

Die Verunreinigung des Zellersees

Doz. Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Liepolt,

Direktor der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung,
Wien-Kaisermühlen

Die Frage, wie sich die Ableitung der nur mechanisch gereinigten Abwässer der 250 Einwohner zählenden Einödsiedlung der Stadtgemeinde Zell am See auf den Zellersee auswirkt und ob eine Fristverlängerung für den Ausbau der vorgesehenen biologischen Kläranlage gewährt werden könne, veranlaßte die Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien-Kaisermühlen, eine limnologische Untersuchung des gesamten Sees und eine mehrjährige Überwachung seines Gütezustandes in physikalisch-chemischer, biologischer und bakteriologischer Hinsicht durchzuführen. Die Untersuchungen nahmen am 1. Juli 1953 ihren Anfang und werden seitdem in möglichst monatlichen Intervallen fortgesetzt.

Schon die sofort angestellten Erhebungen ergaben, daß praktisch sämtliche Wässer der — einschließlich der Fremden — mehr als 6000 Einwohner zählenden Stadt und ihrer Randsiedlungen in überhaupt nicht oder nur sehr schlecht mechanisch geklärtem Zustand in den Zellersee fließen. 11 Kanäle hatten ihre Ausmündung im engeren Stadtgebiet. Eine überschlägige Rechnung erbrachte, daß es sich hiebei um ganz erhebliche Mengen von organischen und anorganischen Stoffen handelt, die dem See ständig überantwortet werden.

Nach Angaben von Viehl¹⁰ berechnet, ergaben sich folgende Werte:

	g/K/T	d. s. kg/6000 K/T	t/6000 K/J
Absetzbare Stoffe:			
Trockensubstanz	51	306	112
organische Substanz	35	210	
Nicht absetzb. org. Substanz einschl. Harnstoff	100	600	296
Gesamt-Stickstoff	15	80	
Kali (K ₂ O)	8	48	18
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	4	24	9

Tabelle 1.

Die gesamte organische Substanz in den Abwässern der Zeller Bevölkerung beträgt demnach täglich etwa 810 kg oder jährlich 296 t, d. s. rund 30 Waggons, der Gesamtstickstoff 29 t, die Kalimenge 18 t und die Phosphorsäure 9 t. Wenn auch ein Teil dieser Stoffe durch häusliche Kläranlagen zurückgehalten wird, so gelangen immerhin jährlich sehr bedeutungsvolle Mengen an Nährstoffen in den Zellersee. Es war somit von größtem Interesse, die Auswirkungen dieser ständigen Düngung auf den Gesamthaushalt des Vorfluters und dessen Verhalten in den einzelnen Tiefenschichten zu den verschiedenen Jahreszeiten kennenzulernen. Hand in Hand mit den limnologischen Untersuchungen erfolgte 1955 in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, dem Bundesstrombauamt und der Techn. Hochschule Wien auch eine auf 100 cm genaue Tiefenmessung und die Herausgabe einer Isobathenkarte im Maßstab 1 : 10 000 (Abb. 1). So war es möglich, auch das Volumen der Tiefenschichten zu erfassen und die Zunahme der Verlandung (21 ha) seit der letzten Katastralvermessung im Jahre 1896.

Alarmierend wirkte schließlich die in diesem See in letzter Zeit stärker auftretende Wasserblüte, insbesondere die im Schmelzeis sommersprossartig in Erscheinung tretende Burgunderblutalge *Oscillatoria rubescens*.

Zur *Methodik* der Untersuchung wäre anzuführen, daß die laufenden Entnahmen vorwiegend an der tiefsten Stelle des Zellersees, die durch eine Boje markiert wurde, erfolgen. Diese Stelle deckt sich mit dem Lotpunkt 68,4 m der erwähnten Tiefenkarte. Gelegentlich werden auch andere Seeteile nördlich und südlich durchforscht. Die Aufarbeitung der Proben erfolgt z. T. an Ort und Stelle, z. T. in Kaisermühlen. Eine wesentliche Hilfe leistet bei vielen Arbeiten Schuldirektor Josef Eder aus Zell am See, der zum Großteil die Wasserproben entnimmt und hinsichtlich Sauerstoff, Alkalität, pH-Wert, Temperatur u. a. untersucht, sowie wertvolle Beobachtungen durchführt. Ihm gebührt für diese opfervolle Tätigkeit ganz besonderer Dank. Eine weitere Unterstützung der gesamten limnologischen Arbeiten am Zellersee erfolgt seitens der Stadtgemeinde Zell am See, die mit vollem Verständnis und finanzieller Hilfe die Forschung fördert und bereits aus den Untersuchungsergebnissen entsprechend den Bescheiden der Aufsichtsbehörden praktische Nutzenanwendung gezogen hat. Der Zellersee stellt somit ein nachahmenswertes Beispiel der Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstitut, Behörde und betroffener Gemeinde dar.

A. Hydrographie und Morphologie

Der im Westen und Osten durch steile Berghänge gegen Winde aus diesen Richtungen geschützte See ist im Norden und Süden durch Schotter-

Die Verunreinigung des Zellersees

ZELLERSEE (Salzburg)
TIEFENMESSUNG 1955

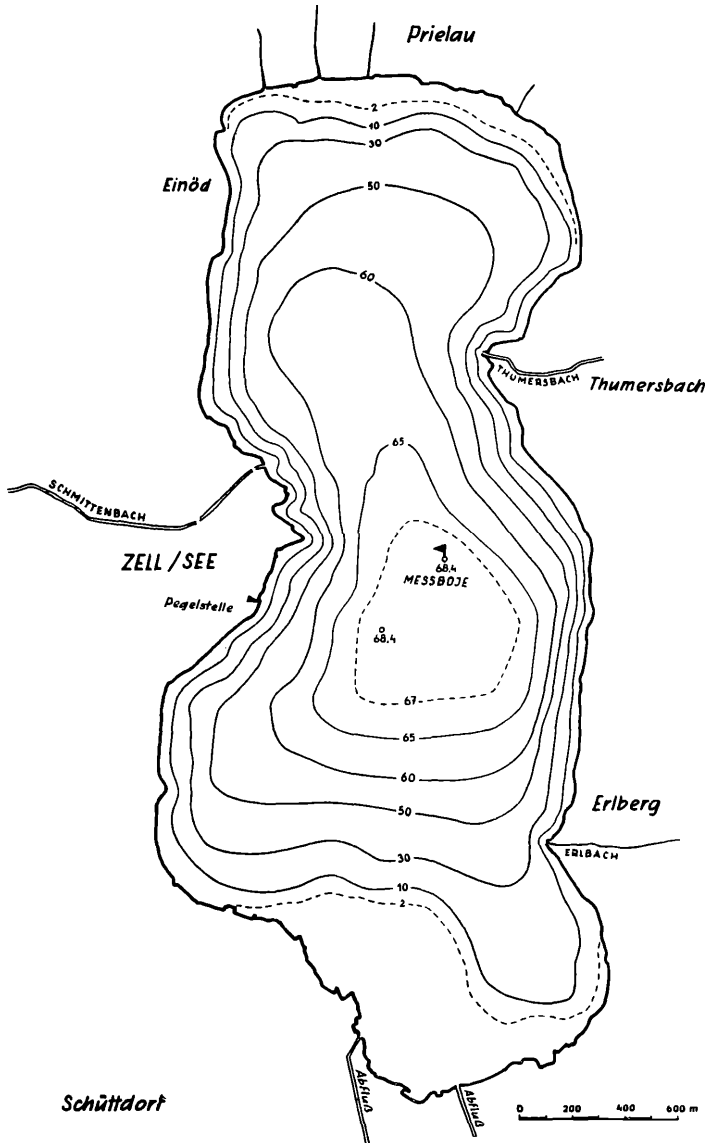


Abb. 1.

massen aufgestaut. Seine Pantoffelform verdankt er den Ablagerungen seiner beiden Hauptzubringer, des *Schmittenbaches*, auf dessen Schuttkegel die Stadt Zell liegt, und des *Thumersbaches*, welche die Seewanne im Laufe der Zeit äquatorial einschnürten. Bei den anderen, kleineren Zubringern wie *Erlbach*, *Einödbach*, ist dies weniger merklich. Die nördlichen Bäche in der Prielau kommen aus moorigem Gelände und sind praktisch geschiefbefrei. Seine nach den Vermessungen im Jahre 1955 neu festgestellten Daten sind folgende⁹:

Meereshöhe des über 50 jährigen Mittelwassers: 749,46 m

Lage: N — S

Fläche: 455 ha (1896: 476 ha)

Größte Länge: 3900 m

Größte Breite: 1550 m

Größte Tiefe: 68,4 m (1892: 69,1 m)

Gesamtvolumen: 178,154.000 m³

Das Volumen der einzelnen Tiefenschichten wurde vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mit einer Genauigkeit von ± 1 % wie folgt angegeben:

Tiefenschichte in m	Volumen in m
0 — 2	8,562.000
2 — 5	11,616.000
5 — 10	18,481.000
10 — 15	17,550.000
15 — 20	16,687.000
20 — 25	15,836.000
25 — 30	14,968.000
30 — 35	14,156.000
35 — 40	13,332.000
40 — 45	12,341.000
45 — 50	11,180.000
50 — 55	9,741.000
55 — 60	7,716.000
60 — 65	4,816.000
65 — 67	946.000
67 — 68,4	226.000
Gesamt-Seevolumen	178,154.000 m ³

Tabelle 2.

Das Einzugsgebiet des Zellersees beträgt 54,2 km² *).

Die *Zuflußmenge* wird mit 2,1 m³/sek. = 66,7 Millionen m³ angegeben.

Der *Abfluß* erfolgt in zwei Seekanälen nach 3 km langem Lauf in die Salzach. Menge und Gefälle bringt nachstehende Tabelle:

	m ³ /sec.	Gefällsunterschied	
		m	Gefälle ‰
NNQ	1,20	—	—
NQ	1,94	1,74	0,58
MQ	2,80	1,71	0,57
HQ	6,20	0,36	0,12
HHQ	nicht meßbar, da Salzachwasser in den See fließt. Dies trifft von Mitte Juni bis Mitte Juli an 5—10 Tagen im Jahr zu.		

Tabelle 3.

Das 25 jährige Jahresmittel der Abflußmengen beträgt 2,13 m³/sek., entsprechend einer Jahresmenge von 67,1 Millionen m³.

Die *theoretische Wassererneuerung* errechnet sich mit 2 Jahren und 8 Monaten. Die Durchspülung des Zellersees ist somit gering. Es muß mit einer weitgehenden Rückhaltung der eingeschwemmten Stoffe in der Seewanne gerechnet werden.

Die *Wasserstände* schwanken zwischen NNQ und HHQ um 2,07 m. Der mittlere Pegelstand beträgt 173 cm.

Was die *Eisbedeckung* betrifft, so friert der Zellersee alljährlich vollständig zu. Nach O. Eckel¹ umfaßt die Dauer dieser Bedeckung mindestens 20, höchstens 116 (1932) und im Mittel 77 Tage. Sie beginnt in der Regel anfangs Jänner und endet um den 10. April. 1955 war der See am 11. und 1956 am 8. Jänner vollständig zugefroren. Die Eisdicke kann bis maximal 60 cm (1901) betragen. Am 6. März 1954 erreichte sie 51 cm, im März 1955 20 bis 30 cm, im März 1956 38,5 cm.

* Mitteilung des Hydrogr. Landesamtes Salzburg.

Als charakteristisch sind am Zellersee noch die „Brunnlöcher“ zu nennen, das sind bis 2 m im Durchmesser im Eis freibleibende, kreisrunde Stellen, die ihre Entstehung aufquirlenden Methangasblasen verdanken und nur bei extremem Frost vereisen. Solche Gasblasen kann man auch unter Zuhilfenahme eines Ruders aus dem Uferschlamm in großen Mengen freimachen.

B. Hydrophysik

Die *Durchsichtigkeit* wurde unter Zuhilfenahme der Seccischeibe gemessen. Die Sichttiefe schwankte zwischen 1,5 bis 5 m. Die maximale Klarheit erreichte der See im Untersuchungszeitraum am 31. Jänner 1955 und am 16. Dezember 1956, die größte Trübung am 6. Mai 1955 und am 13. Mai 1956, knapp nach der Vollzirkulation. In den Sommer- und Herbstmonaten schwankt die Sichttiefe zwischen 2 und 2,5 m.

Die *Lichtdurchlässigkeit* wurde am 21. Februar 1955 ohne und mit Filter gemessen. In denn ersten 10 Metern konnten nachstehende Werte festgestellt werden:

Tiefe m	Lichtmenge in % der Oberfläche			
	Filter			
	ohne	rot	grün	blau
1	17,10	46,2	11,4	10,4
2	7,4	15,7	5,2	4,7
3	3,8	7,2	2,8	2,2
4	2,2		1,8	1,3
5	1,4			
6	1,0			
7	0,7			
8	0,5			
9	0,3			
10	0,3			

Table 4.

Bildlich dargestellt ergibt sich folgende Kurve:

VERTIKALE LICHTABSORPTION ZELLER SEE 19. II. 1955

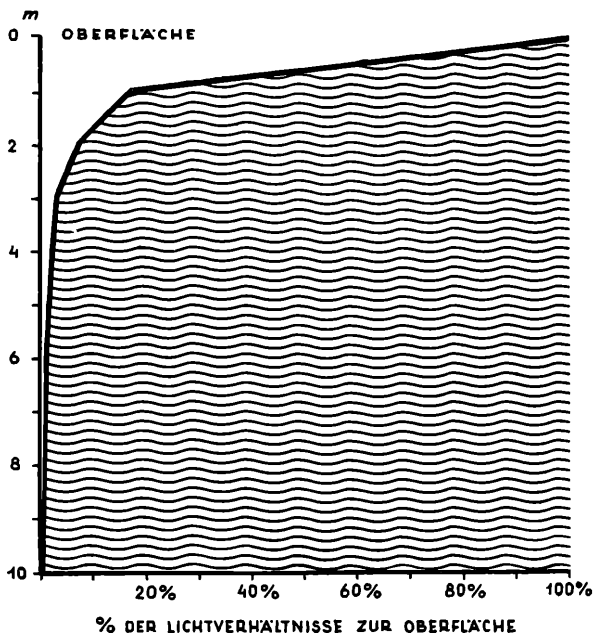


Abb. 2.

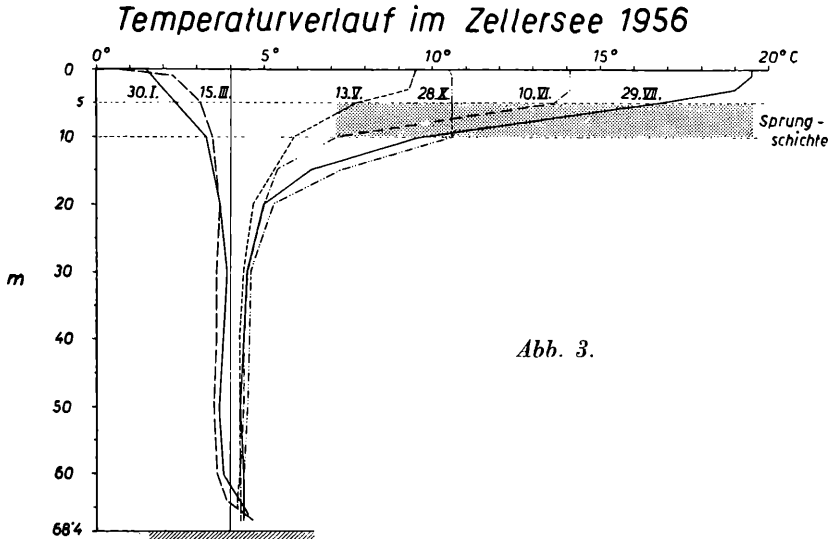
Daraus kann man entnehmen, daß in 1 m Tiefe bereits 87 % des einfallenden Lichtes absorbiert wurden, in 6 m sogar 99 %. Blaulicht dringt am wenigsten, Rotlicht am stärksten in die tieferen Schichten.

Die Farbe des Seewassers kann als blaugrün bezeichnet werden.

Temperaturverhältnisse*

Die Temperaturkurven (Abb. 3) zeigen einen normalen Verlauf. Die bisher von der Bundesanstalt gemessenen Extremwerte in der Seemitte sind

* Die Messungen erfolgten zum Teil mit dem Thermometer in der Schöpfflasche, z. T. mit dem Kippthermometer von Friedinger.



3,9⁰ über Grund und 20,4⁰ an der Oberfläche. Am Ufer konnten im Sommer 24,4⁰ C registriert werden. 1957 stiegen die Oberflächentemperaturen jedoch bis 27,4⁰ C (16. August). Bemerkenswert ist der schnelle Temperaturanstieg unter Eis. In 1 m Tiefe wurden hier des öfteren 1,9⁰ gemessen. Es liegt somit in dieser Zeit eine inverse Sprungschichte vor. Die sommerliche Sprungschichte stellt sich in den Monaten Juni bis September in der Regel zwischen 5 und 10 m ein. Nur am 23. Oktober 1955 lag sie um 5 m tiefer. Die Wassertemperaturen knapp über dem Grund schwanken zwischen 3,9 und 4,6⁰ C. Eine Temperaturumkehr, also eine Wiedererwärmung in den untersten Meterschichten wurde nicht beobachtet, wie sie für das Monimolimnion meromiktischer Seen (Findenegg) kennzeichnend wäre. Das Epilimnion ist nur in geringer Mächtigkeit ausgebildet. Die Sommerschichtung weist eine sehr hohe Stabilität auf. Die Austauschvorgänge sind in dieser Zeit gering.

Von besonderem Interesse war das Verhalten des Zellersees zur Zeit seiner *Temperaturgleichheit*. Eine solche tritt alljährlich etwa nach dem 10. April und nach dem 10. Dezember ein. Im bisherigen Beobachtungszeitraum wurden *Vollzirkulationen* Ende 1954, im April und Dezember 1955 und im Mai 1956 festgestellt. Im Dezember dieses Jahres reichte die Zirkulation nur bis 60 m. Die unterste Seemasse wurde von ihr nicht erfaßt, trotz der völligen Homothermie aller Schichten. Der Zellersee hat somit keine regelmäßige Vor-

winter- und Frühjahrs-Vollzirkulation, da die Windverhältnisse hierfür um diese Zeit nicht immer günstig sind. Besonders nach der Eisschmelze erwärmt sich bei ruhigem Wetter die Seeoberfläche sehr rasch. Die Temperaturgleichheit von etwa 4° dauert dann nur wenige Tage. Setzt der Wind nicht mit der erforderlichen Stärke zu dieser Zeit ein, kann kein Austausch bis zum Seegrund stattfinden. Die rasche Oberflächenerwärmung erhöht die Stabilität und verhindert die völlige Durchmischung des Sees. Dadurch bilden sich in der Tiefenzone sehr extreme Milieuverhältnisse, die in der Folge dargestellt werden.

C. Hydrochemie

Sauerstoff

Die Menge des im Wasser gelösten Sauerstoffes zählt zu den besten Indikatoren des biologischen Zustandes eines Gewässers. Die graphische Darstellung des Sauerstoffgehaltes der einzelnen Tiefenschichten könnte man als Fieberkurve eines Sees bezeichnen. An ihren Ausschlägen läßt sich in vielen Fällen erkennen, ob er „krank“ ist, d. h. vom Zustand eines reinen, von Menschenhand nicht merklich beeinflussten natürlichen Gewässers mehr oder weniger abweicht. Der jeweilige Sauerstoffgehalt resultiert aus zwei wichtigen biologischen Prozessen: der Assimilation und der Mineralisation. Je mehr Sauerstoffproduzenten — im wesentlichen Algen — auftreten, desto höher seine Werte, die bis zur Übersättigung der genügend durchlichteten Zone führen. Umgekehrt, je größer die Sauerstoffabnahme in der Tiefenzone, desto größer der Verbrauch, bedingt durch die bakterielle Zersetzung der organischen Stoffanteile. Übersättigung und Sauerstoffdefizit zeigen eine Störung des biologischen Gleichgewichtes an.

Der Zellersee weist bereits solche extreme Verhältnisse auf. Die starke, auf zu hohe Nährstoffzufuhr zurückführbare Entwicklung gewisser Algen führt zeitweilig zu ansehnlichen *Übersättigungen*. Am 10. Juni 1956 konnten z. B. in 0 m 137 %, in 5 m 138 % und in 10 m noch 107 % der der Temperatur entsprechenden Sättigung festgestellt werden. Übersättigungen traten besonders in den Monaten Juni, Juli und August auf. Umgekehrt kommt es in den Wintermonaten und in der Seetiefe zu ansehnlichen *Sauerstoffdefiziten*. Knapp unter der Eisdecke reduzierten sich die Sauerstoffwerte auf 57 % bis 76 % der Sättigung. Am 11. April 1954, kurz nach der Eisschmelze, konnten sogar nur noch 46 % (6 mg/l) bei 3.9° beobachtet werden. Das sind Verhältnisse, die besonders für die Fischereiwirtschaft bereits außerordentlich bedenklich sind. Noch alarmierender ist jedoch die Sauerstoffverarmung der Zonen etwas unter 20 m, die bis zum völligen Sauerstoffschwund in der Tiefe führt. Nur an wenigen Tagen

im Jahr, zur Zeit der Vollzirkulation, gelangen sauerstoffhaltige Wassermassen bis zum Seeboden. So wurden z. B. 1955 am 4. Jänner 3,6 mg/l, am 21. April 7,1 mg/l (heftige N-Winde), am 19. Dezember 6,1 mg/l und am 13. Mai 1956 3,5 mg/l Sauerstoff über dem Grund gemessen. Der hohe Sauerstoffbedarf in der Schlamm-Wasserkontaktzone zerstört aber trotz der niedrigen Temperatur von knapp über 4° diese für die Tiefe des Sees verhältnismäßig noch erträgliche Wassergüte in kurzer Zeit. Die starken Faulschlammablagerungen in der Seewanne wirken gemeinsam mit den gelösten Fe-Mn-Verbindungen und dem H_2S stark reduzierend auf den gelösten Sauerstoff. Die Zersetzung der auf den tiefen Seegrund gelangenden Wasserpflanzen und tierischen Organismen, sowie der mit den Abwässern in den See eingeschwemmten organischen Substanz geht somit während des größten Teiles des Jahres, manchmal auch zur Gänze anaerob, d. h. ohne Gegenwart von Sauerstoff vor sich. Wie die „Fieberkurven“ des Zellersees verlaufen, zeigen die Abb. 4 bis 6.

Weiters kann man in den Abb. 7 bis 9 den jahreszeitlichen Verlauf der Kurven gleichen Sauerstoffgehaltes (*Oxybathen*) ansehen. Aus diesen ist folgendes leicht zu entnehmen: Die Zone über 6 mg/l, die für die Edelfischbewirtschaftung in Frage kommt, lag in den Jahren 1953 bis 1955 vorwiegend über 15 und 20 m, einmal (11. April 1954) umfaßte sie

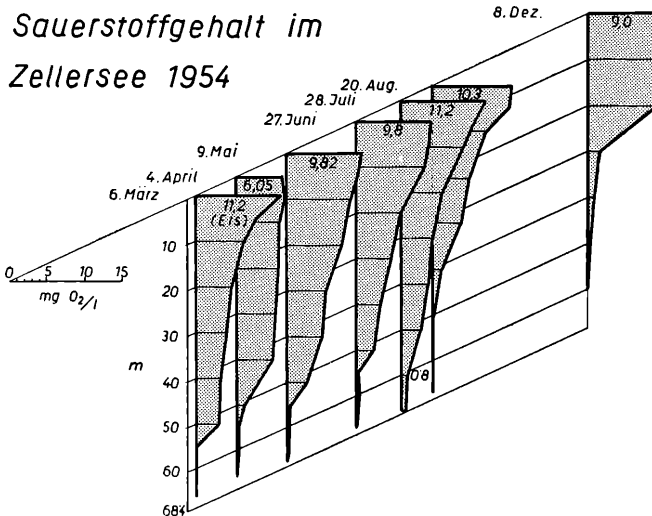


Abb. 4.

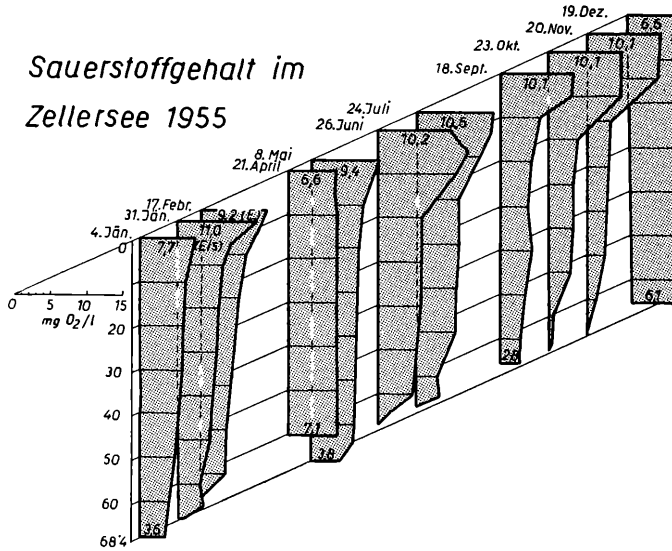


Abb. 5.

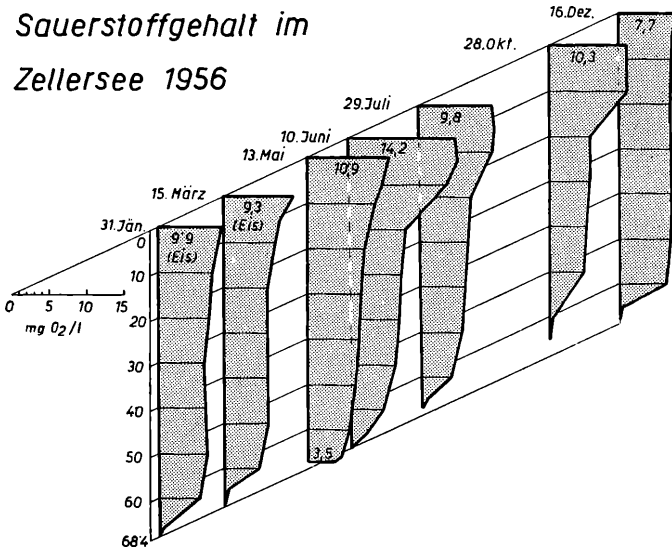


Abb. 6.

SAUERSTOFFZONEN IM ZELLER SEE 1954

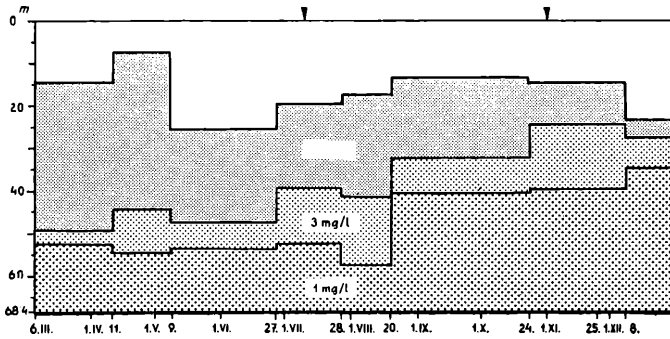


Abb. 7.

SAUERSTOFFZONEN IM ZELLER SEE 1955

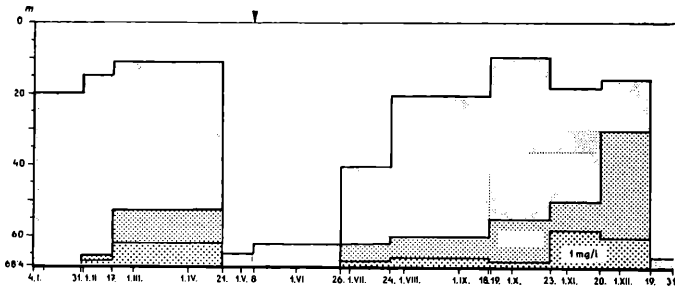


Abb. 8.

SAUERSTOFFZONEN IM ZELLER SEE 1956

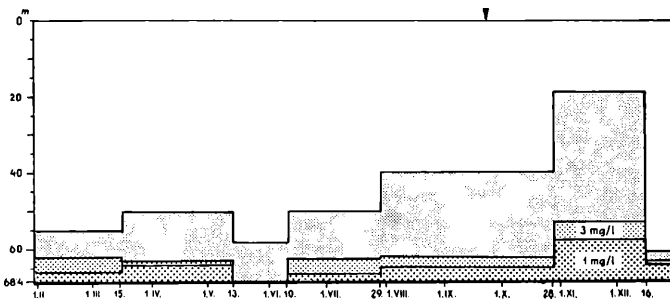


Abb. 9.

sogar nur die oberste 5—10-m-Schichte. Der optimale Lebensraum der Salmoniden des Zellersees ist somit zeitweise äußerst niedrig. Nur im Jahre 1956 lag die 6-mg-Grenze vorwiegend in 40 bis 50 m Tiefe. Viel stärker schwankte die 3-mg-Kurve, die auffallend nach den Frühjahrsvollzirkulationen ständig bis in die Wintermonate ansteigt und die 20-m-Schichte, wie z. B. im Jahre 1954, erreichen kann. Der Lebensraum mit mehr als 3 mg/l O_2 ist noch für Cypriniden geeignet. Man sieht aus der unteren Begrenzung, daß aber ein beträchtlicher Seeteil keine günstigen O_2 -Bedingungen, auch nicht für Weißfische, bietet.

Die Zone der gänzlichen oder fast völligen *Sauerstoffleere* reichte während vieler Monate in den Jahren 1953 bis 1954 bis über 35 m herauf, sie war somit etwa 33 m tief, jene der über 1 mg-hältigen um 7 m noch mächtiger. 1956 lagen die O_2 -Werte im großen und ganzen günstiger.

Die vorgefundenen Sauerstoffverhältnisse bestätigen, daß der produktive Zellersee eine für stehende Gewässer ganz bedeutende Menge bakteriell abbaufähiger organischer Substanz beinhaltet und daß er unter den gegebenen Verhältnissen nicht in der Lage ist, diese Biomasse auf aerobem Wege zur Gänze zu mineralisieren.

Einen Maßstab für die organische Belastung stellt auch die 48 stündige *Sauerstoffzehrung* bei 20° dar. Die Werte hierfür lagen im Zellersee zu meist unter 1 mg/l, am höchsten im Epi- und Metalimnion, also in der obersten 10-m-Schichte. Die maximalen Werte von 1,9 mg/l wurden knapp unter dem Eis gefunden. Im Sommer hatte das Oberflächenwasser die stärkste Zehrung. Sie betrug etwa 1,0 bis 1,4 mg/l. Gegen die Tiefe sanken die Werte, wenn keine Einmischung von Oberflächenwasser stattfand, bis auf 0,1 mg/l. Der festgestellte Sauerstoffverbrauch entsprach in den einzelnen Tiefenschichten der jeweilig vorhandenen Menge biologisch abbaufähiger Substanz.

Kaliumpermanganatverbrauch

Zur Feststellung des Gehaltes eines Wassers an chemisch oxydierbaren organischen Stoffverbindungen bedient man sich heute allgemein auch des $KMnO_4$ -Verbrauches (K u b e l - T i e m a n n). Im Zellersee schwankt dieser zwischen 13 mg/l an der Oberfläche bis 6 mg/l in den tieferen Schichten. Unter 65 m Tiefe konnten Werte bis zu 21 mg/l* festgestellt werden. Im

* Der vorhandene chem. O_2 -Bedarf der Fe^{++} -Verbindung in dieser Schichte wurde in Rechnung gestellt.

Vergleich zu reinen, oligotrophen Gewässern zeigen die erhöhten Zahlen gleichfalls eine merkliche Verunreinigung organischer Art an. Der KMnO_4 -Verbrauch des Seeausflusses betrug am 28. Oktober 1956 17 mg/l.

Wasserstoffionenkonzentration

Das sehr weiche, kalkarme Wasser des Zellersees ist fast das ganze Jahr hindurch leicht sauer. Nur zur Zeit der verstärkten Algenassimilation liegen die pH-Werte über 7. Maximal wurde am 22. August 1954 im Epilimnion 8,7 registriert. Nur in einzelnen Fällen hatten auch die tieferen Zonen neutrale Werte. Ansonsten lag die pH-Zahl in der Regel zwischen 6,5 und 6,8. Eine stärkere Versäuerung des Monimolimnions war bisher nicht feststellbar, wohl aber ein leichter Anstieg der H-Ionen auf 7,0.

Alkalität

Das SBV des Seewassers bis zu etwa 60 m Tiefe schwankt von 0,9 bis 1,2. Knapp über dem Grund steigt es bis maximal 3. Dieser Wert wurde am 20. November 1955 in 68,4 m festgestellt. Dieser starke Anstieg erklärt sich aus der Bindung der freien Kohlensäure an Fe-Mn-Bikarbonat. Wie schon Einsele² erwähnte, kann die zugehörige freie Kohlensäure bei den niedrigen SBV-Werten des Zellersees vorwiegend als aggressive CO_2 angesprochen werden.

Härte

Die Gesamthärte des Oberflächenwassers wurde am 6. März 1954 mit 4,0, die KH mit 3,4 und die NKH mit 0,6 bestimmt. Die GH sank in 10 m auf 3,4, in 40 m auf 3,2. Sie war hier gleich der KH. Härtemessungen in Wässern der untersten Seeregion (Monimolimnion) wurden von der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung bisher noch nicht durchgeführt.

Elektrische Leitfähigkeit

Der Salzgehalt und seine Veränderung in den Tiefenschichten läßt sich sehr gut an der elektrischen Leitfähigkeit (El_{180}) erkennen. Diese wurde dreimal im Jahre 1954 und einmal 1955 festgestellt. Die Untersuchungen erbrachten folgende Werte:

m	1954			1955
	28. Februar	6. März	20. August	7. Februar
0	120	129	99	119
5	114	110	99	113
10	—	110	110	113
20	—	108	108	111
30	—	—	109	—
40	—	108	110	114
50	—	109	110	110
60	—	125	109	112
65	152	—	—	—
66	—	153	—	—
67	—	152	—	—
68,4	181	—	—	—

Tabelle 5.

Demnach ergab sich nur knapp unter dem Eis ein etwas erhöhter Salzgehalt, der von den gefrorenen Wassermassen stammen mag, und ein starker Anstieg ab 60 m Tiefe. Am Seegrund lag der Wert bei 181. Dieser Anstieg ging parallel mit der Erhöhung der Alkalität und des Fe-Mn-Gehaltes.

Phosphat

Das im Zellerseewasser festgestellte anorganische Phosphat wurde mit Ammoniummolybdat und Natriumwolframat in schwefelsaurer Lösung nachgewiesen. Die unterste sichere Grenze der Nachweisbarkeit lag bei 0,03 mg/l. Die vorliegenden Ergebnisse dieser Untersuchungen erbrachten interessanterweise, daß nur das Oberflächenwasser PO_4 -hältig war, nicht aber die Schichten zwischen 5 und 65 m. Es wurden in 0 m u. a. folgende Werte in mg/l gefunden:

0 m	1954		1955					
	20. VIII.	8. XII.	31. I.	8. V.	26. VI.	24. VII.	23. X.	20. XI.
	0,16	u. 0,03	0,09	0,4	0,34	0,13	u. 0,03	0,33

Tabelle 6.

Im Jahre 1956 blieben hingegen fast alle Werte unter 0,03 mg/l.

Ab 65 m erhöhte sich der PO_4 -Gehalt auf etwa 0,1, in 68 m auf 0,5 und in 68,4 m, in der Wasser-Bodenkontaktzone, auf den Wert von max. 1,2 mg (25. Sept. 1954). Diese Phosphatkumulation führt bei Vollzirkulation zu einer Düngung der Seemasse (P-Quelle).

Der Zellersee muß im gesamten als außerordentlich arm an anorganischem Phosphat bezeichnet werden. Der dem See zugeführte Phosphor wird von den Pflanzen sofort begierig gespeichert. Nur im plankton-armen Oberflächenwasser ließ sich ein solcher nachweisen. Der starke Anstieg in der Bodenkontaktzone erklärt sich aus dem Mangel an Austauschvorgängen. *Phosphor ist somit der Minimumstoff des Zellersees, der Regulator der Primärproduktion, da Stickstoff in reichlichen Mengen vorhanden ist.* Jede Einschwemmung von phosphathaltigen Abwässern wird und muß daher zu einer Steigerung der pflanzlichen Biomasse und damit zu einer stärkeren Eutrophierung des Gewässers führen. Hier ist die Ursache der Wasserblüte des Zellersees, der sekundären Verunreinigung und des mit dieser in Zusammenhang stehenden irregulären Sauerstoffregimes zu suchen. Will man daher diesen Verhältnissen Einhalt gebieten oder sie langfristig bessern, muß die weitere Zufuhr des Initialstoffes P gestoppt werden. Bei der geringen Durchflutung des Sees wird eine spürbare Besserung jedoch erst in heute noch nicht absehbarer Zeit eintreten, praktisch erst dann, wenn sich der Gesamtphosphatspiegel zu senken beginnt.

Nitrat, Nitrit und Ammonium

Wie schon zuvor erwähnt, ist das Wasser des Zellersees reich an Stickstoff. Er ist vorwiegend an NO_3 gebunden. Die *Nitratwerte* schwanken in den Winter- und Frühjahrsmonaten zwischen 4 und 9 mg/l. Im Sommer liegen sie zumeist bei 2 und 3 mg. Nur in der trophogenen Schichte sinken sie zur Zeit der starken Algenproduktion (Juni bis Oktober) darunter. Ebenso reduziert sich Nitrat in der anaeroben Tiefenzone. Der Zellersee zählt somit zu den nitratreichen Seen.

Nitrite wurden in Höchstmengen von 0,013 mg/l festgestellt, und zwar im Metalimnion in 10 m Tiefe am 13. Mai 1956. Im gesamten See treten sie normalerweise nur zur Zeit der Vollzirkulation auf, zumeist in Werten von 3—8 gamma. Auch unter dem Eis wurden sie in sämtlichen Tiefenstufen nachgewiesen.

Ammonium verhält sich ähnlich. Zur Zeit der Homothermie im Mai und Dezember 1956 wies der gesamte See bis zu 60 m NH_4 -Werte von etwa 0,12 mg/l auf, nicht aber in der übrigen Zeit. Dies erklärt sich aus der Einspeisung der in der größten Tiefe lagernden bis 5 mg/l betragenden NH_4 -Verbindungen während der Vollzirkulation. Aus dem Vorhergesagten geht eindeutig hervor, daß der See genügend Stickstoff aufweist, der aber nur insoweit zum Aufbau organischer Masse beitragen kann, als genügend Phosphor als aktivierender Minimumstoff vorhanden ist. Dieses geht besonders deutlich aus dem *Verhältnis N P* des Oberflächenwassers hervor, das im Zellersee in der Regel zwischen 50 und 170 schwankt. Nur einmal, und zwar am 20. November 1955, betrug dieses nur 7,2. Im Vergleich hiezu sei das Verhältnis für den Dungstoffgehalt der menschlichen Auswurfstoffe genannt, das nach Viehl¹⁰ 17 : 1 beträgt. Man ersieht daraus, daß im Extremfall dieses Verhältnis im Zellersee bereits unterschritten wurde.

Eisen, Mangan

Während Eisen zu jeder Zeit und im gesamten See bis 60 m Tiefe zwischen 0,1 mg/l und 1 mg/l (mit Kaliumrhodanid in salzsaurer Lösung) nachgewiesen werden konnte, war Mangan (mit Natriumpersulfat und Silbernitrat) höchstens in Spuren unter 0,1 mg feststellbar.

Ab 60 m erhöhte sich der Anteil an Eisen bis zur größten Tiefe ganz enorm, wenn auch nicht zu den von Einsele am 10. September 1942 gefundenem Wert von 41 mg/l, so doch bis zu 23 mg. Dieser maximale Wert trat zweimal auf, und zwar am 17. Februar 1955 und am 26. Februar 1957. Ansonsten variierte der Gehalt an Eisen in der monimolimnischen Schichte von 0,25 mg bis zu dem vorgenannten, je nach der Sauerstoffzufuhr von obenher (Indikator für Austauschvorgänge). Eine vieljährige Summierung von Eisen war nicht festzustellen.

Die Mangankonzentration betrug maximal 14,0 mg/l. Werte in dieser extremen Höhe wurden in 68 m Tiefe am 31. Jänner und 17. Februar 1955 festgestellt, wobei die korrespondierenden Werte für Fe auffallenderweise nur 0,8 mg/l (bei ebensoviel O_2 !) betrug, 0,5 m tiefer (ohne O_2) allerdings 23 mg/l. Die Mangananhäufung erfolgte allgemein früher, und zwar

in der Regel schon bei 50 m. Für gewöhnlich wurden 11 mg/l erreicht. Näheres über die Fe-Mn-Schichtung hat Einsele² beschrieben.

Zwei besondere Zahlenbeispiele sollen schließlich die Verhältnisse der chemischen Schichtung unter 60 m zur Zeit der Stagnation und der Vollzirkulation illustrieren:

20. November 1955 (Stagnation):

Tiefe m	mg/l								Alkalität
	O ₂	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	Fe	Mn	pH	
60	1,2	5	0,001	0,1	u. 0,03	0,20	0,90	6,8	1,1
66	0,3	u. 2	0,008	0,5	u. 0,03	0,16	3,20	6,8	1,2
68,4	0	u. 2	0,001	5,0	0,21	20,90	11,00	7,2	3,0

Tabelle 7.

13. Mai 1956 (Vollzirkulation):

Tiefe m	mg/l							
	O ₂	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	Fe	Mn	pH
60	5,7	9	0,005	0,1	u. 0,03	0,23	0,2	6,6
66	4,5	9	0,007	0,2	u. 0,03	0,39	0,5	6,6
68,4	3,5	9	0,006	0,3	u. 0,03	0,39	0,7	6,0

Tabelle 8.

D. Hydrobiologie

Litoral

Der Zellersee weist sowohl im Norden wie im Süden besonders ausgeprägte Makrophytenbestände auf, bestehend aus Phragmites, Scirpus, Calmus, Carex, Potamogeton und Myriophyllum. Sie sind gute Wohn-, Fraß- und Laichbezirke vieler Fische (Hechte, Brachsen, Barsche,

Lauben, Rotaugen, Schleien). Im Süden haben diese Pflanzenbestände viel zur Verlandung beigetragen. Näheres soll an dieser Stelle nicht ausgeführt werden.

Pelagial

Die freie Seeregion wird vom *Phytoplankton* beherrscht, das je nach Jahreszeit und Tiefenstufe eine verschiedene Anhäufung bestimmter Planktonarten zeigt. Es handelt sich vorwiegend um die Blaualge *Oscillatoria rubescens* (Burgunderblutalge) und um die Kieselalgen *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra acus* und *Tabellaria fenestrata*. Jede einzelne Art ist imstande, eine Wasserblüte im Zellersee hervorzurufen. Ihre jahreszeitliche Entwicklung veranschaulichen am besten die graphischen Kugelkurven-Darstellungen (Abb. 10 bis 15), die auf 10-m-Stufenfängen mit dem Planktonnetz basieren, und die tabellarische Zusammenstellung der Organismenzahlen, wie sie bei der Auszählung der Netzfänge erhalten wurden (Tab. 9—13).

Jahreszeitliche und vertikale Verteilung einzelner Algen im Zellersee*

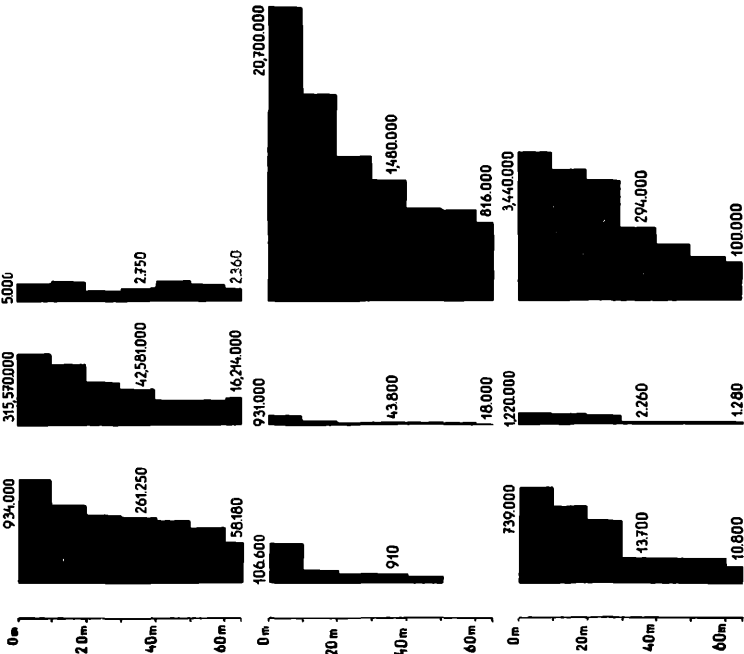
	6. III.	11. IV.	9. V.	27. VI.	28. VII.	20. VIII.	25. IX.	24. X.	8. XII.
0 m	4.123	934	180	144	8	107	77	733	739
10 m	208	434	45	390	1	2	9	250	378
20 m	40	270	12	68	—	1	4	28	205
30 m	33	261	5	24	—	1	4	13	14
40 m	26	222	1	6	—	Spuren	2	11	14
50 m	18	155	2	6	—		Spuren	9	14
60 m		58		2	—	—	Spuren	4	5
65 m									

Tabelle 9. *Oscillatoria rubescens*

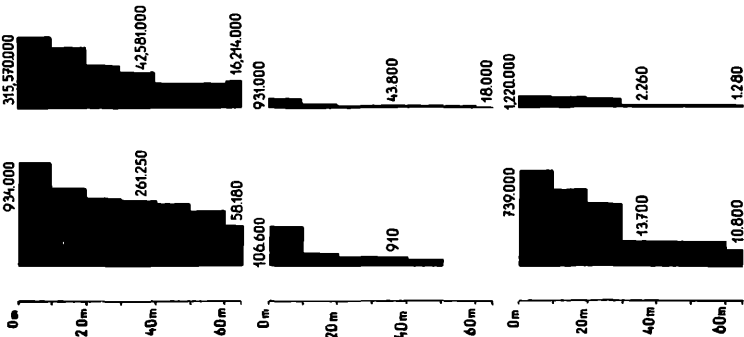
* in Verhältniszahlen.

VERTEILUNG DES PHYTOPLANKTONS IM ZELLER SEE 1954

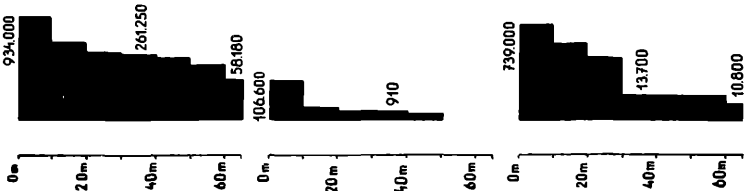
FRAGILARIA



ASTERIONELLA



OSCILLATORIA



APRIL

AUGUST

DEZEMBER

SYNEDRA
45,800,000
313,000
161,000
1,100,000
86,000
18,600

TABELLARIA
30,700
92,400,000
24,500,000
750,000

Abb. 10.

Die Verunreinigung des Zellersees

29

OSCILLATORIA RUBESCENS

Verteilung im Zellersee

1954

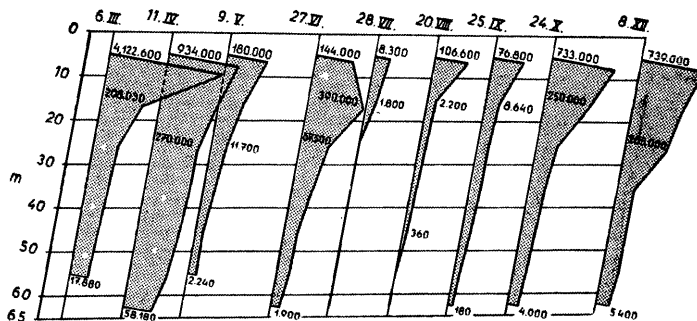


Abb. 11.

ASTERIONELLA FORMOSA

Verteilung im Zellersee

1954

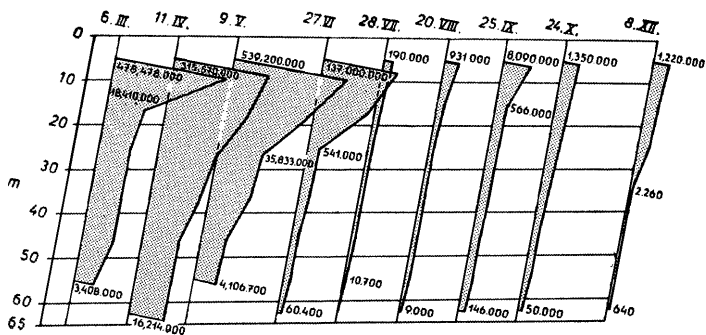


Abb. 12.

Doz. Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Liepolt:

FRAGILARIA CROTENENSIS

Verteilung im Zellersee 1954

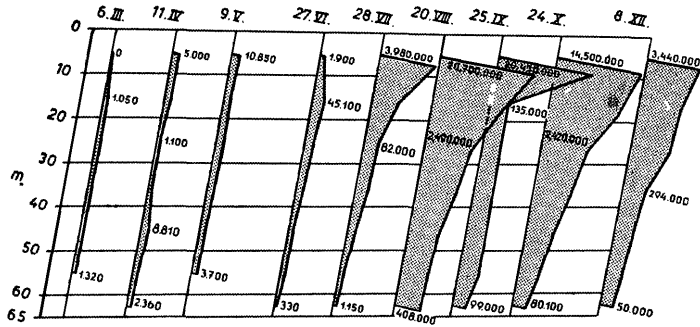


Abb. 13.

SYNEDRA ACUS VAR. ANGUSTISSIMA

Verteilung im Zellersee 1954

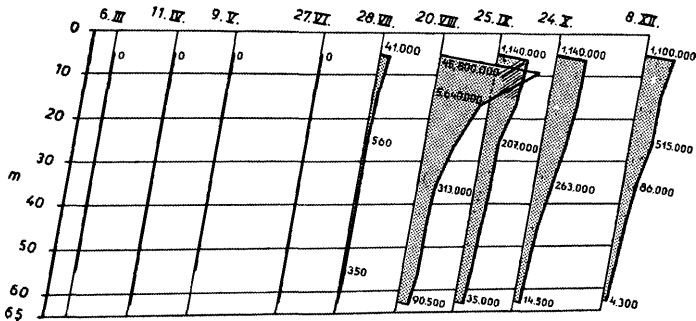


Abb. 14.

TABELLARIA FENESTRATA

Verteilung im Zellersee

1954

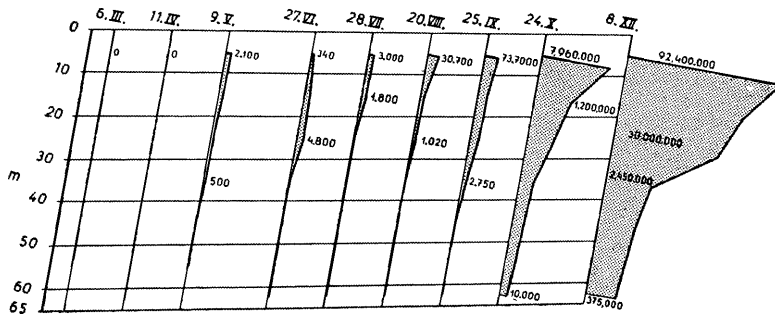


Abb. 15.

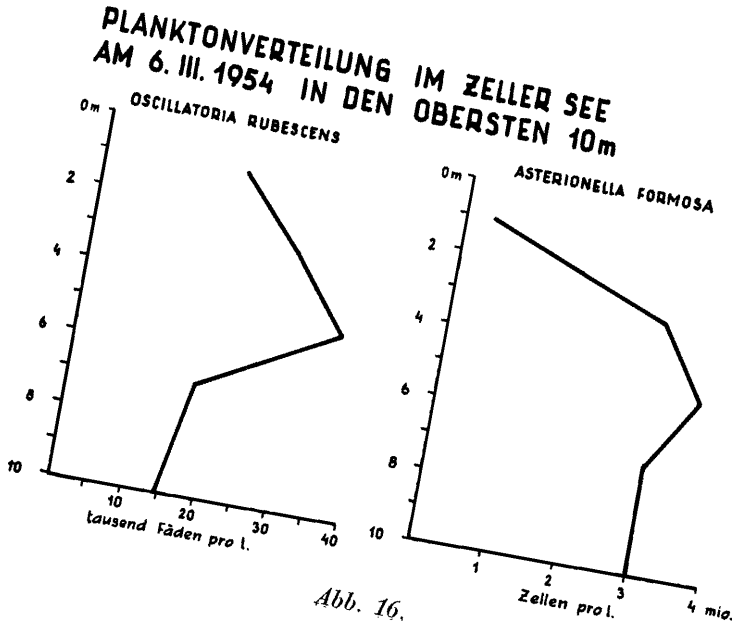


Abb. 16.

	6. III.	11. IV.	9. V.	27. VI.	28. VII.	20. VIII.	25. IX.	24. X.	8. XII.
0 m	478.478	315.570	539.200	137.000	190	931	8.090	1.350	1.220
10 m	18.410	199.564	192.293	50.200	105	70	566	694	923
20 m	9.994	72.780	35.833	541	37	50	568	484	474
30 m	9.994	42.581	21.226	369	32	44	502	206	2
40 m	9.994	15.404	6.328	154	32	34	400	145	2
50 m	3.408	15.330	4.107	150	11	34	364	113	1
60 m		16.214		60	—	9	146	50	1
65 m									

Tabelle 10. *Asterionella formosa*

	6. III.	11. IV.	9. V.	27. VI.	28. VII.	20. VIII.	25. IX.	24. X.	8. XII.
0 m	—	—	—	—	41	45.800	1.140	1.140	1.100
10 m	—	—	—	—	6	5.640	797	1.200	516
20 m	—	—	—	—	2	1.150	207	616	515
30 m	—	—	—	—	1	313	198	263	86
40 m	—	—	—	—	1	177	128	80	50
50 m	—	—	—	—	Spuren	177	77	48	18
60 m	—	—	—	—	—	91	35	15	4
65 m									

Tabelle 11. *Synedra acus* var. *angustissima*

	6. III.	11. IV	9. V.	27. VI.	28. VII.	20. VIII.	25. IX.	24. X.	8. XII.
0 m	—	5	11	2	3.980	20.700	20.430	14.500	3.440
10 m	1	8	5	45	396	7.320	135	8.300	1.850
20 m	2	1	8	19	82	2.490	137	2.420	1.450
30 m	2	1	7	12	50	1.480	165	1.280	294
40 m	1	9	4	2	10	662	167	506	158
50 m	1	4	4	3	3	659	194	220	114
60 m		2		Spuren	1	408	99	80	50
65 m									

Tabelle 12. *Fragilaria crotonensis*

	6. III.	11. IV	9. V.	27. VI.	28. VII.	20. VIII.	25. IX.	24. X.	8. XII.
0 m	—	—	2	Spuren	3	31	74	7.960	92.400
10 m	—	—	2	3	2	2	25	1.200	50.100
20 m	—	—	1	5	—	1	15	403	30.000
30 m	—	—	1	—	—	—	3	68	2.450
40 m	—	—	—	—	—	—	—	40	1.210
50 m	—	—	—	—	—	—	—	24	827
60 m		—		—	—	—	—	10	375
65 m									

Tabelle 13. *Tabellaria fenestrata*

Aus diesen Darstellungen geht hervor, daß die Burgunderblutalge eine ausgesprochene Winterform ist, deren Maximum bis zur Eisschmelze reicht. Mit ihr parallel entwickelt sich die Sternalge *Asterionella* mit der Hauptmenge im Mai. Ihr folgt *Synedra* im August und *Fragilaria* im August bis Oktober. Im November bis Dezember herrscht *Tabellaria* vor. Alle Algen bevorzugen das Epi- und Metalimnion, also die Zone von 0 bis 10 m, mit dem Maximum in 4—6 m (siehe Abb. 16). In dieser Schichte scheinen die besten Entwicklungsbedingungen zu liegen, trotz oder infolge der stärkeren Lichtabsorption der Oberflächenschichte. Hier findet sich auch die Erklärung, wieso gerade nur an der Wasseroberfläche Phosphate in verhältnismäßig großer Menge (0,3 bis 0,4 mg/l PO_4) nachzuweisen waren. Die geringe Algenentwicklung in der 0-m-Schichte genügte nicht, die anorganischen Phosphate zu speichern.

Weiteren Forschungen soll es vorbehalten bleiben, die engeren Zusammenhänge der Phytoplanktonentwicklung und des chemischen Haushaltes des Zellersees klarzulegen. Zunächst galt es, die große Linnie des biologisch-chemischen Gesamthaushaltes aufzudecken. Und in dieser Hinsicht spielen die pelagischen Algen eine eminent wichtige Rolle. Sie sind es, die bei überhöhter Zufuhr an Dungstoffen mit einer rasanten Entwicklung antworten, wobei es gleichgültig ist, ob die Nährsalze vom Speicher Monimolimnion oder von den Abwässern stammen. Die Folge ist jedenfalls die schon besprochene ungünstige chemische Schichtung der Seemasse, besonders jene der Tiefenregion.

In diesem Zusammenhang ist noch erwähnenswert, daß sowohl die Algen als auch das Zooplankton fast bis in die größte Tiefe vordringen und dort zu jeder Jahreszeit lebend anzutreffen sind. Nur kurz sei vermerkt, daß das Zooplankton vertreten wird durch die Kleinkrebse *Daphnia longispina*, *Bosmina coregoni*, Cyclopsarten, *Diaptomus gracilis* und durch die Rotatorien (Rädertiere): *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *K. aculeata*, *Polyarthra platyptera*, *Notholca longispina*, *Conochiloides natans* und *Triarthra longisetata*.

An Fischen leben in diesem Gewässerbezirk vorwiegend Seeforellen, Reinanken und Zander.

Profundal

Das Profundal ist nur von etwa 37 m aufwärts besiedelt, und zwar mit dem Schlammröhrenwurm *Tubifex rivulorum* und uferwärts mit den Mückenlarven *Eutanytarsus* und *Tendipes bathophilus*. In dieser Zone leben auch Aale und Schleien. Der Tiefenschlamm selbst ist völlig frei von tierischen Kleinlebewesen und Fischen. Es handelt sich um ausgesprochenen

schwarzen, nach H_2S riechenden Faulschlamm, auf dem sich natürlich auch kein Fischlaich entwickeln kann. Interessanterweise ist er etwa 1 cm stark geschichtet. Bei Schräghaltung der Schlammprobe rutschen die einzelnen Schichten ab. Man kann auch z. T. noch hellere (tonige) und dunklere (FeS) Zonen wahrnehmen. Die Schichtung dürfte mit der zeitweiligen O_2 -Zufuhr in die Kontaktzone in Zusammenhang stehen. Die mikroskopische Untersuchung erbrachte immerhin die interessante Feststellung von Kieselalgen in 20 cm Tiefe, die heute nicht mehr leben. Ihre Schalen haben sich aber erhalten, z. B. jene der Reinwasserformen *Melosira varians* und *Cyclotella* sp. Andererseits nimmt die weniger anspruchsvolle Art *Asterionella* in den jüngeren Ablagerungen zu. Diese Sedimente sind ein untrügliches Zeichen der fortschreitenden Eutrophierung.

E. Hydrobakteriologie

Die im Zellersee vorgenommenen bakteriologischen Untersuchungen waren gleichfalls zunächst nur orientierend. Entnommen wurden die Proben mittels evakuierter Abschlagröhrchen. Die Keimzahlbestimmung erfolgte auf Gelatinenährböden (Platten, Bebrütung bei $22^{\circ}C$ nach 48 Stunden). Die Gärungserreger wurden mittels Titerverfahrens in 100 ml Gärlösung bei 37° Bruttemperatur nachgewiesen. Die Differenzierung geschah nach Topley - Wilson. Bei den in den nachstehenden Kurven angegebenen

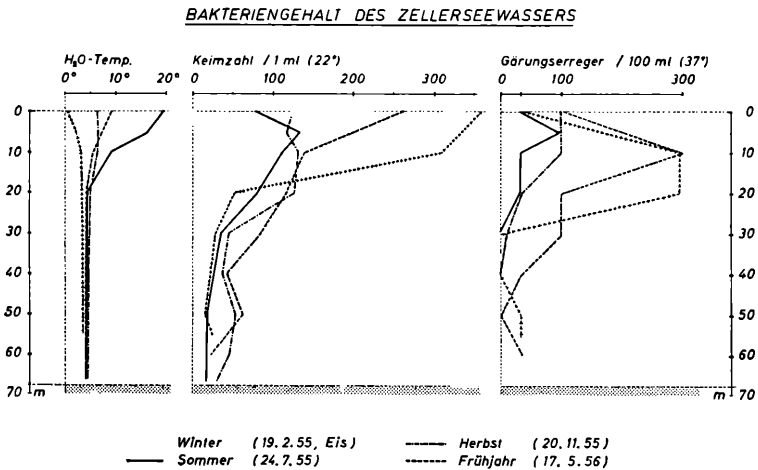


Abb. 17.

ZELLER SEE SEEMITTE

Pr. Nr.: 45 - 55/54

6. März 1954

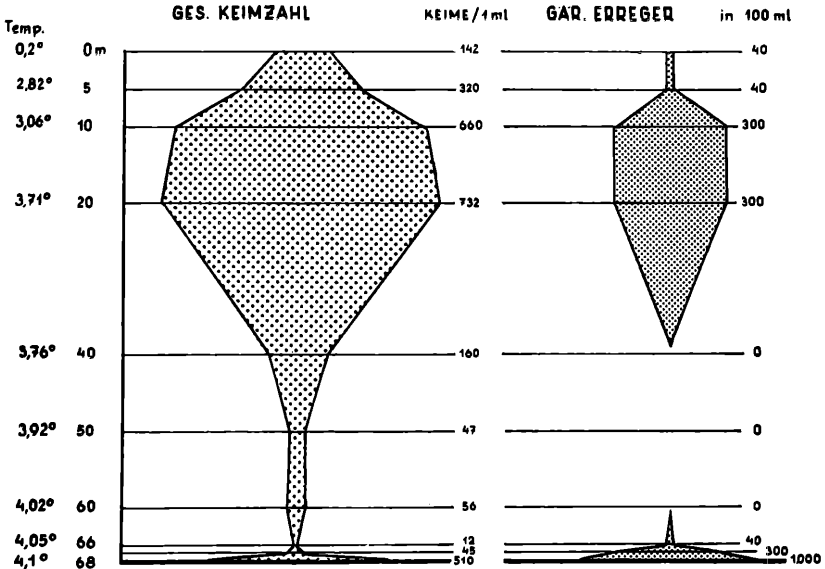


Abb. 18.

Gärungserregern handelte es sich vorwiegend um Bakterien der Coliformen-Gruppe, zum größten Teil um Coli I (nach Topley-Wilson). Die Gesamtkeimzahlen bis über 300/ml sind nicht sehr hoch, ausnahmsweise in der Nähe der Fäkaleinleitungen steigen sie auf 1000/ml an.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen lassen sich kurz zusammenfassen (s. auch graphische Darstellungen Abb. 17 u. 18).

Im *Sommer* ist die Keimzahl geringer als im *Winter*; dies deckt sich mit der Theorie von Beyer, daß für die höheren Keimzahlen im Winter das Fehlen von Zooplankton (Bakterienfresser) verantwortlich zu machen ist.

Im Sommer liegt die Keimzahl an der *Oberfläche* niedriger als in 5 m Tiefe; dies kann auf UV-Strahlung, sicherlich aber auf die Anhäufung von organischer Substanz (Plankton) über der Sprungschicht zurückgeführt werden. Die Keimzahlen sind im *Herbst* nicht so nach unten abnehmend wie im *Frühjahr*.

Die Keimzahlen und der Gehalt an Gärungserregern deckt sich auffallend mit der Verteilung des *Phytoplanktons*.

Der festgestellte *Gehalt an coliformen Organismen* in der Seemitte ist an und für sich sehr gering, so daß eine unmittelbare Beeinflussung durch die Abwässer vom Ufer her nicht angenommen werden kann, da auch andere Anzeiger dafür fehlen. Die vorgefundenen Colibakterien stammen möglicherweise von Wasservögeln.

F. Zusammenfassung

Die bisherigen limnologischen Untersuchungen in den Jahren 1953—1957 haben ergeben, daß der Zellersee Anzeichen einer rasanten Eutrophierung aufweist. Da er zu den Seen mit meromiktischen Charakteren zählt, ist diese Nährstoffanreicherung für den Gesamthaushalt besonders ungünstig. Die nicht alljährliche Vollzirkulation im Vorwinter und im Frühjahr hat ihre Ursachen in der windgeschützten Lage, in der kurzen Zeit der Homothermie, in der im Verhältnis zum Volumen kleinen Seeoberfläche, in der alljährlichen langen Eisbedeckung und schließlich in der großen Zufuhr von Nährstoffen durch Abwässer, die direkt oder über dem Weg der Mineralisation der Biomasse eine Salzanreicherung bestimmter Wasserschichten und damit eine Erhöhung ihrer Stabilität bewirken.

Die Folgen sind starke Abnahmen des Sauerstoffes unter 15 bis 20 m bis zu Nullwerten in der tiefsten Schichte, anaerobe Zersetzungsvorgänge, Faulschlamm- und Faulschlamm- und Ausfall eines großen Teiles des Hypolimnions und des Profundales für die Fischerei und starke Algenentwicklungen im Epilimnion, die als Wasserblüte in Erscheinung treten und das Seewasser für den Gemeingebrauch in seiner Güte verschlechtern.

Der aus seinem natürlichen Gleichgewicht gebrachte, somit im biochemischen Sinne als „krank“ zu bezeichnende Zellersee muß daher, soweit dies möglich ist, saniert werden, d. h., daß ihm in Zukunft jene Nährsalze, die zu seiner Überdüngung geführt haben, fernzuhalten sind.

Dies trifft in besonderem Maße für den als Minimumstoff erkannten, die Produktivität besonders aktivierenden Phosphor zu, der mit den häuslichen Abwässern der Stadt Zell am See in reichlichem Maße täglich eingebracht wird. Eine Ableitung des größten Teiles dieser Abwässer in die Salzach wurde daher als unbedingt notwendig vorgeschlagen. Die Gemeinde Zell am See ist bereits im Begriffe, diese Kanalisation, die mit dem Bau einer zentralen Kläranlage verbunden ist, zu errichten.

Literaturhinweis:

¹ Eckel, O., Statistisches zur Vereisung der Ostalpenseen. Wetter und Leben, Jg. 7, H. 3—4.

² Einsele, W., Der Zeller See, ein lehrreicher Fall extremer limnochemischer Verhältnisse. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Bd. 42, H. 2/3, 1944.

³ Keißler, H., Beiträge zur Kenntnis des Phytoplanktons des Zellersees in Salzburg. Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Bd. V, 1916.

⁴ Micoletzky, H., Zur Frage der Wiederbesetzung des Zellersees im Pinzgau mit Coregonen. Österreichische Fischerei-Zeitung, '9. Jg., Nr. 11.

⁵ Schjerning, W., Der Zeller See im Pinzgau. Zeitschrift der Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin, Bd. 28, Jg. 1893, S. 367—392.

⁶ Thomas, E. A., Über die Bedeutung der abwasserbedingten direkten Sauerstoffzehrung in Seen. Monatsbulletin des Schweizer. Vereins v. Gas- u. Wasserfachmännern, Nr. 5, Jg. 1953.

Thomas, E. A., Phosphatgehalt der Gewässer und Gewässerschutz. Monatsbulletin des Schweizer. Vereins v. Gas- u. Wasserfachmännern, Nr. 9 u. 10, Jg. 1953.

⁸ Thomas, E. A., Zur Bekämpfung der See-Eutrophierung. Neue Zürcher-Zeitung, 4. Oktober 1956.

⁹ Ulbrich, K., Die Tiefenmessung 1955 im Zellersee (Salzburg). Österreichische Zeitschrift f. Vermessungswesen, 43. Jg., Nr. 3 u. 4, 1955.

¹⁰ Viehl, K., Meißner, B., Die Veränderung der Zusammensetzung des Leipziger Abwassers durch die Fäkalienabschwemmung. Gesundheits-Ingenieur, 64. Jg., H. 4, 1941.

DISKUSSION

Lindner

Waren eigentlich am Grund des Sees im Schlamm Bakterien nachweisbar?

Liepolzt

Ja, anaerobe und fakultativ anaerobe Bakterien. Der Keimgehalt bei 22° in der Schlammwasserkontaktzone betrug 510, der Gehalt an Gärungserregern in 100 ml bei 37° 1000.

Lindner

Bei der Störung der Trinkwasserversorgung der Wasserleitung von Zell am See handelt es sich meines Wissens um Eisenausscheidung, also um eine anorganische Verunreinigung, die hygienisch harmlos ist, aber von Laien leicht wegen ihrer braunen Flocken für unappetitlich und bedenklicher Herkunft gehalten wird; diese Vereisung des Wassers hängt nicht mit dem Zeller See zusammen.

Nemeček

Es handelt sich beim Grundwasser von Prielau um artesisches Wasser, in welches sich Zellerseewasser nicht einmischet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: [1957](#)

Autor(en)/Author(s): Liepolt Reinhard

Artikel/Article: [Die Verunreinigung des Zellersees 9-38](#)