

Untersuchungen an durch Braunkohlentagbaue entstandenen Seen

Anneliese Lengyel

Im Gebiet von Neufeld an der Leitha im Burgenland sind während der letzten Jahrzehnte durch Stilllegung eines ausgedehnten Braunkohlentagbaues einige kleinere Seen entstanden. Ihr ältester und größter, der sogenannte „Neufeldersee“ wurde im Jahre 1933/34, zu einer Zeit, da er eben seinen bleibenden Wasserstand erreicht hatte, durch K. Stundl biologisch und chemisch untersucht und als oligotroph bezeichnet.

Südlich vom Neufeldersee liegen noch einige kleinere Seen: erstens der „Bauernsee“, dessen Wanne sich seit 1953 mit Grundwasser auffüllte, und zweitens die noch kleineren Zillingdorfer Seen, die ungefähr das gleiche Alter wie der Neufeldersee besitzen.

Die vorliegende Untersuchungsreihe aus dem Jahre 1954/55 befaßt sich in erster Linie mit dem 20 Jahre alten Neufeldersee und dem neuentstandenen Bauernsee; von den Zillingdorfer Seen liegen nur vereinzelte Beobachtungen vor, die sich aber bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse als recht wertvoll erwiesen.

An dieser Stelle sei es mir gestattet, meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. F. Ruttner und seinen Mitarbeitern für die großzügige Unterstützung und das freundliche Entgegenkommen, das ich mit meiner Arbeit jederzeit in der Biologischen Station in Lunz fand, herzlichst zu danken.

Allgemeines

Die Tagbaue und somit die Seen liegen genau in der in Nord-Südrichtung ziehenden Ausbisslinie der kohleführenden Schichten. Die zum Großteil den Wannenboden der Seen bildenden Kohlenflöze bestehen aus Moorkohle und braunem Lignit aus dem Miozän, Pliozän. Die durch den Tagbau angeschnittenen Grundwasseradern waren in beiden Fällen sehr mächtig (beim Neufeldersee wird zum Beispiel von einer Pumpleistung von 16 bis 40 m³/min berichtet) und führten in beiden Fällen schließlich zur Einstellung des Bergbaues. Außer dem unter dem Seespiegel zuströmenden Grundwasser haben die Seen keinen Zufluß. Beim Neufeldersee ist überdies durch einen einfachen Graben ein schwacher Abfluß zur Leitha geschaffen worden.

	Wasserinhalt ca. m ³	Höhe d. Seespie- gels m ü. d. M.	größte Länge m	größte Breite m	größte Tiefe m	Oberfläche ha
Neufelder- see	7,000.000	224,1	1710	460	24	ca. 78
Bauernsee	—	225	ca. 600	ca. 200	21	ca. 12

Tab. 1. Hydrographische Daten der Seen

Während der Bauernsee ein einheitliches Seebecken hat, wird der Neufeldersee durch einen im südlichen Teil in 6 m Tiefe unter dem Wasserspiegel gelegenen Damm in ein kleineres und ein größeres Becken mit gleicher Tiefe geteilt. Dieser südliche Seeabschnitt liegt durch eine alte Halde im Osten und die Ausläufer der Gemeinde Neufeld im Westen wesentlich windgeschützter. Das erklärt, zusammen mit dem an diesem Becken gelegenen großen Strandbad, die im Sommer vorgefundenen aeroben Tiefenverhältnisse.

Der Bauernsee bietet mit seiner viel kleineren Oberfläche bei fast der gleichen Tiefe wie der Neufeldersee dem Wind eine wesentlich geringere Angriffsfläche. Außerdem zieht sich eine etwa 20 m hohe Halde das ganze Ostufer entlang. Dies erklärt die stärkere Stagnation der Wassermassen während der sommerlichen Temperaturschichtung.

Das Niederschlagsinzugsgebiet beschränkt sich bei beiden Seen praktisch auf die Uferbänke, bzw. auf die bereits erwähnten Halden am Ufer. Da das gesamte Ufer des Neufeldersees in Strandparzellen aufgeteilt wurde, ist hier eine Einschwemmung der Düngergaben angrenzender Äcker nicht mehr möglich.

Im Litoral des Neufeldersees finden sich außer einem stellenweise äußerst starken Bewuchs mit *Potamogeton pectinatus* und *Characeen* an wenigen Stellen schütterere *Phragmites communis* und *Typha*-Bestände. Im Litoral des Bauernsees hingegen ist die Vegetation durch starke Uferrutschungen am Aufkommen noch sehr gehindert.

Die Fischerei des Neufeldersees ist verpachtet; daher sind dort folgende eingesetzte Fischarten festzustellen: Zander, Karpfen, Hechte, Schleien; und als Nebenfischarten: Aitel, Rotaugen, Lauben und Barsche.

Das übereinstimmende Verhalten der Sichttiefe beider Seen knapp nach ihrem Entstehen und die starke Verschiebung der Farbe beim Bauernsee in Gelbgrün dürfte in erster Linie durch die häufigen Uferabbrüche und die dadurch verursachte starke Erdaufschwemmung im Seewasser bedingt sein. Außerdem werden von einem in der Nähe des Bauernsees gelegenen Sandwerk erhebliche Mengen Sandwaschwässer in den See eingeleitet.

	Sichttiefe der Seen, gemessen mit einer Secchischeibe von \varnothing 20 cm	Farbe der Seen nach Forel-Uhle
Neufeldersee 1955	6 — 10 m	Stufe 7
Bauernsee 1955	1 — 3 m	Stufe 14
Neufeldersee 1933	1 — 3 m	Stufe 9

Tab. 2

A. Neufeldersee

Die physikalischen und chemischen Untersuchungsergebnisse sind im Diagramm wegen Platzmangel erst ab einsetzender Sommerstagnation 1955 und nur für die im nördlichen Seeabschnitt gelegene Boje A aufgetragen.

1. Temperatur

Die Vollzirkulation trat in beiden Untersuchungsjahren in der ersten Hälfte des Oktobers ein und dauerte mit einer kurzen Unterbrechung durch vorübergehenden Eisschluß bis in den Mai hinein an. Da der See in durchaus ebenem und waldlosem Gebiet liegt, ist er fast immer sehr starken Winden ausgesetzt. Die im Verhältnis zur Tiefe relativ große Oberfläche bietet eine ausgedehnte Windangriffsfläche, so daß das Seewasser im Jänner 1955 bis zu einer Tiefentemperatur von $1,4^{\circ}$ C abkühlte.

Während der Sommerstagnation reichte das gut durchmischte Epilimnion bis in 10 m Tiefe und die Sprungschicht sank schon Anfang September von 12 bis 13 m auf 14 bis 15 m ab. Dadurch war die Stagnation des Hypolimnions unvollständig, so daß die 20-m-Isoplethe von Mai bis Ende September von $7,9^{\circ}$ C bis auf $10,6^{\circ}$ C anstieg. Dieser Kurvenverlauf wurde auch schon von Stundl 1933/34 festgestellt.

Die im kleineren, südlichen Becken des Neufeldersees gesetzte Boje B zeigte im Temperaturgang noch eine Übereinstimmung bis 14 m Tiefe. Allerdings war die Sprungschicht schärfer ausgeprägt und die 18-m-Isoplethe stieg nicht so stark an.

Eine spürbare Auswirkung dieser schon durch die Temperaturen gekennzeichneten, stärkeren Stagnation des Seewassers auf den Chemismus war

erst ab 18 m Tiefe festzustellen. Die Vollzirkulation setzte jedoch infolge der hohen Konzentration des Tiefenwassers bei Boje B um fast einen ganzen Monat später ein als bei A.

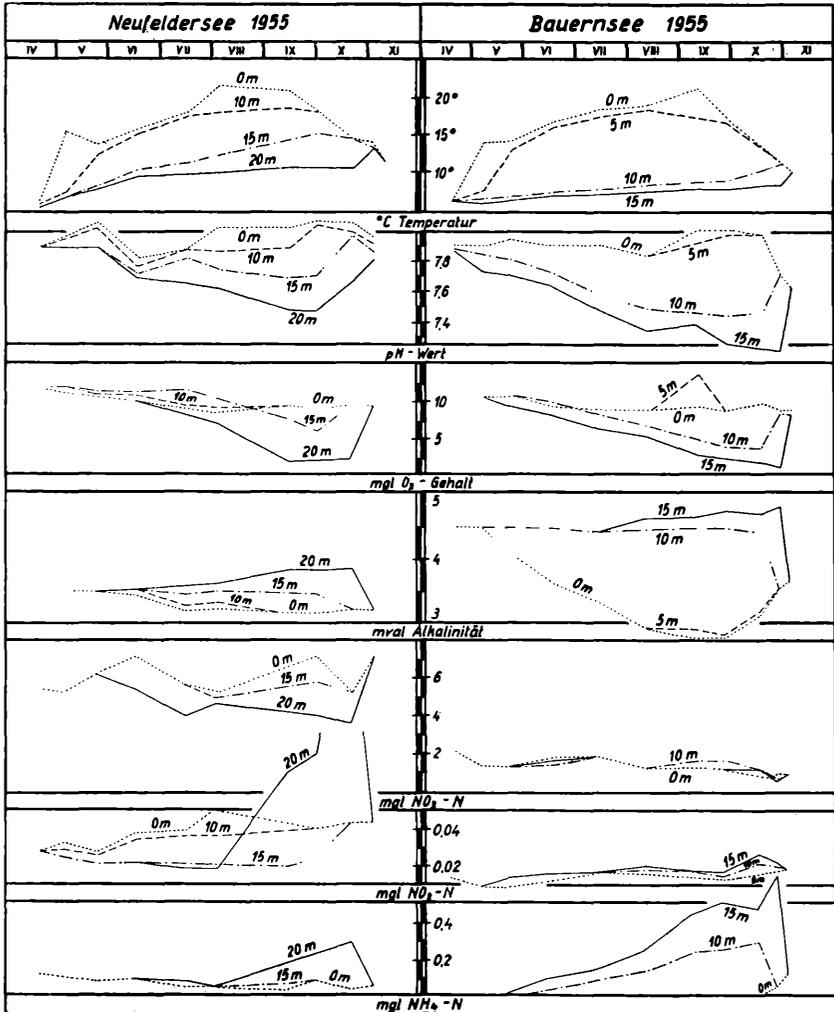


Abb. 1

Limnologisch-chemische Untersuchungen

Die chemischen Felduntersuchungen erfolgten nach den in der Limnologie allgemein üblichen Methoden, und zwar nach der in der biologischen Station in Lunz geübten Arbeitsweise, wie sie von Ruttner und H. Müller ausgearbeitet und beschrieben wurde.

2. pH und Alkalinität

pH-Bestimmung: nach Michaelis mit m-Nitrophenol.

Alkalinität: Titration mit n/10 HCl gegen Methylorange.

Die Veränderung der pH-Werte der einzelnen Tiefenstufen war ein getreues Abbild der durch den jahreszeitlichen Temperaturgang bedingten Schichtungsverhältnisse. Die Werte des Epilimnions schwankten zwischen 7,8 und 8,07, während die Werte der 15- bis 20-m-Isoplethe naturgemäß im weniger alkalischen Bereich lagen und bis auf 7,47 absanken. Allein bei Boje B wurden in 20 m Tiefe Werte von 6,7 bis 6,8 erreicht.

Die Alkalinität schwankte zwischen Werten von 3,12 bis 3,82 mval/l und zeigt im Diagramm natürlich das genau gegenläufige Bild der pH-Werte, nämlich das durch den Assimilationsprozeß bedingte Absinken der Werte im Epilimnion und Ansteigen im Hypolimnion. Der fast gleichmäßige Abstand der einzelnen Isoplethen untereinander verrät — so wie die pH-Kurven — die nicht sehr scharf ausgeprägte Sprungschicht.

Interessant waren hier wieder ab Juli die Tiefenverhältnisse von Boje B, wo im September eine Alkalinität von 9 mval/l gemessen wurde.

3. Der Sauerstoffgehalt

Bestimmung nach der Alsterbergmodifikation der Winklermethode.

Während der Vollzirkulation von Oktober 1954 bis Mai 1955 war das Seewasser in allen Tiefen sauerstoffgesättigt. Nach Ausbildung einer Sprungschicht im Mai zeigte das Hypolimnion naturgemäß noch höhere Werte als das Epilimnion; erst im Juni sank die 20-m-Isoplethe deutlich ab und erreichte Anfang September ihren niedrigsten Wert mit 1,7 mg/l. Diese Sauerstoffabnahme wirkte sich, wenn auch wesentlich schwächer, noch in 15 m Tiefe aus, wo im September 6,2 mg/l gemessen wurden.

Die Untersuchungsergebnisse von Boje B stimmen mit jenen von Boje A deutlich überein, nur wurde in den grundnahen Schichten von Ende August bis Anfang Oktober ein absoluter Sauerstoffschwund festgestellt, zu einer Zeit, da die extrem hohen Alkalinitäten gemessen wurden.

Auch Stundl konnte im Jahre 1933/34 eine, wenn auch schwächere Sauerstoffabnahme in der Tiefe beobachten. Da schon beim Entstehen des

Sees durchaus ähnliche Verhältnisse im Sauerstoffhaushalt bestanden, weist dies im Zusammenhang mit meinen planktologischen Untersuchungen darauf hin, daß eine zunehmende Eutrophierung nicht als Erklärung für die Sauerstoffabnahme in der Tiefe herangezogen werden kann, sondern eine solche vielmehr in den, durch den Kontakt mit dem Seeuntergrund verursachten, biochemischen Prozessen zu suchen ist.

4. Der Phosphatgehalt

Bestimmung nach Deniges-Atkins mit Ammonmolybdatschwefelsäure und Zinn-II-Chlorid.

Das Phosphat war während der vorliegenden Untersuchungsjahre auch im Hypolimnion nur in Spuren nachweisbar; einzig und allein in 20 m Tiefe bei Boje B wurden im September und Oktober 1955 Werte von 0,009 und 0,003 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$ gemessen. Stundl fand bei seinen Untersuchungen höhere Werte von 0,04 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$, die sich aber durch Uferabbrüche und Einschwemmungen von den, damals noch angrenzenden Äckern erklären ließen.

Abschließend soll noch vermerkt werden, daß ein solch geringer Phosphatgehalt, wie er bei den vorliegenden Untersuchungen bestimmt wurde, ein charakteristisches Merkmal der oligotrophen Alpenseen ist.

Der Eisengehalt

Bestimmung des Gesamteisens in salzsaurer Lösung mit KSCN nach vorangegangener Oxydation durch Br.

Das Eisen ist, wie schon nach den Ergebnissen der Sauerstoffbestimmungen zu erwarten war, während des ganzen Jahres mit Ausnahme der grundnahen Schichten nur in Spuren (kleiner als 0,01 mg/l) vorhanden. Einzig und allein in 20 m Tiefe konnte bei Boje A im September und Oktober 0,02 bis 0,05 mg/l gemessen werden, während jedoch bei Boje B im September bei gleichzeitigem, absolutem Sauerstoffschwind Werte bis zu 15 mg/l Fe gefunden wurden. Oktober und Anfang November hingegen betrug der Eisengehalt bei B nur mehr 0,4 bis 0,8 mg/l.

Auch Stundl berichtet nach seinen Untersuchungen während der Sommerstagnation 1934 von einem Eisengehalt des Hypolimnions von 6 mg/l.

Der hohe Eisengehalt in der Tiefe des holomiktischen Neufeldersees überrascht sehr, da solche Werte sonst nur von meromiktischen Seen bekannt sind. Der höchste beobachtete Eisengehalt im Hypolimnion meromiktischer Seen wurde von Einsle im Zellersee mit 40 mg/l Fe festge-

stellt. Eine Erklärung für dieses erstaunliche Verhalten des Neufeldersees ist sicherlich in der Eigenart des Wannengrundes des Sees, nämlich in dem Pyritgehalt der anstehenden Braunkohle zu suchen.

6. Der Gehalt Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff

Die Bestimmung des $\text{NO}_2\text{-N}$ erfolgte nach Griess-Hosvay mit α -Naphthylamin und Sulfanilsäure, eine Methode, die um eine Zehnerpotenz genauer arbeitet als die bei der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Bestimmung verwendete Methode nach Nessler mit K_2HgJ_4 . Schwankungen von 0,004 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ können noch sehr scharf unterschieden werden, während die Empfindlichkeit bei Nessler gerade noch bis auf 0,04 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ herabgeht.

Wegen der hohen Konzentration des Seewassers an $\text{NO}_3\text{-N}$ konnte die Bestimmung nach Tillmans-Sutthoff mit Diphenylaminoschwefelsäure nicht angewandt werden. Die Bestimmung mittels Brucin und Schwefelsäure im Hellige-Komparator erlaubt leider nur bis auf mg 10 genaue Angaben. Aus diesem Grunde ist der jeweils um eine Zehnerpotenz unterschiedliche Maßstab für die einzelnen Bestimmungen im Diagramm durchaus gerechtfertigt.

$\text{NH}_4\text{-Stickstoff}$

Im Neufeldersee konnte während beider Untersuchungsjahre in allen Wasserschichten ein Gehalt an $\text{NH}_4\text{-Stickstoff}$ festgestellt werden. Die Werte im Epi- und Metalimnion schwankten zwischen 0,04 und 0,13 mg/l, wobei die höheren Werte im Winter gemessen wurden. Das Hypolimnion des Sees zeigte während der Sommerstagnation naturgemäß ansteigende Werte, die bei Boje A bis zu 0,30 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ betrugten, während bei Boje B bis zu 5,0 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ nachweisbar waren. Auch Stundl gibt für die Tiefe des Sees im Sommer 1934 Werte von dieser Höhe an. Allerdings konnte er im Meta- und Epilimnion keinen $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt feststellen; gleichzeitig lag jedoch der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalt wesentlich tiefer als von mir im Jahre 1954/55 festgestellt wurde.

Diese außergewöhnlichen, wenn auch nicht sehr hohen $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte im sauerstoffgesättigten Epilimnion des Sees konnten allerdings nur im Neufeldersee nachgewiesen werden, während im Epilimnion des Bauernsees und besonders der Zillingdorfer Seen absolut kein $\text{NH}_4\text{-N}$ gemessen werden konnte. Jedoch stehen vor allem letztere Seen in ihrem Nitratgehalt und somit überhaupt in ihrem Gehalt an anorganischem Stickstoff weit hinter dem Neufeldersee zurück.

Schon in den Berichten der geologischen Bundesanstalt über den Neufelder Kohlenbergbau wurde eigens vermerkt, daß Kohle und Letten zur

Ammonsalzausblühung neigen. Die Moorkohle und der braune Lignit, die hier anstehen, dürften durch ihre Herkunft und Entwicklung einen beträchtlichen Stickstoffgehalt aufweisen, der im Schlamm-Wasser-Kontakt zu einer starken Ammonsalzbildung führen muß.

Ob, wie aus den bodenkundlichen Untersuchungen der Neufelder Gegend von Dr. Dietz hervorgeht, nicht auch der hohe Stickstoffgehalt der nördlich der Gemeinde Neufeld gelegenen Böden hierfür verantwortlich zu machen wäre, ist schwer zu entscheiden.

Es scheint demnach der Ammonium-Nachschub vom Wannengrund her zusammen mit der hohen Austauschgröße des Sees sich so stark auszuwirken, daß die Aufoxydation über Nitrit zu Nitrat nicht Schritt halten kann und daher bis ins Epilimnion hinauf alle drei Oxydationsstufen nebeneinander vertreten sind. Die Möglichkeit, daß einströmendes Grundwasser dem Epilimnion weiteren $\text{NH}_4\text{-N}$ zuführt, ist nicht völlig auszuschließen, wenn auch eine Untersuchung des Brunnenwassers eines in Seenähe gelegenen Brunnens wohl einen Gehalt an $\text{NO}_3\text{-N}$ von 5,3 mg/l, aber keinen Gehalt an $\text{NH}_4\text{-N}$ oder $\text{NO}_2\text{-N}$ ergab.

NO_2 -Stickstoff

Auch $\text{NO}_2\text{-N}$ war während der Untersuchungsjahre in allen Wasserschichten nachweisbar. Daß hier nicht, wie sonst in den Alpenseen, das Nitrit nur auf eng begrenztem Raum, nämlich in der Zone der Ablösung des $\text{NO}_3\text{-N}$ des sauerstoffreichen Epilimnions durch den $\text{NH}_4\text{-N}$ des sauerstofffreien Hypolimnions vorkommt, läßt sich durch die Anwesenheit von NH_4 hinauf bis ins Epilimnion erklären. Im Bauernsee sind die Verhältnisse ähnlich, wenn auch — infolge des geringeren $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehaltes und des schwächeren Austausches — nicht so stark ausgeprägt. Die Zillingdorfer Seen hingegen bieten das gewohnte Bild des engbegrenzten $\text{NO}_2\text{-N}$ -Vorkommens.

Diese fünf Seen zeigen sehr schön, daß das Schichtungsbild der drei Oxydationsstufen des anorganischen Stickstoffs von der Höhe dieses Gehaltes selbst und der Größe des Austausches zwischen Epi- und Hypolimnion abhängt.

Die Änderung der Konzentration des $\text{NO}_2\text{-N}$ nach der Tiefe ist äußerst interessant. Während des Winters konnte in allen Schichten ein von der Oberfläche bis zur Tiefe gleichbleibender Wert von etwa 0,030 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ festgestellt werden. Im Oktober, November 1954 sowie 1955, als die Wassertemperaturen noch 10°C und mehr betragen, lagen die Werte höher, nämlich bei 0,040 mg/l.

Während der sommerlichen Stagnation nahmen die $\text{NO}_2\text{-N}$ -Meßwerte im Epilimnion deutlich zu und im Hypolimnion ab. Die höchsten Werte

wurden im Epilimnion Ende Juli zugleich mit den höchsten, gemessenen Oberflächentemperaturen bestimmt, und zwar 0,050 mg/l.

Auch die anderen Isoplethen zeigten einen deutlich temperaturabhängigen Verlauf, eine Tatsache, die sich durch die van T'Hoff'sche RGT-Regel erklären läßt. Der große Abstand zwischen der 10-m- und 15-m-Isoplethe zeigt sogar deutlich die Lage der Sprungschicht an. Natürlich fehlen hier noch ergänzende bakteriologische Untersuchungen.

Sobald jedoch der Sauerstoffgehalt 2 mg/l unterschritt, stiegen durch den, im gegenläufigen Sinne zur temperaturbedingten Schichtung wirkenden Denitrifikationsprozeß die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte in der Tiefe sprunghaft an. Bei Boje A wurde ein Wert von 1,6 mg/l erreicht; dasselbe zeigte sich auch bei Boje B, zur Zeit des absoluten Sauerstoffmangels ist jedoch dort kein $\text{NO}_3\text{-N}$ mehr nachzuweisen.

NO_3 -Stickstoff

Der Nitratgehalt, der während der Zeit der Vollzirkulation zwischen Werten von 5 bis 6 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ schwankte, zeigte ebenfalls eine deutliche Abnahme während der Sommerstagnation im Hypolimnion und einen Anstieg bis auf 7 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ im Epilimnion. Sicherlich spielt auch hier, so wie oben ausgeführt wurde, der Temperaturfaktor eine große Rolle. Mit der Abnahme des Sauerstoffgehaltes unter 2 mg/l und dem sprunghaften Anstieg des $\text{NO}_3\text{-N}$ sinkt der $\text{NO}_3\text{-N}$ bei A bis auf 3,6 mg/l und bei noch geringerem Sauerstoffgehalt bei Boje B bis auf 0,9 mg/l plötzlich ab. Bei völligem Sauerstoffschwund ist auch $\text{NO}_3\text{-N}$ im Seewasser nicht mehr nachweisbar.

Stundl fand 1933 diese gleichen, hohen Nitratwerte; im zweiten Untersuchungsjahr konnte er jedoch nur Werte von 0,1 bis 0,6 mg/l feststellen. Im neu entstandenen Bauernsee konnte für das Jahr 1954/55 ebenfalls ein Nitratgehalt von dieser wesentlich geringeren Größe bestimmt werden.

7. Die Bestimmung des SO_4 -, Ca-, Mg-, SiO_2 -Gehaltes und der Leitfähigkeit

Ein so außerordentlich hoher Salzgehalt räumt diesen Seen im Kreise der Voralpenseen endgültig eine Sonderstellung ein. Die hohe Leitfähigkeit, die nach Berechnung der Restleitfähigkeit durch den Gehalt an Ca-, Mg-Sulfaten bedingt ist, erfährt noch eine gewaltige Steigerung in den kleinen Zillingdorfer Seen. Dort wurden Leitfähigkeiten von 3000×10^6 und Ca- und Mg-Werte von 20 bis 30 mval/l gefunden. Dieses Wasser hat auch schon einen bittersalzähnlichen Geschmack angenommen. Wie aus einem Vergleich der Restleitfähigkeiten des Neufelder- und des Bauernsees mit den, den jeweiligen SO_4 -Konzentrationen entsprechenden Leitfähigkeiten hervorgeht, muß sich die restliche Anionenkonzentration immer-

halb sehr enger Grenzen bewegen. Orientierende Untersuchungen über den Chloridgehalt ergaben auch Werte, die durchwegs unter 10 mg/l lagen.

	Leitfähigkeit in $X_{15} \cdot 10^6$	Restleitfähigkeit in $X_{15} \cdot 10^6$	Ca		Mg	
			mval / l	mg / l	mval / l	mg / l
Neufeldersee	561	289	3.95	79,1	2,87	34,9
Bauernsee	1197	930	12,25	245,5	4,75	57,7

	SO ₄		Ges. Härte °DH	Karbonathärte °DH	SiO ₂ mg / l	Alkalinität mval / l
	mval / l	mg / l				
Neufeldersee	3,16	152,8	17,3	9,6	2,8	3,42
Bauernsee	13,26	636,8	47,6	11,2	4,0	4,0

Ca, Mg: Titration mit Komplexon III
 SO₄: Bichromat-, Benzidinmethode
 SiO₂: Methode nach Dienert-Wandembuleke

B. Bauernsee

1. Temperatur

Das Kurvenbild zeigt gegenüber dem Neufeldersee eine stärker ausgebildete, sommerliche Stagnation des Seewassers. Eine erste, ausgebildete Sprungschicht war schon am 1. Mai 1955 festzustellen, ab Mitte Mai bewegte sie sich zwischen 6 und 7 m und sank erst Mitte Oktober auf 9 bis 10 m ab. Die Vollzirkulation wurde erst Ende Oktober erreicht, einen halben Monat später als im Neufeldersee. Jedoch stiegen auch hier die Temperaturen des Hypolimnions (15-m-Isoplethe) von 6,5 °C bei setzender Stagnation bis auf 8,5 °C bei deren Ende an.

2. pH und Alkalinität

Die stabilere Schichtung des Bauernsees ist hier am schärferen Konzentrationsprung vom Epi- zum Hypolimnion in der Alkalinität und

der stärkeren Verschiebung des pH den weniger alkalischen Bereich deutlich zu erkennen.

Die pH-Werte schwankten vom Epi- zum Hypolimnion zwischen 8,01 und 7,21. Die Alkalinität des Epilimnions sank im Sommer bis auf 2,74 mval/l ab, während im Hypolimnion Werte bis zu 4,80 mval erreicht wurden.

Der Sauerstoffgehalt

Die windgeschütztere Lage und somit stärkere sommerliche Stagnation des Bauernsees bedingt auch eine stärkere Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Hypolimnion sowie das durch die Ausbildung einer zweiten Sprungschicht entstandene „metalimnische Sauerstoffmaximum“ der 5-m-Iso-plethe Anfang September. Vom Juli 1955 an zeigt die Sauerstoffkurve nach der Tiefe die Tendenz zum klinograden Verlauf, ein Kurvenbild, das auf eutrophe Verhältnisse im See hinweist. Allerdings darf hier auf die, durch die Uferabbrüche bedingte, sauerstoffzehrende Erdaufschwemmung im See und die relativ große Oberfläche des Schlammkontaktes im Vergleich zum Wasservolumen nicht vergessen werden.

4. Der Phosphatgehalt

Auch im Bauernsee spielt das Phosphat die Rolle des Minimumfaktors. Es war während der Sommerstagnation in der Tiefe etwas mehr als im Neufeldersee, aber auch dort nur in Spuren nachweisbar. Eine Ausnahme bildete hier nur der Mai mit seinen durchwegs höheren Werten, die bei 0,010 mg/l lagen. Eine Erklärung für diesen Umstand dürfte in einer, zu dieser Zeit vorübergehend als Schutt- und Mistablageplatz benützten Uferbank zu suchen sein.

Der Eisengehalt

Ähnlich wie im Neufeldersee war auch hier Eisen im Seewasser nur in Spuren festzustellen. Nur im Hypolimnion stieg nach eingetretener Sommerstagnation der Eisengehalt bis auf 0,10 mg/l an.

Ein Kuriosum hinsichtlich des Eisengehaltes stellt der dritte und kleinste der Zillingdorfer Seen dar, der durch seine ausgesprochen rote Wasserfarbe auffällt. Nähere Untersuchungen ergaben einen außerordentlich hohen Eisengehalt von 200 mg/l und eine ständige Fe_2O_3 -Ausfällung am Ufer.

6. Der Gehalt an Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff NH_4 -Stickstoff

Wie schon bei der Besprechung des Neufeldersees erwähnt wurde, fehlte — ausgenommen kurz nach Eintreten der herbstlichen Vollzirkulation —

der NH_4 -Stickstoff im Epilimnion völlig. Die geringe Austauschgröße und der weitaus geringere Gehalt an anorganischem Stickstoff bieten hierfür eine Erklärung. Dagegen war im Hypolimnion während der Sommerstagnation ein wesentlich stärkerer Anstieg des NH_4 -N-Gehaltes als Neufeldersee, und zwar bis auf 0,67 mg/l nachzuweisen.

NO_2 -Stickstoff

Auch während der Sommerstagnation war der NO_2 -N in allen Wasserschichten gleichmäßig verteilt, jedoch in wesentlich geringerer Konzentration als im Neufeldersee, und zwar von 0,015 mg/l. Durch die stärkere Sommerstagnation des Seewassers wirkte hier einerseits der absolute NH_4 -Mangel des Epilimnions und andererseits die, durch den größeren Sauerstoffmangel im Hypolimnion begünstigte Denitrifikation einer temperaturbedingten Nitritschichtung entgegen, wie sie im Neufeldersee so schön beobachtet werden konnte.

NO_3 -Stickstoff

Der im Bauernsee gefundene NO_3 -N-Gehalt war wesentlich kleiner als im Neufeldersee und konnte daher mit Diphenylaminoschwefelsäure bestimmt werden, so daß den Konzentrationsunterschieden eine größere Bedeutung zukommt. Der Litergehalt betrug 0,5 bis 2 mg. Auch hier verhinderte die geringe Austauschgröße während des Sommers eine temperaturbedingte Schichtung. Der Sauerstoffmangel und die niedere Temperatur des Hypolimnions einerseits und der NH_4 -Mangel des Epilimnions andererseits bewirkten, daß die 0-m- und 15-m-Isoplethe bis auf Mitte Oktober, als der Sauerstoffgehalt des Hypolimnions 2 mg/l unterschritt, die gleiche NO_3 -Konzentration zeigten.

Interessanterweise war in 10 m Tiefe während des ganzen Septembers ein metalimnisches NO_3 -Maximum festzustellen, ein Unterschied im NO_3 -N-Gehalt von 0,5 mg/l gegenüber dem Epi- und Hypolimnion. Dies läßt sich analog dem, von Ohle in den Holsteinischen Seen festgestellten, metalimnischen Sulfatmaximum erklären, da hier im Vergleich zu den anderen Wasserschichten eine Zone der optimalsten Bedingungen für eine stärkere Nitrifikation vorlag.

Planktonuntersuchungen

Methodik

Um den verschieden stark vertretenen und verschieden großen Planktonorganismen gerecht zu werden, wurde außer der direkten Auszählung einer jodierten Wasserprobe in 2 cm³ und 10 cm³ Planktonkammern,

einerseits das jodierte Seewasser von 0,5 l sedimentiert und ausgezählt und andererseits für das Crustaceenplankton eine mit Formol konservierte, netzfiltrierte Probe von 2,5 l ausgezählt. Um die Masse der verschiedenen großen Planktonten untereinander besser vergleichen zu können, wurde die Volumenbestimmung der einzelnen Arten nach Lohmann durchgeführt, und das Gesamtvolumen/l linear, in sogenannten „Kugelkurven“ (3. Wurzel aus dem Gesamtvolumen/l) aufgetragen, eine Methode, wie sie von Ruttner angewandt und empfohlen wurde. Wegen Platzmangel und der geringen Bedeutung, die der Veränderung der Individuenzahlen nach der Tiefe in den relativ seichten und stark durchmischten Seen zukommt wurde nur das mittlere Gesamtvolumen/l der fünf Tiefenstufen nach der Zeit aufgetragen und schwach vertretene Planktonten graphisch gar nicht berücksichtigt.

A. Neufeldersee

Diatomeen

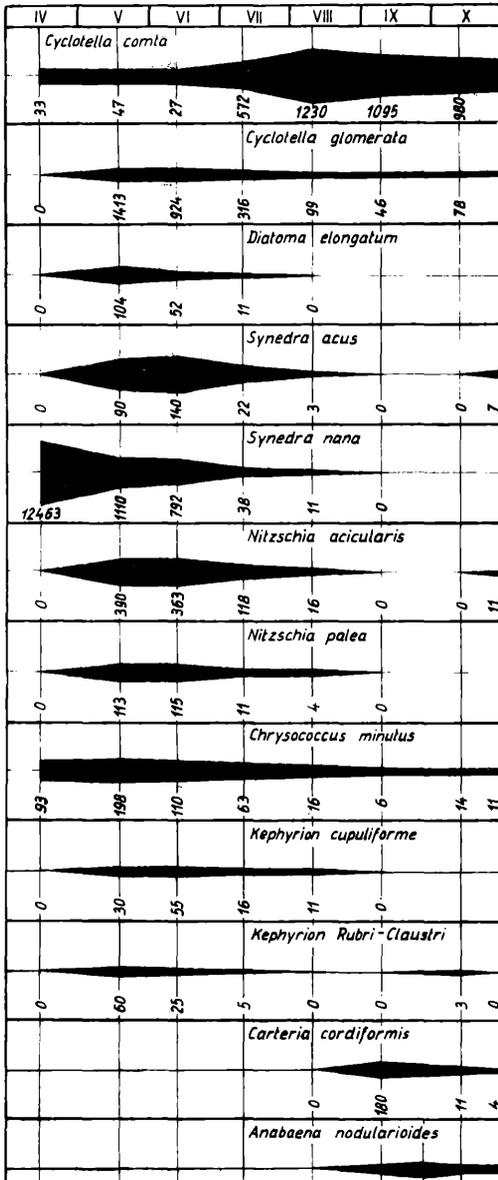
Cyclotella operculata. Diese Alge war während aller Jahreszeiten in beträchtlicher Anzahl vertreten. Ab Ende Mai und während des ganzen Juni und Juli war ein maximales Auftreten von *C. operculata* zu beobachten, wobei die Temperatur der jeweiligen Vegetationsdichtemaxima in 5 bis 10 m Tiefe bei 12° bis 16° C lag. Ende Juli nahm die Vegetationsdichte mit einsetzender, starker Erwärmung des Epilimnions bis auf 21° C schlagartig bis auf die im Frühjahr gemessenen Werte ab. Die Untersuchungen bei Boje B zeigten eine schöne Übereinstimmung mit A, einzig und allein im September fehlte *C. operculata* durch die stark veränderten chemischen Verhältnisse in 20 m Tiefe völlig.

Cyclotella Kützingiana. Das Vorkommen dieser Art zeigte ein ausgesprochenes Herbstmaximum, das interessanterweise erst nach dem Abklingen des *C. operculata*-Dichtemaximums im September in Erscheinung trat und bis in den November hinein anhielt. Daher lagen auch die Maxima in der Vertikalverbreitung bei höheren Temperaturen als bei *C. operculata*.

Synedra acus spielte in der Zusammensetzung des Planktons eine völlig untergeordnete Rolle und soll nur der Vollständigkeit halber auch Erwähnung finden. Es wurde bei beiden Bojen ein äußerst schwaches Auftreten im Herbst und im Frühjahr mit Individuenzahlen bei 100/l festgestellt.

Cryptomonaden

Cryptomonas erosa und *Rhodomonas lacustris*. Diese durchwegs eurytopen Vertreter der Cryptomonaden zeigten auch im Neufeldersee, sowohl nach



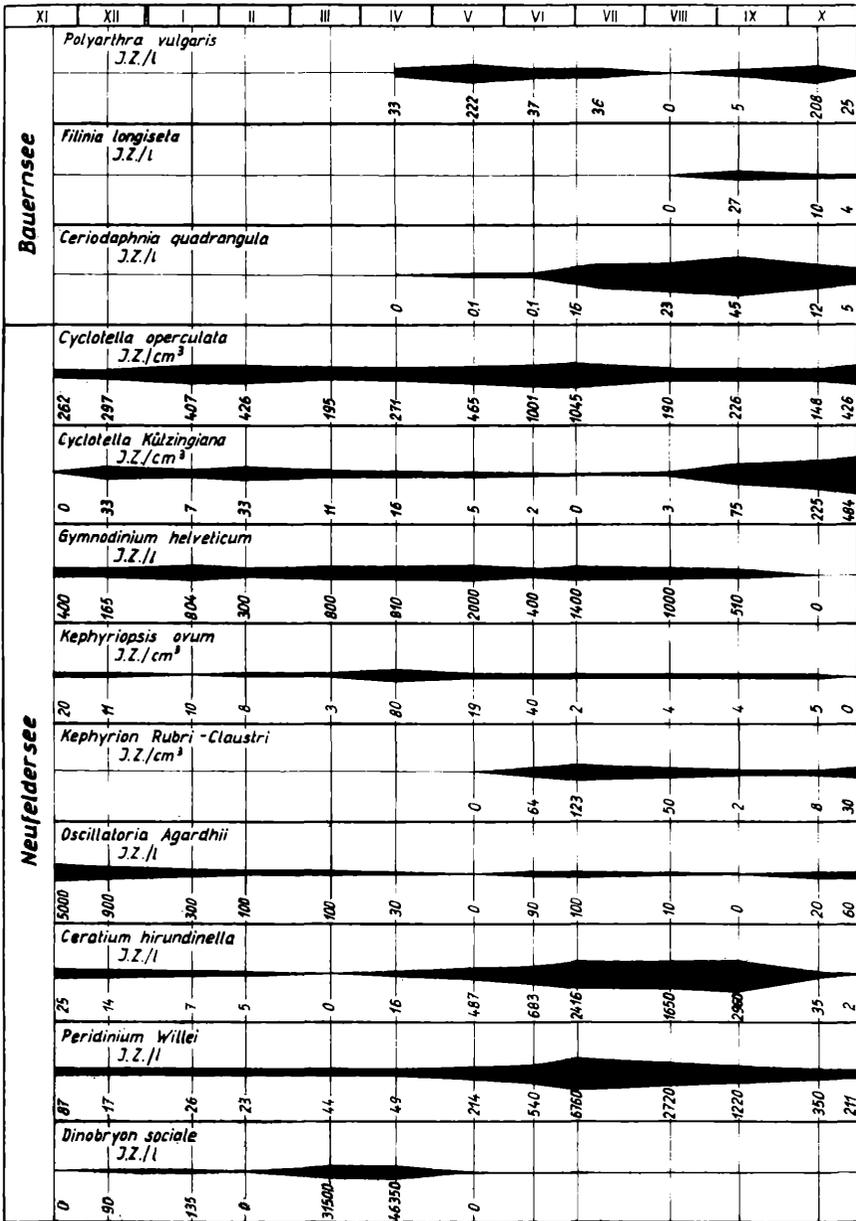
Links

Abb. 2: Verteilungsbilder des Planktons im Bauernsee, 1955. Es ist die Veränderung des mittleren Gesamtvolumens im Liter nach der Zeit in „Kugelnkurven“ (3. Wurzel aus dem mittleren Gesamtvolumen im Liter) aufgetragen. Die zugeordneten Zahlen geben die mittleren Individuenzahlen im cm^3 an.

Rechts

Abb. 3. Verteilungsbilder des Planktons im Bauernsee, 1955, bzw. Neufeldersee 1954/55, dargestellt wie Abb. 2.

durch Braunkohlentagbaue entstandenen Seen



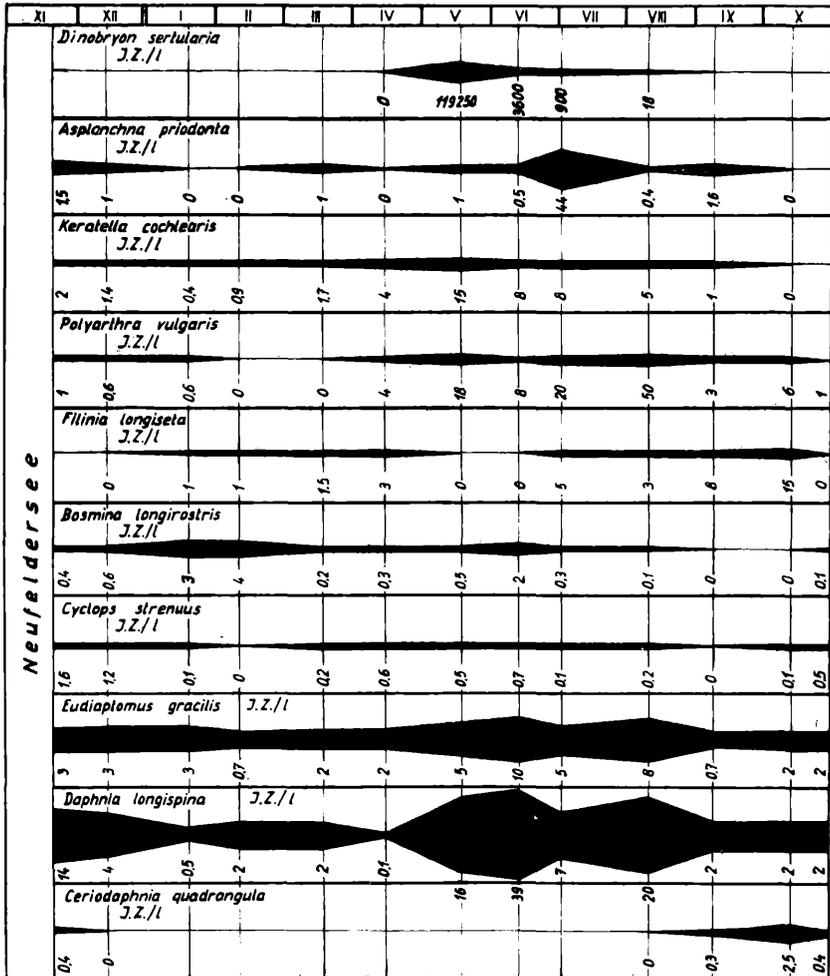


Abb. 4. Verteilungsbilder des Planktons im Neufeldersee, 1954/55, dargestellt wie Abb. 2.

der Zeit als auch nach der Tiefe, eine völlig gleichmäßige Verteilung. Einzig und allein während der Sommermonate stieg die Vegetationsdichte etwas an, zuerst bei *Rhodomonas lacustris* auf etwa 500 000/l und dann

bei *Cryptomonas erosa* auf 50 000/l. *Cr. erosa* zeigte während der Stagnationsperiode ein Dichtemaximum knapp über dem Grund, das sowohl mechanisch als auch ernährungsphysiologisch gedeutet werden kann — wie es schon von anderen Autoren, vor allem für Crustaceen, versucht wurde. *Rh. lacustris* hat auch ein solches, jedoch wesentlich schwächeres Dichtemaximum; es dürfte, wie das Fehlen bei Boje B in 20 m Tiefe beweist, gegenüber Sauerstoffmangel empfindlicher sein als *Cr. erosa*.

Chrysomonaden

Kephyriopsis ovum war nur in geringer Dichte mit etwa 20 000/l vertreten und zeigte ein schwaches Ansteigen der Vegetationsdichte im Frühjahr bis auf 80 000/l. Nach den von Ruttner im Lunzer Untersee angestellten Untersuchungen zählte diese Art auch dort zu den Frühjahrsformen.

Kephyrion Rubri-Claustri trat im Juni und Juli anschließend an das schwache Frühjahrsmaximum von *Kephyriopsis ovum* überraschend stark auf und bevorzugte deutlich das Epilimnion von 0 bis 5 m, wo Individuenzahlen bis 300 000/l gezählt wurden. In den Herbstmonaten trat diese Art nur mehr vereinzelt auf.

Es kann nicht verschwiegen werden, daß Conrad* diese Art als Winterform beschreibt, während ich ein ausgesprochenes Sommermaximum vorfand. In morphologischer Hinsicht stimmt diese Art jedoch genau mit der Beschreibung von *K. Rubri-Claustri* überein.

Dinobryon sociale kam nur während der Monate März und April stärker zur Entwicklung. Während der Sommermonate trat die Art nur ganz vereinzelt auf, so daß sie von den angewandten Zählmethoden gar nicht mehr erfaßt wurde.

Bei *Dinobryon sertularia* war ein deutliches Vegetationsmaximum Ende Mai bis Ende Juni, anschließend an jenes von *D. sociale* in schöner Übereinstimmung bei Boje A und B zu beobachten gewesen.

Mallomonas Fresenii zeigte im Winter und Frühjahr ein zahlenmäßig sehr schwaches Auftreten mit Individuenzahlen von etwa 10 000/l und trat dann erst im Herbst mit fallenden Temperaturen wieder merklich in Erscheinung. Wie schon bei anderen *Mallomonas*-Arten festgestellt wurde, dürfte es sich auch hier um eine kälteliebende Form handeln.

Während der Sommermonate wurde auch ganz vereinzelt ein Auftreten von *Chromulina verrucosa* beobachtet.

* Zitiert nach Huber-Pestalozzi „Das Phytoplankton d. Süßwassers“, 2. Teil, S. 70, aus der Reihe „Die Binnengewässer“, Bd. 16.

Dinoflagellaten

Peridinium Willei war während des ganzen Jahres in beträchtlicher Anzahl im Plankton vertreten. Die Populationsdichte zeigte ein deutliches Sommermaximum mit der größten Dichte im Juli. Allerdings lagen die Maxima nach der Tiefe im Sommer zuerst bei 10 m und dann bei 15 m, das ist tiefer als Ruttner für die Ostalpenseen feststellte. Aber die Temperaturen stimmten mit jenen von Ruttner gefundenen so ziemlich überein, sie lagen zwischen 11° und 14° C.

Ceratium hirundinella kam erst von Mai bis Ende September zu einer stärkeren Entwicklung. Die deutliche Bevorzugung des Epilimnions im Sommer weist in Übereinstimmung mit Boje B auf die höheren Temperaturansprüche dieser Art hin.

Ceratium cornutum trat während der Monate Juli und November mit äußerst geringen Individuenzahlen von 20/l auf, jedoch immer erst ab einer Tiefe, in der die Vegetationsdichte von *Ceratium hirundinella* bereits deutlich abnahm.

Gymnodinium helveticum. Diese farblose und auf animalische Ernährung angewiesene Art zeigte — wie schon Ruttner für die Ostalpenseen feststellen konnte — ein deutlich kalstenothermes Verhalten. Sie war im Sommer erst ab 10 m Tiefe mit einem deutlichen Maximum bei 15 m und einer Temperatur von 7° bis 13° C anzutreffen und verschwand Mitte Oktober bei einer Homothermie von 15° C völlig aus dem Plankton.

Chlamydomonadaceen

Carteria cordiformis trat erst im Juli auf und zeigte Ende September, Anfang Oktober eine deutliche Bevorzugung des Epilimnions mit Zahlen von 300 000/l bei 0 m Tiefe. Im November wurde die Art nur mehr vereinzelt gefunden.

Protococcales

waren in vollkommen unbedeutender Anzahl durch *Ankistrodesmus falcatus* und *Pediastrum Boryanum* vertreten.

*

Desgleichen konnte als Vertreter der farblosen Flagellaten *Bodo sp.* vereinzelt gezählt werden.

Cyanophyceen

Oscillatoria Agardhii zeigte ein außerordentlich starkes Vorkommen im Herbst 1954 mit Individuenzahlen von 5000/l, trat im Winter und Frühjahr stark zurück und war im Sommer nur in der Tiefe zu finden. 1955 hingegen war das Herbstmaximum nur sehr schwach angedeutet. Allerdings

war im Jahre 1954 — wie die Temperatur- und Sauerstoffbestimmungen zeigten — die Sommerstagnation wesentlich stärker ausgeprägt und dürfte in ernährungsphysiologischer Hinsicht erst günstige Verhältnisse für die Entwicklung von *Oscillatoria Agardhii* geschaffen haben.

Ciliata

Ein *Didinium* war während des ganzen Jahres mit einem leichten Anstieg der Vegetationsdichte im Sommer in allen Wasserschichten gezählt worden, während ein *Strobilidium* nur im Winter und Frühjahr festgestellt werden konnte.

Im Hypolimnion bei Boje B konnte im Sommer infolge der extremen chemischen Verhältnisse eine starke Verschiebung der Planktonzusammensetzung in den artenarmen Bereich beobachtet werden.

Von den schon besprochenen Planktonformen konnte nur eine geringe Anzahl *Cryptomonas erosa* und ein, sicherlich durch mechanische Faktoren bedingtes, schwaches Vorkommen von *Cyclotella Kützingeriana* festgestellt werden. Dafür wurde aber ein *Chilomonas* bis zu 200 000 Individuen/l, eine *Astasia* bis zu 50 000/l und viele *Ciliata* gezählt.

Rotatoria

Asplanchna priodonta zeigte ein auffallendes Dichtemaximum im Juli und eine Bevorzugung des Epilimnions — ein Zeitpunkt, zu dem auch Männchen gezählt werden konnten — während sie in den übrigen Monaten nur vereinzelt oder gar nicht bestimmt werden konnte.

Synchaeta pectinata konnte nur in der Zeit von April bis Juli und auch da nur in geringer Zahl festgestellt werden.

Filinia (Triarthra) longiseta. Diese Art, die einige Okotypen mit einschließen dürfte, zeigte ein kaltstenothermes Verhalten, wie es auch von Ruttner für den, im Lunzer Untersee vorkommenden Okotypus beschrieben wurde. Die größte Vegetationsdichte wurde im Sommer naturgemäß im Hypolimnion beobachtet.

Keratella (Anurea) cochlearis scheint, soweit die niederen Zahlen eine Schlußfolgerung zulassen, im Sommer das Meta- und Hypolimnion zu bevorzugen. Überraschend ist jedoch, daß im Bauernsee die selbe Art, sowie es auch von Ruttner für die Ostalpenseen beschrieben wurde, deutlich das Epilimnion besiedelt.

Polyarthra vulgaris Carlin. Diese Art, die nach dem von Nipkow ausgearbeiteten Bestimmungsschlüssel für die Gattung *Polyarthra* bestimmt, früher jedoch auch zu *P. platyptera* gezählt wurde, zeigte in der Lage

der Dichtemaxima sowohl nach der Zeit als auch nach der Tiefe ein ähnliches Verhalten wie *Keratella cochlearis*. Inwieweit die niederen Temperaturansprüche dieser Art — der Neufeldersee zeigt im Sommer sehr hohe epilimnische Temperaturen — das von der, in den Ostalpenseen im Epilimnion gefundenen *P. platyptera* abweichende Verhalten erklären, das ist schwer zu entscheiden.

Crustacea

Daphnia longispina zeigte einen starken Anstieg der Populationsdichte während der Monate Mai bis Juli. Das Auftreten von Männchen im Mai und Juni war überraschend früh im Jahr, da sie in den Alpenseen immer erst während der Herbstmonate auftreten.

Ceriodaphnia quadrangula var. *pulchella* war in beiden Untersuchungsjahren in ihrem Auftreten auf die Zeit von September bis Anfang Dezember mit einem Populationsdichtemaximum im Oktober beschränkt. Es sieht so aus, als ob einer stärkeren Entwicklung dieser Art einerseits die rasch einsetzende Abkühlung der Wassermassen im November und andererseits das starke Sommermaximum von *Daphnia longispina* entgegenstände.

Bosmina longirostris zeigte, soweit die geringen Individuenzahlen einen Schluß zulassen, ein schwaches Wintermaximum.

Eudiaptomus gracilis war während des ganzen Jahres im Plankton auch durch eine kleinere Anzahl Männchen vertreten und zeigte im Sommer einen schwachen Anstieg der Populationsdichte. Wie schon von anderen Autoren bei Crustaceen beobachtet wurde, zeigte sich hier eine Anhäufung knapp über dem Grund.

Cyclops strenuus war zahlenmäßig am schwächsten vertreten, deshalb läßt das Kurvenbild keinerlei Schlüsse über die Lage der Dichtemaxima zu.

B. Bauernsee

Diatomeen

Cyclotella glomerata ist für die Planktonzusammensetzung des Bauernsees charakteristisch und zeigte im Mai und Juni ein Dichtemaximum mit Individuenzahlen bei 1 000 000/l. Für die deutliche Abnahme der Individuenzahlen nach der Tiefe dürfte die stärkere Abnahme der Lichtintensität im Bauernsee verantwortlich sein.

Cyclotella comta kam bis Juni nur in geringer Anzahl vor, ab Juli stieg jedoch die Population stark an und dominierte während des ganzen Sommers bis in den Herbst hinein im Nannoplankton. Diese Art bevorzugte ebenfalls deutlich das Epilimnion mit Individuenzahlen, die bis zu 5 000 000/l betragen.

Cyclotella Kützingiana war im Frühjahr vereinzelt im Plankton festgestellt worden, anscheinend vom Neufeldersee her eingeschleppt, konnte sich aber in dem neuen Lebensraum nicht recht behaupten.

Synedra nana zeigte ähnlich wie *Cyclotella glomerata* ein Frühjahrsmaximum mit einer Massenvegetation von 12 000 000/l im April und Anfang Mai. Später sanken diese Zählwerte merklich ab und Ende August war diese Art aus dem Plankton völlig verschwunden.

Synedra acus stieg anschließend an das Maximum von *Synedra nana* zahlenmäßig stark an und behauptete sich bis in den Juni hinein im Plankton in gleicher Dichte. Später war auch diese Art nur mehr äußerst schwach vertreten.

Diatoma elongatum zeigte ein mit *Synedra acus* fast gleichlaufendes Verteilungsbild, konnte jedoch ab August überhaupt nicht mehr gezählt werden.

Nitzschia acicularis und *Nitzschia palea* gehörten auch zu jener Gruppe der Diatomeen, die im Mai und Juni ein Dichtemaximum ausbildeten, verschwanden jedoch für den Rest des Sommers und den Herbst fast völlig aus dem Plankton.

Die eurytopen Vertreter der

Cryptomonaden

Cryptomonas erosa und *Rhodomonas lacustris* fehlten auch im Plankton des Bauernsees nicht. *Cryptomonas erosa* zeigte ein Sommermaximum und die schon im Neufeldersee beobachtete Ansammlung knapp über dem Grund, die jedoch mit steigendem Sauerstoffmangel im August wieder verschwand. *Rhodomonas lacustris* muß gegenüber dem Licht- und Sauerstoffmangel, wie schon erwähnt, viel empfindlicher sein, da es deutlich das Epilimnion bevorzugte.

Chrysomonaden

Kephyrion Rubri-Claustri und *Kephyrion cupuliforme* traten im Mai und Juni stärker auf, verschwanden aber für den Rest der Untersuchungsmonate fast ganz aus dem Plankton. Die größte Vegetationsdichte war bei beiden Formen im Epilimnion gelegen.

Chrysococcus minutus war während aller Untersuchungsmonate im Plankton vertreten, zeigte eine maximale Entwicklung im Mai und eine Bevorzugung der epilimnischen Wasserschichten.

Chromulina verrucosa war ebenfalls während aller Untersuchungsmonate, jedoch nur in äußerst geringer Anzahl im Plankton vorhanden.

Dinoflagellaten

Ceratium hirundinella zeigte nur im Mai und Juni ein vorübergehendes, schwaches Auftreten von 20 Individuen/l.

Chlamydomonadaceen

Carteria cordiformis. Die optimalen Lebensbedingungen dieser Art dürften in den herbstlichen Seeverhältnissen liegen, da sie auch im Bauernsee erst im September auftrat und sofort ein Maximum von 500 000/l in 0 m Tiefe erreichte. Ende September jedoch gingen diese Zahlen wieder stark zurück.

Cyanophyceen

Anabaena nodularicoides trat knapp vor der einsetzenden herbstlichen Umschichtung im September mit einer maximalen Dichte im Epilimnion auf und war bis in den November hinein im Plankton, später natürlich in gleichmäßiger Verteilung in allen Tiefenstufen, zu beobachten.

Als Vertreter der *Ciliaten* war im Bauernsee ebenfalls ein *Didinium* und ein *Strobilidium* festgestellt worden.

Rotatoria

Polyarthra vulgaris Carlin war im Rotatorienplankton vorherrschend und zeigte, außer im Frühjahr, auch im Herbst einen Anstieg der Populationsdichte. Die Bevorzugung des Epilimnions mag mit den lichtbedingten epilimnischen Dichtemaxima der Phytoplankter zusammenhängen.

Bei *Filinia (Triarthra) longiseta* dürfte es sich um einen anderen Ökotypus als im Neufeldersee handeln, da sie erst im September auftrat und durchwegs epilimnische Maxima zeigte. Mit der abnehmenden Temperatur und einsetzenden Vollzirkulation nahmen die Individuenzahlen wieder stark ab.

Da *Notholca squamula* im Plankton des Neufeldersees nicht festgestellt werden konnte, dürfte sie von den Zillingdorfer Seen her eingewandert sein; sie trat aber nur vorübergehend von Mai bis Juli mit sehr geringen Individuenzahlen auf.

Asplanchna priodonta war nur im Juli 1955 in 0 — 5 m Tiefe mit wenigen Individuen im Liter gezählt worden, scheinbar eine vorübergehende Invasion vom Neufeldersee.

Desgleichen trat *Brachionus angularis* — diesmal eine Invasion von den Zillingdorfer Seen — nur im Mai und Juli mit 8 Individuen im Liter auf.

Auch *Pedalion mirum*, das im Zillingdorfer Plankton stark vertreten ist, zeigte einzig und allein im Juli 1955 ein allerdings starkes Auftreten im Epilimnion mit Individuenzahlen bis zu 400/l.

Keratella (Anurea) quadrata und *Keratella (Anurea) cochlearis* traten nur im Frühjahr und Sommer auf und zeigten eine maximale Populationsdichte im Juli. *K. quadrata* hatte ein epilimnisches Maximum von 52/l. *K. cochlearis* ein solches von 800/l, allerdings lagen im Bauernsee Sommer fast alle Dichtemaxima der Planktophyta im Epilimnion.

Crustacea

Ceriodaphnia quadrata var. *pulchella* war während aller Untersuchungsmonate im Plankton vertreten. zeigte bereits im Juli ein starkes Ansteigen der Vegetationsdichte und herrschte von da ab im Crustaceenplankton deutlich vor; erst im Oktober und November nahmen die Individuenzahlen wieder etwas ab.

Interessanterweise fehlte *Daphnia longispina* Bauernseeplankton völlig.

Bosmina longirostris und *Cyclops strenuus* traten während der Sommermonate vereinzelt im Plankton auf.

Zusammenfassung der physikalischen und chemischen Untersuchungsergebnisse

Schon die Eigenart des Chemismus — der außergewöhnlich hohe Gehalt an Ca- und Mg-Sulfaten und der hohe anorganische Stickstoffgehalt — weist den Seen eine Sonderstellung zu. Der Bikarbonatgehalt, der für gewöhnlich 90 % des Salzgehaltes im Seewasser bestreitet, macht im Neufeldersee 50 % und im Bauernsee gar nur 20 % des Salzgehaltes aus. Der Rest besteht in erster Linie aus dem hohen Gehalt an Sulfaten.

In schöner Abstufung vom Neufeldersee über den Bauernsee zu den Zillingdorfer Seen bedingt die Höhe des Gehaltes, bzw. des Nachschubs an anorganischem Stickstoff das Vorkommen oder Fehlen aller 3 Oxydationsstufen nebeneinander vom Hypolimnion bis hinauf ins sauerstoffgesättigte Epilimnion.

Eine temperaturbedingte Schichtung des Nitritstickstoffs — wie sie im Neufeldersee so schön beobachtet werden konnte — wurde im Bauernsee durch die stärkere Sommerstagnation unterbunden. Die geringere Austauschgröße bewirkte hier durch den absoluten Ammoniummangel des Epilimnions und durch die, durch den größeren Sauerstoffmangel im Hypolimnion begünstigte Denitrifikation eine gleichmäßige Verteilung des Nitritstick-

stoffs in allen Schichten. Allerdings wurde im Bauernsee auch nur etwa ein Viertel des Nitrat-Stickstoffs in mg/l und ein entsprechend geringerer Nitrit- und Ammoniumgehalt vor allem im Epilimnion gemessen.

Eine fortgeschrittene Eutrophierung seit den Untersuchungen von Stundl im Jahre 1933/34 konnte beim Neufeldersee durchaus nicht festgestellt werden, denn die Planktondichte war viel zu gering um für die Sauerstoffabnahme im Hypolimnion verantwortlich gemacht werden zu können. Der Sauerstoffmangel, der hohe Ammonium- und Eisengehalt der Tiefe ist in erster Linie auf die Eigenart der Zusammensetzung des Wannenuntergrundes zurückzuführen. Schon der außergewöhnliche Stickstoffhaushalt erklärt die stärkere Sauerstoffabnahme in der Tiefe, die trotz der im Sommer verhältnismäßig starken Sauerstoffzufuhr — wie der Anstieg der Tiefentemperaturen beweist — bestehen bleibt.

Diese Abhängigkeit eines Sees von seinem Untergrund, wie sie schon von Ohle betont wird, muß für einen See von so geringem Alter natürlich doppelt bedeutsam sein, noch dazu da es sich hier um einen stillgelegten Braunkohlentagbau handelt.

Für das Fehlen einer größeren Planktondichte ist sicherlich der Minimumfaktor des Phosphats verantwortlich, eine Tatsache, die auch durch das Zusammentreffen einer vorübergehenden, schwachen Phosphatdüngung des Bauernsees mit einem plötzlichen, starken Auftreten vieler verschiedener, später nicht mehr beobachteter Arten bewiesen wird.

Die geringen gemessenen Sichttiefen des Bauernsees täuschen eine Eutrophie vor, die in dem Ausmaß gar nicht besteht, da in einem solchen frisch entstandenen See — wie die ebenfalls geringen Sichttiefen des Neufeldersees vom Jahre 1933/34 beweisen — noch eine starke Trübung durch Erdaufschwemmung besteht.

Ein weiterer, für die Seen charakteristischer Faktor besteht in der überaus starken Windeinwirkung. Sie bedingt die hohe Austauschgröße während des Sommers und verhindert somit noch extremere chemische Verhältnisse im Hypolimnion. Einen deutlichen Beweis dafür liefern schon die verschieden abgestuften Temperaturkurven: des großen Neufelderseebeckens (Boje A), des zweiten kleineren Beckens (Boje B) und des noch windgeschützter gelegenen und kleineren Bauernsees, der auch im chemischen Kurvenverlauf eine schärfer ausgeprägte Schichtung zeigte.

Ein Überblick über die Planktonzusammensetzung beider Seen

Im Gegensatz zum artenreichen Diatomeenplankton des Bauernsees sind im Neufeldersee nur *Cyclotella operculata* und *Cyclotella*

Kützingiana erwähnenswert. Dagegen sind im Bauernsee mit *Cyclotella comta*, *C. glomerata*, *Diatoma elongatum*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia palea*, *Synedra nana* und *Synedra acus* sieben Diatomeenarten, und zwar die meisten als Massenformen, vertreten. Fünf dieser im Bauernsee vertretenen Arten wurden auch von Stundl für den neuentstandenen Neufeldersee festgestellt, während er *Cyclotella operculata* — heute geradezu eine Art Leitform im Neufeldersee — nicht feststellen konnte. Interessanterweise fehlt diese Cyclotellenart auch im Bauernsee, wo *Cyclotella comta* unter den Diatomeen dominierte. Diese deutliche Übereinstimmung in der Planktonzusammensetzung des Bauernsees und des gerade entstandenen Neufeldersees im Jahre 1934 ist deshalb besonders auffallend, weil die meisten Arten heute im Neufeldersee nicht mehr vertreten sind.

E. André, der den bei der Aufstauung des Jaunbaches in der Schweiz entstandenen See untersuchte, führt ebenfalls *Cyclotella comta* neben *C. Kützingiana* und einigen *Synedra*arten an. Auch er fand unter den Erstbesiedlern vor allem Diatomeen und Chrysoomonaden.

Die Vegetationsdichte der in beiden Seen vertretenen Chrysoomonaden war lange nicht so groß wie die der Diatomeen. Im Gegensatz zum Neufeldersee mit *Dinobryon sociale*, *Dinobryon sertularia*, *Kephyriopsis ovum* und *Kephyrion Rubri-Claustri* waren im Bauernsee nur die nicht koloniebildenden Formen wie *Kephyrion Rubri-Claustri*, *Kephyrion cupuliforme*, *Chrysococcus minutus* und *Chromulina verrucosa* vertreten. Allerdings wurde *Dinobryon sociale* schon von Stundl beobachtet und auch E. André erwähnt diese Alge unter den Erstbesiedlern.

Die Dinoflagellaten, nämlich: *Peridinium Willei*, *Gymnodinium helveticum* und *Ceratium hirundinella*, fehlen völlig im Plankton des Bauernsees, während sie im Neufeldersee zu den für die Planktonzusammensetzung charakteristischen Formen zählen. Desgleichen wurden sie weder von Stundl noch von E. André unter den Erstbesiedlern beobachtet.

Die einzige völlige Übereinstimmung zeigten beide untersuchten Seen außer dem Auftreten der eurytopen Vertreter der Cryptomonaden *Rhodomonas lacustris* und *Cryptomonas erosa* in dem Vorkommen der Chlamydomonadacee *Carteria cordiformis* im September 1955. Allerdings dürfte es sich hier bei beiden Seen um eine Neueinwanderung aus den Zillingdorfer Seen handeln, wo diese Alge schon im Juni beobachtet wurde. Von Stundl wurde diese Art im Plankton des Neufeldersees nicht gefunden. Außerdem trat in beiden Seen im Herbst eine hormogonale Blaualge im Neufeldersee *Oscillatoria Agardhii* und im Bauernsee *Anabaena nodularioides* auf.

Abschließend sei noch vermerkt, daß bei den meisten Phytoplanktern die größte Vegetationsdichte im Frühsommer bis Sommer zu liegen kam; nur scheinen die Maxima beim Neufeldersee gleichmäßiger auf eine längere Zeitspanne verteilt, während im Bauernsee mit Ausnahme von *Carteria cordiformis*, *Anabaena nodularioides* und *Cyclotella comta* alle anderen Phytoplankter in ihrem Auftreten auf die Monate Mai bis Juni beschränkt blieben.

Natürlich hat sich im Bauernsee noch kein biocoenotisches Gleichgewicht eingestellt, so daß — wenn es zu einer Massenerntfaltung einer Art wie *Synedra nana* im April kommt — alle anderen Arten ganz verdrängt oder zumindest stark zurückgedrängt werden. Eine ähnliche Massenerntwicklung zeigt *Cyclotella comta* von Juli bis September, so daß es so aussieht, als ob alle anderen Arten dadurch nur im Mai und Juni stärker zur Entwicklung kommen konnten. Allerdings könnte auch die schwache Phosphatdüngung des Wassers im Mai das plötzliche starke Auftreten dieser vielen verschiedenen Arten bedingt haben.

Im Vergleich mit den Untersuchungen von Stundl ist der Neufeldersee seit seinem Entstehen sichtlich an Diatomeenarten verarmt, während er an anderen Phytoplanktern — deren Lebensoptima vielleicht mehr voneinander verschieden sind — reicher wurde.

Bei einigen nahe verwandten Arten wurde die Beobachtung gemacht, daß die Dichtemaxima zeitlich aufeinander folgten. Dies war besonders deutlich bei *Dinobryon sociale* und *Dinobryon sertularia*; weiters kam *Cyclotella Kützingiana* erst stärker zur Entwicklung als das Sommermaximum von *Cyclotella operculata* abgeklungen war und auch das *Kephyrion Rubri-Claustri*-Maximum folgte zeitlich auf das schwache Maximum von *Kephyriopsis ovum*. Bei *Ceratium hirundinella* und *Peridinium Willei* konnte dergleichen nicht festgestellt werden, jedoch bevorzugt *Ceratium hirundinella* im Gegensatz zu *Peridinium Willei* offensichtlich mehr das Epilimnion.

Im Bauernsee wurde eine solche zeitliche Aufeinanderfolge der Dichtemaxima nicht beobachtet. allerdings sind die Verhältnisse hier auch noch viel zu unausgeglichen.

Im Rotatorienplankton haben Neufelder- und Bauernsee eine Reihe gemeinsamer Arten; ja, der Bauernsee beherbergt sogar ein recht artenreiches Rotatorienplankton, jedoch sind die meisten Arten nur in äußerst geringer Anzahl vertreten.

Der Neufeldersee zeigte bei den Rotatoriern nur sehr schwach ausgeprägte Maxima; allerdings konnten die Arten auch nur in geringer Dichte gezählt werden. Mit der Ausnahme von *Asplanchna priodonta*, die ein starkes Maximum im Juli hatte, kamen alle anderen Arten wie *Polyarthra*

vulgaris, *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta* und *Synchaeta pectinata* während des ganzen Jahres vor.

Im Bauernsee hingegen war wieder deutlich das Fehlen eines Gleichgewichtes zu beobachten. *Polyarthra vulgaris* beherrscht zahlenmäßig im Gegensatz zum Neufeldersee vollkommen das Bild. Mit der Ausnahme von *Filinia longiseta* treten alle anderen sechs gefundenen Arten im Bauernsee nur im Juli auf (*Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Notholca squamula*, *Pedalion mirum*, *Brachionus angularis*) zu einer Zeit, als die *Polyarthra vulgaris*-Population zahlenmäßig etwas abnahm; sie wurden vorher und nachher gar nicht oder nur mehr vereinzelt gefunden. Es ergibt sich daher ein ähnliches, unausgeglichenes Verteilungsbild der Dichtemaxima wie beim Phytoplankton.

Interessant war das Auftreten von *Pedalion mirum* im Juli, einer Art, die auch von Stundl im Neufeldersee gefunden wurde, jetzt aber dort völlig fehlt.

Das Crustaceenplankton ist im Bauernsee wesentlich artenärmer als im Neufeldersee. *Ceriodaphnia quadrangula* herrscht im Crustaceenplankton ähnlich wie *Polyarthra vulgaris* unter den Rotatorien vor, während *Bosmina longirostris* und *Cyclops strenuus* nur ganz vereinzelt gezählt werden konnten. Interessanterweise fand auch Stundl im Neufeldersee *Ceriodaphnia quadrangula* und *Cyclops strenuus* stärker vertreten, während *Daphnia longispina* beinahe fehlte.

Für das Crustaceenplankton des Neufeldersees ist heute neben *Daphnia longispina* noch *Eudiaptomus gracilis* charakteristisch. *Bosmina longirostris* und *Cyclops strenuus* sind schwächer vertreten. Nach Stabilisierung der Verhältnisse hat sich im Neufeldersee das biocoenotische Gleichgewicht zugunsten von *Daphnia longispina* verschoben, so daß *Ceriodaphnia quadrangula* auf die Monate September bis Oktober, anschließend an das Sommermaximum der *Daphnia longispina*-Population beschränkt bleibt. Daß es sich dabei nicht um eine ausgesprochene Herbstform handeln kann, beweist das starke Vorkommen im Bauernsee auch während des Sommers. Es ist bemerkenswert, daß *Ceriodaphnia quadrangula* in beiden Seen zu den Erstbesiedlern gehört, während *Daphnia longispina* zu dieser Zeit gut wie fehlt.

Literatur

1. André E., zitiert nach Huber-Pestalozzi: „Das Phytoplankton des Süßwassers“. Teil 1, S. 64–66, aus der Reihe „Die Binnengewässer“, Bd. 16 v. A. Thienemann.

2. Einsle E.: „Der Zellersee, ein lehrreicher Fall extremer limnochemischer Verhältnisse“ Zeitschrift f. Fischerei, Bd. 42, 1944, S. 152–168.

3. Müller H.: „Limnologische Feldmethoden“. Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 1933.
4. Müller H.: „Über das Auftreten von Nitrit in einigen Seen der österreichischen Alpen“. Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 1934.
5. Nipkow F.: „Die Gattung *Polyarthra* Ehrenberg im Plankton d. Zürichsees und einigen anderen Schweizer Seen“. Schweizer Zeitschrift f. Hydrologie, Vol. XIV, 1952, Fasc. 1.
6. Ohle W.: „Der Vorgang rasanter Seenalterung in Holstein“. Die Naturwissenschaften, Jg. 40/H. 5, 1953.
7. Ruttner F.: „Grundriß der Limnologie“. Walter de Gruyter & Co., 1952.
8. Ruttner F.: „Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen“. Arch. f. Hydrobiologie 1937, Bd. 32, S. 167—319.
9. Ruttner F.: „Das Plankton d. Lunzer Untersees“. Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 1929/30, Bd. 23, H. 1/ 2u. 3/4.
10. Ruttner F.: „Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali“. Archiv f. Hydrobiologie, Supplementbd. 8, 1931.
11. Stundl K.: „Chemisch-biologische Untersuchung des neuentstandenen Sees bei Neufeld a. d. Leitha, Burgenland“. Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, 1937.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1958

Band/Volume: [1958](#)

Autor(en)/Author(s): Lengyel Anneliese

Artikel/Article: [Untersuchungen an durch Braunkohlentagbaue entstandenen Seen
157-184](#)