5	10	20	10	20	75	2	150	10	8	20	290	12 m = 5,5 6,6	1,04	12,4	425
25			1					1		16	3	2		21	7,05	0,4	4,8	467,5
35					1			1	1	27	20	4		52	7,05	0,26	3,1	530

Ferner: in 3 m einzelne *Asterionella*; in 10 m 2 Corethralarven.

Dinobryum: in 0 m = 20; 1 m = 100; 2 m = 125; 10 m = 17; 20 m = 40 (mit Cysten!).

°C bez. ccm O_2 im Liter Wasser.



Kurventafel 4.

Alle Planktonmaxima liegen also im Epilimnion; rapide Abnahme der Planktonten im bezw. dicht über dem Metalimnion.

Beim Sinken des O_2-gehaltes von 1,04 auf 0,4 ccm verschwinden alle Planktonten; nur Crustaceen sind noch vorhanden.

Bei 0,26 ccm = 3,1 % O_2 sind noch 52 Crustaceen von 4 Arten vorhanden.

Die größte Maartiefe ist also am 9. VIII., verglichen mit den früheren Fängen, noch relativ reich besiedelt: aber es ist ja auch mehr Sauerstoff in der Maartiefe vorhanden, als an den drei ersterwähnten Untersuchungstagen.

B. Allgemeines über die Planktonschichtung im Ulmener Maar.

Während in allen normalen temperierten Binnenseen im Herbst und Frühjahr die Wassermassen bis in die größten Tiefen umgeschichtet und daher auch die Seetiefen völlig durchlüftet werden, bringt es die durch die Tiefenquelle des Maares hervorgerufene saline Schichtung mit sich, daß im Ulmener Maare im Winterhalbjahr nur ganz geringe Mengen Oberflächenwasser bis in die Tiefe gelangen. Die saline Schichtung bleibt jahraus jahrein erhalten und nur minimale Sauerstoffmengen gelangen in die Maartiefe.

Es besteht also im Ulmener Maar auch stets ein Sauerstoffgefälle von der Oberfläche bis zur Tiefe, während in normalen Seen dieses nur im Sommer bei wohlentwickelter Sprungschicht und eventuell im Winter bei Eisbedeckung vorhanden ist.

Halten sich also im Ulmener Maar im Tiefenwasser die Sauerstoffwerte an oder unter der Grenze der für das Leben der einzelnen Planktonten nötigen Sauerstoffhöhe, so besteht theoretisch die Möglichkeit, den Einfluß des Sauerstoffgehaltes auf das Vorkommen bezw. Verschwinden der einzelnen Komponenten des Planktons hier jederzeit zu studieren.

Vergleicht man die einzelnen Beobachtungsreihen,

so zeigt sich, daß das Plankton stets nur in den obersten Wasserschichten in nennenswerter Masse entwickelt ist.

Beim Fehlen der thermischen Sprungschicht am 2. II. 14 unter Eis erreicht es sein Maximum in 10 m Tiefe, ist bei 15 m Tiefe auf ein Minimum zusammengeschrumpft, bei 20 m (bis auf die Corethralarve) völlig verschwunden.

Bei schwach entwickelter Sprungschicht, am 6. IV. 13, hat es seine Maximalentwicklung in 1 und 2 m Tiefe, ist in 10 m Tiefe ganz verschwunden.

Bei ausgeprägter Sprungschicht am 9. VIII. 13 ist das Plankton-Maximum in 1 und 2 m Tiefe sehr scharf; von der unteren Grenze des Metalimnions in 7 m Tiefe ab ist nur sehr wenig Plankton vorhanden, das bis zur größten Maartiefe immer mehr abnimmt.

Sinkt die thermische Sprungschicht im Herbst hinab — vgl. die Untersuchung vom 3. X. 12 — so liegen die Planktonmaxima auch etwas tiefer (4—6 cm); dicht unter dem Metalimnion sinkt die Planktonmenge von 8 m an bis in 14 m Tiefe auf Null.

Nur die obersten Schichten des Maares — im Winter bis etwa 10—15 m, im Sommer bis etwa 5 m Tiefe — sind also planktonreich. Die Maartiefe dagegen ist minimal besiedelt, ja zu Zeiten fast azoisch.

Daß aber diese Verteilungsbilder des tierischen (Netz- oder Sieb-) Plantons nicht etwa einzig und allein auf die Differenzen in der Vertikalverteilung des Sauerstoffs zurückzuführen sind, geht aus folgender Überlegung hervor.

Es ist verschwunden:

am 2. II. 14 alles Zooplankton (mit Ausnahme der Corethralarve) in 20 m Tiefe bei 0,47 ccm = 5,6% O_2;

am 6. IV. 13 die Rotatorien in 5 m Tiefe bei 7,4 ccm = 89,2% O_2,

Diaptomus nebst Nauplien in 15 m Tiefe bei 2,0 ccm = 23% O_2;

am 3. X. 12 *Daphnia longispina* und Nauplien in 8 m Tiefe bei 1,14 ccm = 13,5% O_2

(*Diaptomus* lebt noch in Wasser, das nur Spuren O_2 enthält);

am 9. VIII. 13 fast alle Rotatorien in 25 m Tiefe bei 0,4 ccm = 4,8 % O_2

(die Crustaceen leben noch in Wasser mit 0,26 = 3,1 % O_2).

Wenn also z. B. die Rotatorien noch bei 1,04 (= 12,4 %) bis 0,4 ccm (= 4,8 %) O_2 leben können, so kann ihr Verschwinden am 6. IV. 13 bei 7,4 ccm (= 89,2 %) O_2 nichts mit dem Sauerstoffgehalt zu tun haben; das gleiche gilt z. B. für *Diaptomus graciloides*, der noch im Wasser lebt, das nur Spuren O_2 enthält, am 6. IV. 13 aber schon bei 2,0 ccm O_2 (= 23 % O_2) verschwunden ist[1]).

In diesen Fällen wird, wie ich oben p. 109 angedeutet habe, die Beschränkung des Zooplanktons auf bestimmte Schichten wohl mit der Vertikalverteilung der diesen Zooplanktonten zur Nahrung dienenden Nannoplanktonten in Beziehung stehen. Der exakte Beweis hierfür ist allerdings noch zu erbringen.

Auch unsere Untersuchungen zeigen wiederum, daß das Sauerstoffminimum für die Planktontiere ein sehr niedriges ist, was vor allem schon Juday (Birge und Juday 1911 p. 121 ff.) sowie auch Behrens (1914) gezeigt haben. Unsere Zahlen stehen mit den von den genannten Forschern gefundenen Werten in guter Übereinstimmung.

C. Notizen über die tägliche Vertikalwanderung des Planktons in den Maaren.

Um wenigstens Klarheit darüber zu gewinnen, ob in den Maaren überhaupt tägliche Vertikalwanderungen des Planktons stattfinden — die Tatsache dieser Plankton-

1) „Oberhalb von 2 cm³ p. l. spiegeln sich Schwankungen des Sauerstoffgehaltes nicht mehr in der vertikalen Verteilung des Zooplanktons“ (Ruttner 1914 p. 324).

wanderungen ist ja bekanntlich von einigen Autoren überhaupt bezweifelt worden — wurden im Gemündener und Ulmener Maar einige Stichproben gemacht.

So wurden im Gemündener Maar am 28. VIII. 11 4—7 Uhr nachmittags (Wind, Sonnenschein) und am 29. VIII. 11 4—7 Uhr morgens (ruhiges Wetter, Nebel) in den oberen 7 Metern aus den verschiedenen Schichten je 25 Liter Wasser gepumpt und durch das Planktonnetz filtriert. Das Ergebnis für *Diaptomus graciloides* und *Diaphanosoma brachyurum* zeigt Tabelle V.

Tabelle V.

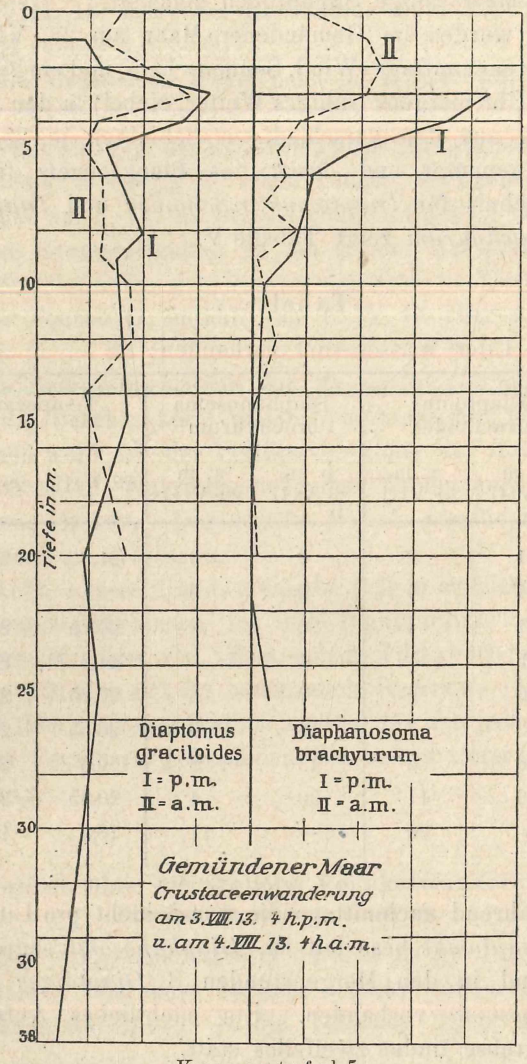
Im Liter Wasser sind vorhanden:

Tiefe in m	Diaptomus graciloides		Diaphanosoma brachyurum		Temperatur °C	
	p. m 28. VIII.	a. m 29. VIII.	p. m 28. VIII.	a. m 29. VIII.	28. VIII.	29. VIII.
0,2	1	2	0	0	21,3	20
0,5	1	4	0	5		
1	1	4	0	3	20,75	20,5
2	5	—	1	—	21,3	20,45
3	10	9	7	3	20,75	20,4
4	9	7	18	6	20,55	20,4
5	6	6	13	6	20,5	20,38
6	6	11	30	4	20,45	20,38
7	—	30	—	11	18,8	18,4

Während nachmittags die 1 m-Schicht pro Liter nur von 3 *Diaptomus* besiedelt ist, *Diaphanosoma* sogar ganz fehlt, sind in den Morgenstunden 8 *Diaptomus* und 8 *Diaphanosoma* vorhanden. Ein nächtliches Aufsteigen dieser Krebse findet zweifellos statt.

Ähnlich war das Ergebnis bei Fängen im Gemündener Maar am 3. VIII. 13 4 h. p. m. (Sonne, windstill) und 4. VIII. 13 4 h. a. m. (Nebel, windstill).

Wanderungen, die sich aber nur im Epilimnion abspielen, wurden, wie Kurventafel 5 zeigt, beobachtet bei



Kurventafel 5.

Diaptomus und *Diaphanosoma;* bei *Cyclops,* Nauplien und Rotatorien waren sie nicht zu beobachten. Auch hier

fand ein nächtliches Aufsteigen der Krebse an die Wasseroberfläche statt. Im Liter Wasser waren vorhanden von *Diaptomus graciloides:*

	abends	morgens
in 0 m	0	16
in 1 m	9	12
in 2 m	12	19
in 3 m	32	29
in 4 m	27	11
in 5 m	13	9

von *Diaphanosoma brachyurum*

	abends	morgens
in 0 m	0	12
in 1 m	0	21
in 2 m	0	23
in 3 m	43	21
in 4 m	35	9
in 5 m	18	5

Auch diesmal fehlte tagsüber *Diaphanosoma* in den oberen Schichten bis 3 m ganz. *Diaptomus* fehlte im obersten Meter.

Diese Ergebnisse stehen im besten Einklang mit den an anderen klaren Seen (z. B. der Alpen) gewonnenen Ergebnissen (vgl. Ruttner p. 308 ff.; Steuer p. 348 ff.).

Im Ulmener Maar wurden Untersuchungen über die Vertikalwanderung des Planktons im September 1911 und August 1913 angestellt.

Am 2. IX. 11 wurde morgens 4 Uhr (a) und nachmittags 4 Uhr (p) untersucht. Die sehr scharfe Temperatursprungschicht lag zwischen 2 und 4 m.

Die Ergebnisse zeigt Tabelle VI.

Tabelle VI.

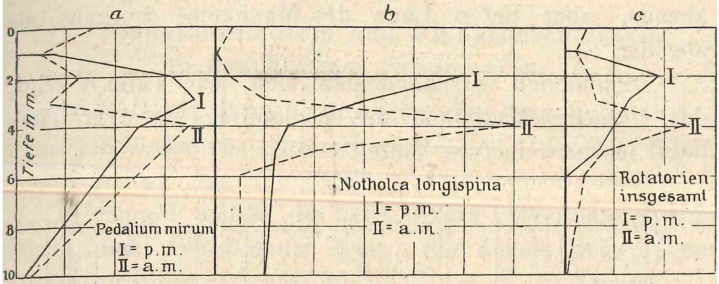
Im Liter Wasser sind enthalten:

Tiefe in m	Ceratium hirundinella		Pedalium mirum		Bosmina longirostris		Daphnia longispina		Cerio-daphnia		Diaptomus graciloides		Nauplien		Corethra plumicornis-Larven		Temperatur °C
	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.	
0,2	737	1192	60	15	16	55	25	18	33	71	30	7	47	122	1	0	18,3 22,5
1	1268	615	117	59	7	1	21	29	46	143	40	23	41	28	1	0	18,5 19,75
2	626	290	200	60	0	0	14	4	72	70	31	31	0	3	1/10	0	18,3 18,6
3	246	318	114	110	2	0	16	16	132	28	50	27	2	22	1/10	0	15 15,5
4 [1]	32	84	6	10	0	0	1	1/2	6	0	5	6	248	192	1/10	0	11 11
5	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1 1/2	1 1/2	16	0	0	0	8 7,5
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/12	0	0	0	0	0	6,5 6,5
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/6	1/8	0	0	0	0	6,2 6,2
8	nur tote Planktonreste und Detritus																6,0 6,1
9																	5,8 6,0

Pedalium und *Diaptomus* sind morgens in der obersten Schicht viel zahlreicher als abends, die Corethralarve fehlt abends in den obersten 7 m ganz, während sie morgens vorhanden ist. Dagegen sind — ganz unerwarteterweise — *Bosmina*, *Ceriodaphnia* und vor allem die Nauplien abends zahlreicher an der Oberfläche vorhanden als morgens. Bei *Daphnia* sind Wanderungen nicht zu beobachten. Die Wanderungen spielen sich nur im Epilimnion ab.

Die am 9. VIII. 13 3—4 h. p. m. und 10. VIII. 13 4 1/2—5 1/2 h. a. m. gewonnenen Ergebnisse zeigen die Kurventafeln 6, 7 und 8.

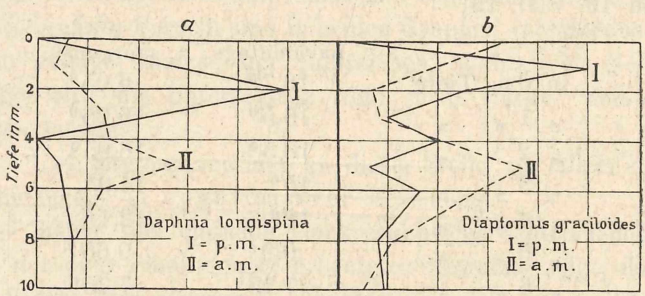
1) In 4 m tritt plötzlich auch *Triarthra longiseta* in ziemlicher Anzahl auf, während sie sonst fehlt.



Kurventafel 6.
Rotatorienverschiebung im Ulmener Maar am 9. VIII. 13 3—4 h. p. m. und am 10. VIII. 13 4^{45}—5^{30} h. a. m.

Verschiebungen sind deutlich von den Rotatorien bei *Pedalium mirum* und *Notholca longispina* (sowie der Gesamtmenge der Rotatorien); bei *Asplanchna, Polyarthra Mastigocerca* und *Anuraea cochlearis* reicht das Material zur Beurteilung nicht aus. Die Verschiebungen spielen sich nur im Epilimnion ab (die thermische Sprungschicht lag zwischen 2 und 6 m).

Nachmittags ist die 1 m-Schicht rotatorienfrei, morgens von Rädertieren schwach besiedelt. Doch liegt das Rotatorienmaximum — siehe alle 3 Kurven der Tafel 6 — morgens stets tiefer als abends!

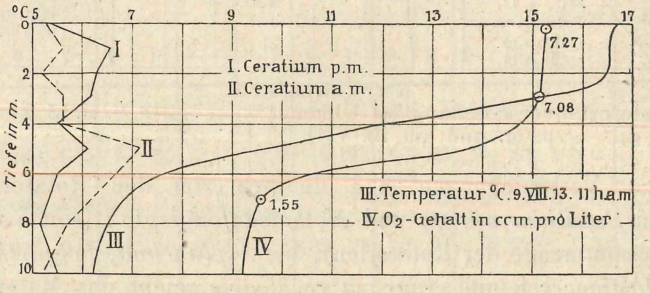


Kurventafel 7.
Crustaceenverschiebung im Ulmener Maar am 9. und 10. VIII. 13.

Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei den Crustaceen, *Daphnia* und *Diaptomus* zu liegen (vgl. Tafel 7): stärkere Besiedelung der unmittelbaren Oberfläche morgens als

abends, aber tiefere Lage des Maximums morgens als abends.

Schließlich verschiebt sich auch, wie Tafel 8 zeigt, das *Ceratium*-Maximum, das nachmittags in 1 m Tiefe liegt, morgens in 5 m Tiefe.



Kurventafel 8.

Ceratium-Verschiebung im Ulmener Maar am 9. und 10. VIII. 13.

Augenscheinlich handelt es sich hier — wie auch bei den Ulmener-Maar-Fängen vom 2. IX. 11 — nicht um rein aktive Wanderungen, sondern um passive Verschiebungen durch Convectionsströme. (Vgl. Ruttner p. 313—314). Die Wassertemperaturen betrugen am 9. und 10. VIII. 13:

	nachmittags	morgens
in 0 m Tiefe	16,7°	16,05°
„ 1 „ „	16,5°	16,05°
„ 2 „ „	16,5°	16,05°
„ 3 „ „	15°	14,9°
„ 4 „ „	12°	12,1°
„ 5 „ „	9,9°	9,65°
„ 6 „ „	7,75°	7,75°

Das höher liegende Tagesmaximum der Planktonten wird durch die nächtliche Abkühlung der Oberfläche und die damit verbundenen Convectionsströme in tiefere Schichten hinabgezogen und steigt dann am Tage wieder aktiv in höhere Schichten auf.

II. Planktonreichtum und Planktonschichtung in den übrigen Eifelmaaren.

Auf Grund ihres hydrochemischen und hydrophysikalischen Verhaltens hatte ich (1913 und 1915) die Eifelmaare in zwei scharf unterschiedene Gruppen geteilt:

Gruppe I umfaßt die tiefen Maare Pulvermaar, Weinfelder Maar, Gemündener Maar. Sie ähneln den großen Alpenseen.

Gruppe II umfaßt die flachen Maare Schalkenmehrener Maar, Holzmaar und Meerfelder Maar. Sie ähneln den Seen der Norddeutschen Tiefebene.

Ich habe weiterhin schon früher (vor allem 1915 p. 312ff.) darauf hingewiesen, daß auch in planktologischer Hinsicht beide Maargruppen grundverschiedene Seetypen repräsentieren.

Schon in qualitativer Hinsicht sind Unterschiede vorhanden.

„So ist z. B. in den Maaren der Gruppe I *Diaptomus graciloides* orangerot gefärbt, in denen der Gruppe II von normaler Färbung; *Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina var. hyalina* und die Larven von *Corethra plumcornis* treten nur in II auf, fehlen in I vollständig; auch die *Ceriodaphnia*-Formen sind in beiden Gruppen verschieden.“ Eine genaue Analyse der zahlreichen qualitativen Netzfänge wird die Unterschiede wohl noch stärker hervortreten lassen.

Uns interessieren hier an dieser Stelle vor allem die Unterschiede in quantitativer Beziehung.

Schon die einfache, makroskopische Untersuchung des mit dem Planktonnetz erbeuteten Materials zeigt, daß die Maare der Gruppe I planktonarm sind, ja zu den planktonärmsten Seen gehören, die wir kennen, während die Maare der Gruppe II eine reiche, teilweise sehr reiche Entwicklung des Planktons besitzen. Eine Berücksichtigung des Nannoplanktons wird diese Behauptung nur noch bestärken.

Daß sich diese Unterschiede in der Planktonproduktion auch in dem verschiedenen Diatomeen-Reichtum der Tiefenschlammablagerungen der Maare zeigen, habe ich 1915 p. 313—314 betont.

Ziemlich klar treten diese Unterschiede schon bei der rohen Ermittlung der sogen. Planktonrohvolumina hervor.

Es waren vorhanden bei etwa gleichzeitigen Zügen mit dem gleichen Planktonnetz:

Aus 10 m Tiefe

Gruppe I:

im Pulvermaar 0,1—1,3, im Durchschnitt 0,5 ccm Plankton,
im Gemündener Maar 0,2—0,8, im Durchschnitt 0,4 ccm Plankton;

Gruppe II:

im Schalkenmehrener Maar 0,4—1,1, im Durchschnitt 0,7 ccm Plankton,
im Holzmaar 1,0—2,8, im Durchschnitt 1,9 ccm Plankton,
im Meerfelder Maar 1,8 ccm.
[Im Ulmener Maar 0,3—0,9, im Durchschnitt 0,6 ccm Plankton.]

Aus 15 m Tiefe

Gruppe I:

im Pulvermaar 0,5—1,4, im Durchschnitt 0,8 ccm Plankton,
im Gemündener Maar 0,3—0,7, im Durchschnitt 0,5 ccm Plankton;

Gruppe II:

im Schalkenmehrener Maar 0,2—1,4, im Durchschnitt 0,8 ccm Plankton,
im Holzmaar 1,0—3,8, im Durchschnitt 4,6 ccm Plankton.
[Im Ulmener Maar 0,3—1,0, im Durchschnitt 0,5 ccm Plankton.]

Aus 20 m Tiefe

Gruppe I:

im Pulvermaar 0,2—1,8, im Durchschnitt 1,0 ccm Plankton,

im Gemündener Maar 0,15—1,0, im Durchschnitt 0,5 ccm Plankton,
im Weinfelder Maar 0,15—0,5, im Durchschnitt 0,3 ccm Plankton;

Gruppe II:
im Schalkenmehrener Maar 0,5—1,8, im Durchschnitt 1,0 ccm Plankton,
im Holzmaar 4,0 ccm Plankton.

Die Bestimmung der Rohvolumina ist eine recht fehlerhafte und rohe Methode; schärfer werden die Ergebnisse — bei denen ja, wie nochmals hervorgehoben sei, nur die gröberen, die Netz- und Siebplanktonten, berücksichtigt wurden, — wenn man die Ergebnisse einiger unserer Plankton-Zählungen gegenüberstellt. Zuerst sei auf 3 Fänge unter Eis im Februar 1914 hingewiesen.

Tabelle VII.
Pulvermaar.

Tiefe in m	Diaptomus graciloides	Nauplien	Notholca longispina	Anuraea cochlearis	Polyarthra platyptera	Temperatur °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter
0	0	0	0	0	0	0	9,22
1	0	0	0	0	0	1,25	
2	2					1,25	
3	1					1,4	
4	26		12	12			
5	19	12				2,1	
7	12						
10	12			12		2,8	
12	12			12	12		
15	6	12					
20	2	2				3,2	
30	5					3,6	
50	1					3,9	
75	2					4,05	6,82

Tabelle VII gibt die Anzahl der Planktonten im Liter Wasser im Pulvermaar (Gruppe I) am 5. II. 14. (Eisdicke 22 cm. Luft 10 h. a. m. —5° C. Sonniges Wetter. Wasserfarbe VIII. Sichttiefe 10 m.)

Wie man ohne Weiteres sieht, ist die Planktonmenge überaus gering.

Phytoplankton war in diesen Siebfängen überhaupt nur so wenig vorhanden, daß es nicht gezählt werden konnte. Die Gesamtzahl der Planktonten überschritt in keiner Schicht pro Liter 50.

Tabelle VIII.

Schalkenmehrener Maar.

Tiefe in m	Asterionella gracillima	Diaptomus graciloides	Nauplien	Cyclops	Daphnia longispina	Bosmina longirostris	Anuraea cochlearis	Triarthra longiseta	Notholca longispina	Temperatur °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter
0											9,2
1	450									1,3	
2	300									1,3	
3	1500	1	25							1,3	
4	1650				1						
5	1100	3	12			6		12		1,3	
6	1650	4	25			13	12				
7	900	11	1			11	25	25	12		
8	2000	8	12		1	13					
9	1400	30	25		1	10		12			
10	1400	17	25			4	25	12		1,5	8,8
12	550	3	12		2	1	50		25		
15	225	1	12	1	1	1				1,9	8,2
20	50	1	40		7	3	40			2,5	
21	125	4	75	1	1	7	50			2,6	7,1

Ganz wesentlich höhere Zahlen zeigte das Schalkenmehrener Maar (Gruppe II). Tabelle 8 gibt die Zahl der Planktonten im Liter Wasser am 3. II. 14. (Eisdicke 25 cm;

geringe Schneebedeckung, klares, sonniges Wetter. Luft 10 h. a. m. +0,5°. Wasserfarbe XII—XI. Sichttiefe 5 m). Die Planktonmenge ist reich (nur dicht unter dem Eis findet sich nichts); Phytoplankton ist wohl entwickelt. In keiner Schicht — abgesehen von der O Meter-Schicht — sind weniger als 100, meist aber viel mehr Planktonten im Liter Wasser vorhanden. Von 3—10 m wird die Zahl 1000 überschritten, ja in 8 m Tiefe sogar die Zahl 2000.

Noch größer waren die Zahlen pro Liter Wasser im Holzmaar am 4. II. 14 unter Eis. Vergl. Tabelle 9. [Eisdicke 30 cm. Sonniges Wetter. Luft 2 h. p. m. +4° C. Wasserfarbe XIV. Sichttiefe 2 m].

Tabelle IX.

Holzmaar.

Tiefe in m	Fäden von Oscillatoria sp.	Synedra delicatissima	Diaptomus gracilcides	Temperatur °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter
0	4000	0	0	0,3	10,41
1	17600	1200	11	2,1	
2	65000	6000	19		
3	145000	25000	15	2,6	
4	140000	34000	3		
5	72000	23000	3	2,65	
6	112000	33000	6		
7	48000	15600	2		
8	29000	21000	5		
10	88000	79000	0	2,8	9,74
12	15000	12500	1		
15	5600	17600	3	3,1	
17	9600	24400	2		
18	3300	8400	1		
19	7200	10000	0	3,5	7,04

(In 6 m Triarthra longiseta einzeln.)

Das Plankton, und zwar speziell das Phytoplankton, das aus *Oscillatoria* und *Synedra* besteht, zeigt eine überaus starke Entwicklung. Mit Ausnahme der O-Meter-Schicht sind stets weit über 10000 Planktonten im Liter Wasser vorhanden. Ja in den mittleren Schichten finden sich Zahlen über 100000! Im Maximum 174000 Planktonten pro Liter! Das sind schon ganz gewaltige Planktonproduktionen!

Weiterhin stelle ich 3 Sommerfänge aus 2 Maaren der Gruppe I und einem Maar der Gruppe II einander gegenüber. Ich gebe hier nur die Gesamtzahlen für das Phytoplankton und Zooplankton pro Liter Wasser. Tabelle X zeigt die Verhältnisse im Weinfelder Maar (Gruppe I) am 8. VIII. 13. (Sonne. Luft 11 h. a. m. 14,5°. Farbe des Wassers VIII. Sichttiefe 9,5 m. Thermische Sprungschicht zwischen 8 und 12 m).

Tabelle X.
Weinfelder Maare.

Tiefe in m	Phyto-plankton	Zooplankton	Temperatur °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter
0	25	4	16,5	7,32
1	25	6	16,5	
3	25	3	16,5	
5	75	11	16,4	
7	50	14	16,1	
10	25	36	11,9	
12		45	9,8	
15		12	8,0	
20		10	6,4	8,82
35		25	5,2	
50		2	4,6	8,25

Die Planktonmenge ist überaus gering; in keiner Schicht wird die Zahl 100 pro Liter erreicht. Das (Netz-)

Phytoplankton, das aus *Ceratium* und *Dinobryum* besteht, ist minimal entwickelt.

Etwas höher sind die Zahlen im Gemündener Maar, das ebenfalls zu Gruppe I gehört. Tabelle 11 zeigt die Fänge vom 3. VIII. 13. (Sonniger, stiller Nachmittag. Luft 4 h. p. m. 22,5° C. Sichttiefe 9,5 m. Farbe VIII. Sprungschicht zwischen 6 und 9 m).

Tabelle XI.

Gemündener Maar.

Tiefe in m	Phyto-plankton	Zooplankton	Temperatur °C	O_2 Gehalt in ccm pro Liter
0	0	0	19,5	7,32
1	0	9	19,2	
2	12	36	18,7	
3		136	18,7	
4		86	18,25	
5	12	83	17	7,59
6	90	27	16,4	
7	75	121	15,2	
8	275	81	13,2	
9	500	63	11,25	
10	50	75	10,7	
12	25	85	9,5	
15	30	191	6,6	
20		147	5,75	
25	25	131	4,9	8,25
38	0	46	4,6	7,77

Aber auch hier ist die Phytoplanktonentwicklung relativ gering, wenn auch stärker als in dem viel tieferen und klareren Weinfelder Maar. Die Zahlen für die Gesamtplanktonmenge bewegen sich im allgemeinen zwischen 100 und 200 Individuen pro Liter und erreichen nur in 8 und 9 m Werte von zirka 300—600.

Ganz andere Zahlen erhält man, wenn man mit diesen beiden Tabellen (X und XI) die im Schalkenmehrener Maar (Gruppe II) am 4. X. 12 gewonnenen Resultate vergleicht. (Siehe Tabelle XII). (4. X. 12 9 h. a. m. Luft $+5^0$ C. Sichttiefe 5 m. Farbe XII. Sprungschicht zwischen 13 und 14 m).

Tabelle XII.
Schalkenmehrener Maar.

Tiefe in m	Phyto-plankton	Zooplankton	Temperatur °C	O_2-Gehalt in ccm pro Liter
0	1390	67	10,1	6,90
1	1670	1	10,2	
2	580	5		
3	920	5	10,2	
4	950	5	10,2	
5	1130	12	10,3	
7	4450	69	10,2	
10	1430	17	10,2	
12	3180	6	13 m = 10,25	
13,5	1090	66	14 m = 8,0	6,61
16	50	15	7,0	2,97
18	0	2		1,30
20	0	0	6,25	0,74

Das Phytoplankton (*Asterionella* und *Ceratium*) ist reich entwickelt. Fast in allen Schichten des Epilimnions liegen die Zahlen für das Gesamtplankton über 1000, ja erreichen Werte über 3000 und 4000 Individuen pro Liter.

Auf Grund der hier angeführten Tabellen und des übrigen mir noch vorliegenden Materials kann man die Unterschiede in der Planktonproduktion der Maare der beiden Gruppen[1]) in Kürze so charakterisieren:

1) Es kann, wie mehrfach betont, bis jetzt nur das Netz- bezw. Siebplankton berücksichtigt werden.

Maargruppe I: Planktonarm, vor allem ganz arm an Phytoplankton. In keinem Maar dieser Gruppe, und zu keiner Zeit und in keiner Schicht werden Individuenzahlen des Siebplanktons über 1000 pro Liter erreicht.

Maargruppe II: Reich, z. T. sehr reich an Plankton. Phytoplankton stark entwickelt; im Holzmaar erreicht es in einzelnen Schichten selbst unter Eis Werte von über 100000 Individuen pro Liter; im Sommer Wasserblüte im Holzmaar. Im Schalkenmehrener Maar selbst unter Eis Werte über 1000 Individuen pro Liter.

Das Ulmener Maar — vergl. Tabelle 1—4, 6 — schließt sich nach der Intensität seiner Planktonentwicklung der Maargruppe II an.

Daß die Verschiedenheit des Plankton-Reichtums beider Maargruppen — und zwar insbesondere des Reichtums an Phytoplankton — z. T. wenigstens die Verschiedenheiten beider Maargruppen in Bezug auf die Sauerstoffverhältnisse des Hypolimnions ausschlaggebend bedingt, habe ich früher (1915 p. 312ff.) gezeigt.

Es fragt sich nun noch, ob auch die Vertikalschichtung des Planktons im Sommerwasser bei beiden Maargruppen eine prinzipiell verschiedene ist. (Vergl. Thienemann 1915 p. 314. 317). Zweifellos sind bei den Maaren der Gruppe I die obersten Wasserschichten (am Tage) nicht oder nur minimal besiedelt — Parallele mit den Alpenseen! —, während sie bei den Maaren der Gruppe II eine reichere Planktonentwicklung aufweisen — vergl. die Seen der norddeutschen Tiefebene!

Indessen reicht für eine eingehendere Darstellung — vor allem, was die Verhältnisse des Hypolimnions anlangt — das vorliegende Material leider nicht aus.

Hier liegt für weitere Studien ein dankbares Arbeitsfeld vor.

Literaturverzeichnis.

1914. Behrens, H. Die vertikale Verteilung des Crustaceenplanktons. Eine hydrobiographische Studie. Aus dem kgl. Institut für Meereskunde zu Berlin. Seenstudien. Sakrower-See. Berlin 1914.

1911. Birge, E. A. und Juday, Ch. The Inland Lakes of Wisconsin. The dissolved Gases of the Water and their biological Significance. Wisconsin Geological and Natural History Survey. Bull. No. XXII.

1914. Ruttner, F. Die Verteilung des Planktons in Süßwasserseen. Abderhaldens Fortschritte der Naturwissenschaftlichen Forschung. Bd. X, Heft 7.

1910. Steuer, A. Planktonkunde. Leipzig und Berlin. B. G. Teubner.

1913. Thienemann. Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil I. Verhandl. Naturhist. Ver. d. preuß. Rheinlande und Westfalens. 70. 1913 p. 249—302.

1915. Thienemann. Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil II. Ebenda 71. 1914. p. 273—389.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: 74

Autor(en)/Author(s): Thienemann August

Artikel/Article: Über die vertikale Schichtung des Planktons im Ulmener Maar und die Planktonproduktion der anderen Eifelmaare. 103-134