Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1935)

Artikel: Der Gerzensee
Autor: Büren, G. v.
Kapitel: V: Die chemischen Eigenschaften des Gerzenseewassers
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319377

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

5. Eislöcher

Beim Zufrieren des Sees beobachtet man zuweilen sogenannte Eislöcher, d. h. Stellen, die eisfrei bleiben, um sich erst später zu schliessen. Diese eisfreien Stellen sollen dem Volksglauben nach, auf das Vorhandensein warmer Quellen zurückzuführen sein. Absolute Thermen sind hier als Ursache der Eislöcher von vornherein ganz abzulehnen, dagegen wären relative Thermen, d. h. Auftrieb von Grundwasser, nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen. Temperaturmessungen schienen mir zur Abklärung dieser Frage am geeignetsten. Im Januar 1935 hatte ich denn auch Gelegenheit, in einem solchen natürlichen Eisloch Temperaturlotungen vorzunehmen. Trotz des ausserordentlich empfindlichen Thermometers ($^1/_5{}^0$-Teilung) gelang es mir aber nicht, Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Grundwasser-Auftrieb zu erhalten. Vergleichslotungen in besonders hergestellten Eislöchern ergaben genau die gleichen Temperaturen. Möglicherweise sind diese Löcher ganz einfach als letzter Tummelplatz von Wasservögeln vor der vollständigen Vereisung anzusehen, dort entleerte Faekalien würden dazu beitragen, die Eisbildung etwas zu verzögern.

Der sichere Nachweis von Grundwasserzuflüssen in den Gerzensee ist mir also durch thermometrische Messungen nicht gelungen. Trotzdem bleibt ihr Vorhandensein sehr wahrscheinlich.

Grund- und Quellwasseraustritte könnten möglicherweise noch auf einem ganz anderen Wege festgestellt werden, nämlich durch den Nachweis von sogenannter Quellkreide. Diese entsteht als anorganische Ausflockung beim Austritt kalten Quellwassers in das wärmere Seewasser. LENZ (24), GAMS und NORDHAGEN (16, p. 38/39 und p. 61/62). Dazu wäre allerdings eine systematisch durchgeführte Auslotung des Seebodens vermittelst dem Rohrlot notwendig.

V. Die chemischen Eigenschaften des Gerzenseewassers

A. Allgemeines

Die chemische Zusammensetzung des Seewassers ist abhängig von derjenigen der Zuflüsse. Das Wasser der Zuflüsse hinwiederum ist in seinem Chemismus durch die geologische Natur

des Einzugsgebietes bedingt. Schon BOURCART (5) hat auf diese Beziehungen eingehend hingewiesen, die zwischen gewissen chemischen Eigenschaften eines Seewassers und der geologischen Natur seines Einzugsgebietes bestehen.

Weiterhin treten im Seebecken bedeutende Veränderungen im Seewasser auf. Der Regen, der direkt aus der Atmosphäre in das Seewasser fällt, ist reiner als dieses, und bewirkt daher eine Verdünnung des Salzgehaltes. Dieser verminderten Konzentration wirkt dann wiederum die Verdunstung, die sich an der Seeoberfläche vollzieht, entgegen. Auch die Wassertemperaturen beeinflussen die Löslichkeit verschiedener Salze und können somit eine gewisse Rolle bei der Bildung chemischer Niederschläge spielen.

Die bedeutendsten Veränderungen in der Wasserzusammensetzung werden jedoch durch die biologischen Vorgänge herbeigeführt. Die Wasserpflanzen, sowie zahlreiche Phytoplankter zerlegen, vermittelst des Chlorophylls und unter Einwirkung des Lichtes, die im Wasser gelöste Kohlensäure in ihre beiden Bestandteile, wobei der frei werdende Sauerstoff wieder in das Wasser abgeschieden wird. Die pflanzlichen Organismen decken so den für sie wichtigen Kohlenstoffbedarf. Diese entziehen auch dem Seewasser nicht unbeträchtliche Mengen von anorganischen Salzen, die sie dort gelöst finden und die zu ihrer Ernährung und zu ihrem Wachstum erforderlich sind. Das zahlreiche Auftreten von Planzen und Phytoplanktern kann somit, wenigstens vorübergehend, zur Folge haben, dass die oberen Wasserschichten eines Gewässers ärmer an Nährsalzen und CO_2 werden, während der O_2-Gehalt bedeutend steigen kann. Die Tiere dagegen absorbieren den Sauerstoff und geben hauptsächlich CO_2 und Ammoniaksalze ins Wasser ab. Nach dem Absterben sinken die Reste der Phytoplankter in die Tiefe, wo sie durch die Verwesung aufgelöst werden. Bei diesem Prozess wird O_2 reduziert und Kohlensäure gebildet. Gegen den Herbst hin werden also in den tieferen Wasserschichten (im sogenannten Hypolimnion) diejenigen Stoffe angereichert, die den oberen (dem sogenannten Epilimnion) durch die Tätigkeit der lebenden Organismen entzogen wurden. Dabei schwindet der O_2-Gehalt in der Tiefe immer mehr, ohne dass er ersetzt werden könnte. Dieser Reduktionsvorgang wird durch den Kontakt mit dem Grundschlamm, der mit redu-

zierenden Substanzen angereichert wird, noch ganz wesentlich verschärft, was unter Umständen zu einem fast vollständigen O_2-Schwund über dem Grund führen kann. Diese Tatsache ist für die Bodenfauna von Bedeutung, weil ohne O_2 kein tierisches Leben möglich ist, somit in Seen mit starker Plankton- und Pflanzenproduktion (eutrophe Seen) die Lebensbedingungen für eine solche auf ein Minimum reduziert ist.

Wir haben auch bereits erwähnt, dass die Kohlensäure für die Pflanzen die Hauptquelle zur Kohlenstoffgewinnung ist. Immerhin ist die Menge dieses im Wasser gelösten Gases eine beschränkte, und es ist deshalb von Bedeutung, dass durch Zerfall von doppelkohlensaurem Kalk in einfachkohlensauren Kalk und Kohlensäure ein Ersatz für das verbrauchte Gas geschaffen werden kann. Bei andauerndem Abbau von Bicarbonaten, respektive ihre Ueberführung in einfachkohlensaures Carbonat, im Seewasser kann wiederum eine Veränderung der Wasserhärte zur Folge haben.

Alle die hier angedeuteten biochemischen Vorgänge zusammengenommen, lassen bereits unschwer erkennen, wie sehr der Chemismus des Seewassers von den Lebensäusserungen der Wasserflora beherrscht wird. Es wird auch ohne weiteres klar, dass im Verlauf eines Jahreszyklusses in dieser Hinsicht sehr wechselnde Verhältnisse, sowohl zeitlich wie auch räumlich, namentlich in vertikaler Richtung, bestehen müssen, und wie einschneidend hinwiederum der Temperaturgang des Sees diese Vorgänge beeinflussen muss.

B. Spezielles

Zur Orientierung über den Chemismus des Gerzensees habe ich zunächst eine allgemeine chemische Analyse des Seewassers ausführen lassen. Herr Dr. Th. von Fellenberg, Chemiker am Eidgenössischen Gesundheitsamt, hatte die Freundlichkeit, diese Arbeit zu übernehmen, wofür ich ihm hier nochmals meinen herzlichen Dank sagen möchte, ebenso für die vielen Ratschläge, welche er mir im Verlauf meiner Untersuchungen mit steter grosser Bereitwilligkeit erteilt hat.

1. Allgemeine Analysen

Gerzenseewasser-Analysen vom 8. August 1934

(Ausgeführt an Wasserproben aus 8 m Tiefe.)

Kationen	Millival[13])	mg. im Liter
Kalium-Ion ($K^{\cdot}$)	0,084	3,28
Natrium-Ion ($Na^{\cdot}$)	0,23	5,40
Ammonium-Ion (NH_4)	0,17	2,87
Calcium-Ion ($Ca^{\cdot\cdot}$)	3,88	77,50
Magnesium-Ion ($Mg^{\cdot\cdot}$)	0,93	11,4
Ferro-Ion ($Fe^{\cdot\cdot}$)	0,024	0,65
Mangano-Ion ($Mn^{\cdot\cdot}$)	0,002	0,10
Aluminium-Ion ($Al^{\cdot\cdot\cdot}$)	0,017	0,16
Summe der Kationen	5,34	101,3
Anionen		
Nitrat-Ion (NO_3')	0	0
Nitrit-Ion (NO_2')	0,0014	0,04
Chlor-Ion (Cl')	0,21	7,3
Jod-Ion (J')	0,0000032	0,0004
Hydrosulfit-Ion (SH')	0,015	0,5
Sulfat-Ion (SO_4'')	0,128	6,15
Hydocarbonat-Ion (HCO_3')	4,50	275,00
Summe der Anionen	4,85	289,00
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	—	13,0

Gerzenseewasser-Analyse vom 16. August 1934

Wetter sonnig, windstill, Wassertemperatur an der Oberfläche 19—20° C, in 8 m Tiefe 8° C. Probeentnahme an der tiefsten Stelle des Sees (10 m) in verschiedenen Tiefen, 9—10 Uhr. Bestimmt wurden am gleichen Tag Sauerstoff, Ammonium, Albuminoid-Stickstoff, Nitrat-Ion, Nitrit-Ion, am folgenden Tag wurden die übrigen Bestimmungen ausgeführt.

Probeentnahme	Oberfläche	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
Oxydierbarkeit	18,2	15,7	15,0	16,3	20,9	23,8
Chlorzahl (Froboese)	28,9	27,2	28,9	34,5	58,2	74,0
Oxydierbarkeit	1,58	1,73	1,92	2,12	2,80	3,11

[13]) Unter einem Millival oder Milligrammäquivalent versteht man so viel Milligramme des betreffenden Stoffes, als sein Aequivalentgewicht Einheiten anzeigt.

Probeentnahme	Oberfläche	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
Chlorzahl, mg. im Liter	7,95	7,90	8,10	0,81	0	0
Sauerstoff, cc. im Liter	5,60	5,55	5,65	0,57	0	0
Ammonium-Ion	0,16	0,16	0,21	0,96	3,50	4,00
Albuminoid-Stickstoff	0,26	0,24	0,20	0,20	0,20	0,20
Nitrat-Ion	0,013	0,017	0,013	0,008	0	0
Nitrit-Ion	0,004	0,004	0,005	0,007	0	0
Trockenrückstand	202	220	220	268	279	315
Glührückstand	171	193	193	234	260	284
Glühverlust	31	27	27	34	19	31
Alkalität	3,00	3,00	3,00	4,00	4,85	5,16
Französische Härtegrade	15,0	15,0	15,0	20,0	24,3	25,8

Ungefähr in halber Seetiefe ändert die Zusammensetzung des Wassers stark. Die Oxydierbarkeit und noch mehr die Chlorzahl nimmt zu, der Sauerstoff verschwindet, der Ammoniak nimmt sehr stark zu, während der Albuminoid-Stickstoff eine kleine Abnahme zeigt. Trockenrückstand, Glührückstand und französische Härte nehmen stark zu.

Ich lasse hier auch die Keimzahlbestimmungen folgen, die Herr Dr. CH. SCHWEIZER[14]) die Freundlichkeit hatte, zu meinen Handen auszuführen.

Keimzahlbestimmungen im Gerzensee vom 16. August 1934

Verwendeter Nährboden: Nährgelatine.
Keimzahl pro ccm.
Ablesung nach 6 Tagen.

a) Aerobier.

Tiefe	Keimzahl
0 m	300
2 m	180
4 m	1640
6 m	330
8 m	50
10 m	80

b) Anaerobier.

Tiefe	Keimzahl
0 m	240
2 m	370
4 m	230
6 m	30
8 m	45
10 m	10

Die oben mitgeteilten, von Herrn Dr. von Fellenberg im August 1934 ausgeführten Analysen, lassen bereits die grossen Ungleichheiten der Wasserzusammensetzung in den verschiedenen

[14]) Herr Dr. CH. SCHWEIZER hatte die Freundlichkeit, uns am 16. August 1934, ausgerüstet mit den nötigen Gerätschaften zur sterilen Entnahme von Wasserproben, an den Gerzensee zu begleiten, wofür ich ihm hier meinen besten Dank sage.

Tiefenregionen erkennen. Diese Befunde liessen es als unbedingt notwendig erscheinen, das Zustandekommen und den Gang dieser chemischen Stratifikation, in Verbindung mit der thermischen, durch monatliche Terminuntersuchungen im Jahreszyklus zu verfolgen, wollte man sich über die chemischen Geschehnisse im See ein einigermassen klares Bild verschaffen.

Zur Durchführung chemischer Terminuntersuchungen waren zunächst verschiedene Vorbereitungen notwendig, die geraume Zeit in Anspruch nahmen. Zunächst war die Konstrution zweier zur Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen geeigneter einfacher Schöpfapparate notwendig. Diese wurden nach meinen Angaben von Herrn Hans Werren, Techniker am Städtischen Gymnasium in Bern, ausgeführt. Ferner stellte ich ein leichtes Transportgerät her, welches ermöglichte, Chemikalien, die an Ort und Stelle benötigt werden, sowie eine grosse Anzahl Spezialflaschen für Wasserproben sicher und unbeschadet mitzuführen.

Alle Apparate und Utensilien mussten selbstverständlich zunächst im Betrieb gründlich ausprobiert werden, um späterhin ein störungsfreies Arbeiten zu gewährleisten. Wie sehr bereits geringfügige äussere Störungen oder Unzulänglichkeiten den Erfolg der Arbeit im Freien in Frage stellen können, lernt nur derjenige richtig einschätzen, der Gelegenheit hatte, fern vom bequem eingerichteten Laboratorium, solchen Untersuchungen obzuliegen.

In biologischer Hinsicht wäre nun die periodische Prüfung der folgenden Komponenten im Seewasser von besonderer Wichtigkeit:

Von den im Wasser gelösten Gasen, der Sauerstoff und die Kohlensäure. Die Bestimmung der Alkalinität und der Wasserstoffionenkonzentration. Ferner Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Nitrate, Phosphate, Eisen, Mangan und Kieselsäure. Leider sah ich mich genötigt, das anfänglich vorgesehene Programm, aus Gründen der für die Untersuchung verfügbaren Zeit, einzuschränken. Erstens konnte die Arbeit auf dem See in der Regel nicht über drei Stunden hinaus ausgedehnt werden, da ich an die Anschlüsse von Postauto und Bahn gebunden war. Sodann hielt ich darauf, sofort nach der Rückkehr ohne Verzug die chemischen Arbeiten im Laboratorium auszuführen, was übrigens für die Sauerstoffbestimmungen ein unbedingtes Erfordernis ist.

2. Der Sauerstoffgehalt des Wassers

In methodischer Hinsicht sei hier nur gesagt, dass die Sauerstoffbestimmungen titrimetrisch, genau nach den von Winkler gegebenen Vorschriften, ausgeführt worden sind. Die Ausführung entspricht der von WAGLER (48, p. 47/53) gegebenen Darstellung. Ausserdem hat mir das Studium der Arbeiten von MINDER (29, 30, 33) viel Anregung bei diesen Untersuchungen gegeben.

Die folgenden Punkte möchte ich hier noch kurz erwähnen:

In der Regel fasste ich für die O_2-Analyse 5 Wasserproben, die in 0, 2, 5, 8 und 10 m Tiefe entnommen wurden; sehr oft ergänzte eine Probe aus 6,5 m diese Serie. In den entsprechenden Tiefen mussten selbstverständlich auch die Wassertemperaturen gemessen werden. Sofort nach Aufholen der Probeentnahme ins Boot, wurde jeder Flasche, deren Volumeninhalt genau bestimmt war, je 3 cm^3 Jodkalium haltige Natronlauge und Manganchloridlösung vermittelst besonderer Pipetten (sog. Sauerstoffpipetten) zugesetzt. Zur Berechnung der Sättigungswerte wurde die bei WAGLER (48, pag. 52) mitgeteilte Tabelle benutzt. Der jeweils auf dem See herrschende Luftdruck wurde vor und nach den Probeentnahmen an einem mitgeführten „Lufft"-Metallbarometer festgestellt.

Hätten wir ein organismenleeres Gewässer vor uns, so müsste sein Wasser dauernd annähernd sauerstoffgesättigt sein. Das Oberflächenwasser löst im Kontakt mit der Luft O_2 in Mengen, die vom herrschenden Luftdruck und von der Wassertemperatur abhängen. Bei mittlerem Barometerstand für die Höhe vom Gerzensee absorbiert das Seewasser

bei 4^0 C = 8,4 cm^3 Sauerstoff i./L.
bei 10^0 C = 7,2 cm^3 Sauerstoff i./L.
bei 20^0 C = 5,8 cm^3 Sauerstoff i./L.

Wird nun in irgend einer Tiefenschicht festgestellt, dass die Sättigungswerte erheblich unter- oder überschritten werden, so sind diese Abweichungen auf die Tätigkeit von Organismen zurückzuführen. Der Gang der Sauerstoffkurve ist bedingt durch die Wechselwirkung von Oxydation und Reduktion im Ablauf der Stoffumsätze, die sich im Seewasser abspielen. Die Oxydationsvorgänge, wie Atmung der Tiere und Abbau der organischen Substanzen, sind Prozesse, die in der gesamten Wassermasse vor

sich gehen, sie zehren den Sauerstoff. Die Reduktionsvorgänge, speziell die CO_2-Assimilation des Phytoplanktons, sind auf die durchleuchteten oberen Wasserschichten beschränkt. Diese werden mit Sauerstoff angereichert. Der Sauerstoffgehalt des Wassers wird sogar als Masstab für die Menge des vorhandenen Phytoplanktons genommen werden können. In der trophogenen Schicht[15]) wird O_2 reichlich, oder sogar im Ueberschuss zu erwarten sein. Der Abfall der O_2-Kurve wird dagegen in jener Tiefe einsetzen, wo die produzierte O_2-Menge nicht mehr ausreicht um die Zehrung zu decken, also dort, wo die assimilatorisch wirksamen Strahlen nicht mehr in genügender Menge einzudringen vermögen.

Die Geschwindigkeit der Oxidationsprozesse hängt von der Temperatur ab. Nach der van't Hoff'schen R. G. T.-Regel ändert die Reaktionsgeschwindigkeit der Stoffumsätze mit der Temperatur so, dass ein Zuwachs der Temperatur um zirka 10^0 C eine Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit herbeiführt. Namentlich RUTNER (37, 38, p. 413) hat auf die Bedeutung dieses Gesetzes für die Lebensvorgänge in den Gewässern hingewiesen, insbesondere im Hinblick auf den Sauerstoffhaushalt.

---

[15]) Unter trophogene Schicht versteht man jene Zone, in der die Lichtstärke für die Assimilation der grünen Pflanzen ausreicht. Hier werden also organische Stoffe erzeugt. Die tropholytische Schicht dagegen, ist die Zone in welcher infolge ungenügender Durchleuchtung sich der Assimilationsprozess nicht mehr vollziehen kann. Hier findet keine Bildung organischer Substanzen statt, sondern deren Zersetzung. Es ist natürlich nicht einfach zu sagen, in welcher Tiefe die Grenze dieser beiden Schichten liegt, bezw. die Zone festzulegen, in welcher Auf- und Abbau sich die Wage halten. Sie ist natürlich wesentlich tiefer als die Durchsichtigkeit, gemessen mit der Seccischeibe. Das für die Organismen verwertbare Licht dringt bedeutend tiefer ein. Ausserdem kommt es auch auf die Natur der pflanzlichen Organismen an, die gerade im betreffenden Gewässer leben. Die Lichtintensitätsminima und -optima für die Assimilationstätigkeit sind für die verschiedenen Phytoplankter auch sehr verschieden. Die Untersuchung der Schichtung der Reaktion des Sauerstoffes und namentlich der Kohlensäure, könnte am besten Anhaltspunkte geben, um zu ermitteln, bis in welche Tiefe die trophogene Zone reicht, vorausgesetzt, dass diese Untersuchungen in genügend enger Tiefenfolge durchgeführt werden. Meine Untersuchungen waren nicht auf die Lösung dieser Frage eingestellt. Ich vermute aber auf Grund der Auswertung meiner Resultate, dass im Gerzensee die trophogene Zone während der sommerlichen Stratifikation bis in die Tiefe von zirka 6 m reicht.

Gehen wir nun zur Besprechung der Resultate meiner Sauerstoffmessungen im Gerzensee über, mit welchem sowohl die Kurven als auch die Zahlentabellen zu vergleichen sind. Die Tagesdaten für die Kurven entsprechen denjenigen der Zahlentabellen.

Tabellen der Temperaturen und Sauerstoffverhältnisse über der tiefsten Stelle

10. Dezember 1934						15. März 1935					
T	Tp	O_2	S	±	% S	T	Tp	O_2	S	±	% S
0	5,1	4,9	8,1	— 3,2	60,4	0	5,0	8,42	8,37	+0,05	101,03
2	5,2	4,2	8,1	— 3,9	51,8	2	4,4	8,31	8,37	— 0,06	100,00
5	5,2	3,7	8,1	— 4,4	45,6	5	4,4	7,88	8,37	—0,49	93,97
8	5,2	3,2	8,1	— 4,9	39,5	8	4,4	6,81	8,37	—1,56	81,92
10	5,4	2,3	7,8	— 5,5	29,4	10	4,4	5,73	8,37	—2,64	69,02
18. Mai 1935						**22. Juni 1935**					
0	13,1	7,32	6,83	+0,49	107,32	0	22,3	8,53	5,64	+2,89	151,24
2	12,4	7,30	6,83	+0,47	106,88	2	20,1	8,67	5,97	+2,70	145,22
5	10,1	7,41	7,31	+0,10	101,36	5	14,3	10,41	6,75	+3,66	154,22
8	8,3	2,34	7,49	—5,15	31,24	6,5	11,4	4,04	7,06	—3,02	57,22
10	8,3	2,50	7,49	—4,99	33,37	8	10,1	2,92	7,39	—4,47	39,51
						10	9,2	2,94	7,57	—4,63	38,83
20. Juli 1935						**16. September 1935**					
0	25,2	9,20	5,37	+3,83	171,32	0	19,4	7,04	6,02	+1,02	116,94
2	24,1	10,70	5,47	+5,23	195,61	2	19,2	7,00	6,02	+0,98	116,26
5	17,1	5,17	6,27	—1,10	82,45	5	19,0	4,66	6,09	—1,43	76,51
6,5	12,3	2,32	6,83	—4,51	33,96	6,5	16,3	—	—	—	—
8	10,2	1,11	7,31	—6,20	15,18	8	11,3	1,01	7,06	—6,05	12,87
10	9,4	1,10	7,31	—6,21	15,04	10	11,0	0,88	6,99	—6,11	12,58
23. Oktober 1935											
0	12,1	3,59	7,06	—3,47	50,84						
2	12,1	3,56	7,06	—3,50	50,42						
5	12,1	3,52	7,06	- 3,54	49,85						
6,5	12,1	—	—	—	—						
8	12,1	3,58	7,06	—3,48	50,70						
10	11,1	1,35	7,22	—5,87	18,69						

In allen Tabellen bedeutet:

T = Tiefe in Metern.

Tp = Wassertemperaturen, ° C.

O_2 = Sauerstoffgehalt in cm^3 L, bei 0° und 760 mm Druck.

S = Sättigungswerte des Wassers mit Sauerstoff in cm^3/L, berechnet nach den Absorptionskoeffizienten von Winkler bei der Temperatur und dem jeweiligen Barometerstand in Gerzenseehöhe.

± = Differenz zwischen Sauerstoffgehalt und Sättigungswert.

%S = Sauerstoffgehalt in Prozenten der Sättigung.

Während der Sommerstagnation finden wir zunehmende Oberflächenwerte bis 9,3 cm^3/l. Die Sauerstoffmaxima entwickeln sich jedoch in tieferen Wasserschichten, entsprechend den Phytoplankton-Maxima. Im Mai und Juni in 5 m Tiefe mit 7,4 und 10,4 cm^3/l, im Juli in 2 m Tiefe mit einem absoluten Maximum von 10,8 cm^3/l. Von 6 m Tiefe abwärts beginnt ein starkes O_2-Gefälle, welches sich in 8 m nochmals bedeutend verschärft. Zwischen 8 und 10 m erreicht der O_2-Gehalt nicht mehr 3 cm^3/l, um zeitweise (Juli/August) auf 0,5 cm^3/l zurückzugehen. Praktisch kommt das fast vollständigem O_2-Schwund gleich.

Nachdem die Sommerzirkulation eingesetzt hat, beginnen auch die Oberflächenwerte zurückzugehen. Das starke O_2-Gefälle unter 5 m bleibt zunächst noch bestehen. Im weiteren Verlauf der Herbstzirkulation, in dem Mass als die sommerliche Stratifikation zerstört wird und O_2-reiches Oberflächenwasser sich mit O_2-armem Tiefenwasser durchmischt, sinkt der Sauerstoffgehalt des gesamten Seewassers auf zirka 3,5 cm^3/l. Im Laufe der Winterstagnation erfolgt allmählich von der Oberfläche her eine Regeneration des Sauerstoffes (aus der Luft absorbierter O_2) das Gefälle der Kurve wird ziemlich ausgeglichen. Das Tiefenwasser hat bis zum Frühjahr hin steigende O_2-Werte aufzuweisen. Leider wurde die O_2-Messung im Februar, die von der Eisdecke aus vorgenommen werden sollte, durch ein Missgeschick, nachdem schon ein Loch im Eis geschlagen war, im letzten Moment vereitelt.

Zu Beginn der Sommerstagnation ist bereits eine starke O_2-Zunahme in den oberen Wasserschichten festzustellen, die mit der nun wiederum kräftig einsetzenden Vegetation des Phytoplanktons zusammentrifft. Der Gang der Sauerstoffkurve ist der für den eutrophen (nährstoffreichen) Seetypus charakteristische, indem nämlich im Metalimnion eine starke Sauerstoffzunahme vorhanden ist, während im Hypolimnion (Tiefe) der Sauerstoffgehalt auf 4—0 cm^3/l fällt, was einer Sättigung von zirka 50 % entspricht.

In einem oligotrophen Gewässer (nährstoffarmer, Klarwasser-See) ist ebenfalls ein O_2-Gefälle nach der Tiefe hin, aber ohne Verstärkung im Metalimnion, die Kurve ist ausgeglichen. Auch in grösseren Tiefen ist noch ein Gehalt von 4—5 cm^3/l Sauerstoff vorhanden.

Es muss hier noch ausdrücklich hervorgehoben werden, dass für

die graphische Darstellung direkt die gefundenen Sauerstoffzahlen verwertet worden sind. MINDER (30, p. 33) und RUTTNER (37) haben darauf hingewiesen, dass man unter Umständen, namentlich wenn der Sauerstoffgehalt als biologischer Faktor behandelt wird, Zerrbilder der tatsächlichen Verhältnisse erhält, wenn die Angaben in Sättigungsprozenten gemacht werden. Wegen der höheren Absorbtionsfähigkeit des Wassers wird bei fallender Temperatur, aber gleichem O_2-Gehalt, der Sättigungswert ein geringerer sein, und trotzdem ist der physiologische Wert des Wassers als Atmungsmedium gestiegen. Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass die Atmung der Organismen nicht nur vom Sauerstoffgehalt, sondern auch in sehr weitgehendem Masse von der Temperatur des Wassers abhängig ist. Dieser Vorgang folgt der van't Hoff'schen Reaktion-Geschwindigkeit — Temperatur-Regel. Bei einem Temperaturanstieg von 10^0 wird nämlich der Sauerstoffverbrauch beinahe verdoppelt. Wenn z. B .das Tiefenwasser eines Sees 5^0 C beträgt, so hat dieses gegenüber einem See von 15^0 C Tiefentemperatur bei gleichem O_2-Gehalt, einen 2 mal so grossen Wert für die Atmung, und es ist physiologisch um diesen Betrag sauerstoffreicher.

3. Die Kohlensäure

Ausser dem im Wasser gelösten Sauerstoff wäre die Feststellung der vorhandenen freien CO_2 von grösster Wichtigkeit.

In einem eutrophen See ist zu erwarten, dass infolge des CO_2-Verbrauches durch den Assimilationsprozess, sowie die Produktion von CO_2 durch die Atmungsvorgänge, die Verteilung des Kohlendioxydes in entgegengesetztem Sinn wie diejenige des Sauerstoffes verläuft. Die Verteilung der CO_2 in einem solchen Gewässer kann jedoch noch durch zwei weitere Faktoren ziemlich stark beeinflusst werden. Nämlich durch Fäulnisprozesse, namentlich am Seegrund, durch die zuweilen ganz beträchtlichen Mengen von CO_2 gebildet werden können. Sodann kann besonders in kalkhaltigen Gewässern, ein Teil der frei werden Kohlensäure durch den Kalk gebunden werden. Die Bestimmung der freien Kohlensäure erfolgt am besten durch Titration mit einer Normallösung von Natronlauge oder noch besser von Natriumcarbonat, in Verbindung mit Phenolphthalein als Indikator. Für die Probeentnahme gelten die gleichen

Vorschriften wie für solche zur Sauerstoffanalyse, nur dass die CO_2-Bestimmungen an Ort und Stelle ausgeführt werden müssen, wenn einigermassen zuverlässige Resultate erhalten werden sollen, ein Transport der Wasserproben behufs Vornahme einer später vorzunehmenden Untersuchung ist hier nicht zulässig. Die Bestimmung der freien Kohlensäure kann bekanntlich ohnehin nicht mit der gleichen Genauigkeit durchgeführt werden, wie z. B. der Nachweis des gelösten Sauerstoffes mit der Winkler'schen Methode. CZENSNY schätzt die Fehlerquelle auf zirka 1 mgr/l.

Ich hatte Bestimmungen der freien Kohlensäure an Ort und Stelle, d. h. an Bord vorgenommen, diese erforderten jedoch soviel Zeit, dass ich sie neben den anderen Arbeiten, nicht in der mir jeweilen für die Terminuntersuchungen zur Verfügung stehenden Zeitspanne erledigen konnte.[16]) Diese Lücke in meinen Untersuchungen mag daher durch diesen Umstand entschuldigt werden.

4. Der Kalkgehalt

Der Kalkgehalt (Bicarbonat) des Seewassers steht in engem Zusammenhang mit der geologischen Beschaffenheit der Umgebung des Sees, namentlich aber seines Einzugsgebietes. Wir haben gesehen, dass der Gerzensee ein Moränensee ist, und dass das am Nordwestufer angrenzende Gebiet des Belpberges aus Kalknagelfluh gebildet wird. Entsprechend diesen Verhältnissen war auch ein ziemlich hoher Kalkgehalt des Gerzenseewassers zu erwarten, was auch durch die diesbezüglichen Untersuchungen bestätigt wurde.

Es ist üblich, den Kalk durch Titration von 100 cm^3 Wasser mit n/10 HCl in Verbindung mit Methylorange als Indikator zu bestimmen. Ich bin bei der Ausführung der Analysen den von RUTTNER (38, p. 208/209) und CZENSNY (9) gegebenen Vorschriften gefolgt. Der titrierte Wert, d. h. die Anzahl der verbrauchten cm^3 Salzsäure, ergibt die Alkalinität[17]) oder Bicarbonatgehalt. Die Bestimmung der Alkalinität ist für die Limnologie von Bedeutung, weil sich hieraus einige weitere Werte ermitteln lassen.

---

[16]) Vergleiche auch Seite 56.

[17]) Die Alkalinität nach der Definition von SCHAEPERCLAUS (40) ist identisch mit dem Säurebindungsvermögen, während unter Alkalität die alkalische aktuelle Reaktion des Wassers zu verstehen ist.

Die Zahl der Alkalinität mit 5 multipliziert, ergibt die Carbonathärte in französischen Graden. Ein französischer Härtegrad = Anzahl mg. $CaCO_3$ in 100 000 Teilen Wasser.

Mit 2,8 multipliziert ergibt sich die Carbonathärte in deutschen Härtegraden.

Mit 50 multipliziert erhält man die Anzahl Litermilligramme $CaCO_3$.

Die Bestimmung der Alkalinität wurde an Wasserproben von der Oberfläche, aus 5 m und aus 10 m Tiefe vorgenommen, und von jeder Probe je 3 Analysen ausgeführt.[18]) Aus den Kurven, die sich aus diesen Resultaten ergeben, geht hervor, dass der Bicarbonatgehalt $Ca(HCO_3)_2$ von der Oberfläche nach der Tiefe hin zunimmt. Während der Beobachtungszeit hat der Alkalinitätswert an der Oberfläche von 3,16 (Minimum im September) bis 4,30 (Maximum im Frühjahr, März/Mai) geschwankt. In der Tiefe zwischen 4,00 (im November) und 5,20 (im September). Ganz besonders auffallend sind die Unterschiede des Kalkgehaltes zwischen Oberfläche und Tiefe in den Monaten Juni bis Oktober, im September erreichen sie ein Maximum. Die Ursache dieser Unterschiede im Kalkgehalt der oberen und unteren Wasserschichten ist in biogenen Vorgängen zu suchen. Während der Frühlingsstagnation wird in der trophogenen Zone, durch die Assimilationstätigkeit der grünen Pflanzen, besonders des Phytoplanktons, Caliumcarbonat ausgefällt. Infolgedessen werden diese Wasserschichten kalkärmer (biogene Entkalkung). Der ausgefällte Kalk sinkt zur Tiefe und wird dort, zum Teil wenigstens, durch den höheren CO_2-Gehalt der tieferen Wasserschichten wieder gelöst.

Nach dem oben Gesagten lassen sich durch Multiplikation der Alkalinitätswerte mit 50 die Litermilligramme $CaCO_3$ ermitteln.

Monat	III	V	VI	VII	IX	X	XI
0 m	215	215	204	168	158	182	195
5 m	225	215	214	209	164	181	195
10 m	225	225	236	243	260	242	200
Differenz zw. 0 und 10 m	10	10	32	39	102	60	5

Litermilligramme $CaCO_3$

[18]) Die Titration wurde jeweilen sofort nach der Rückkunft im Laboratorium vorgenommen.

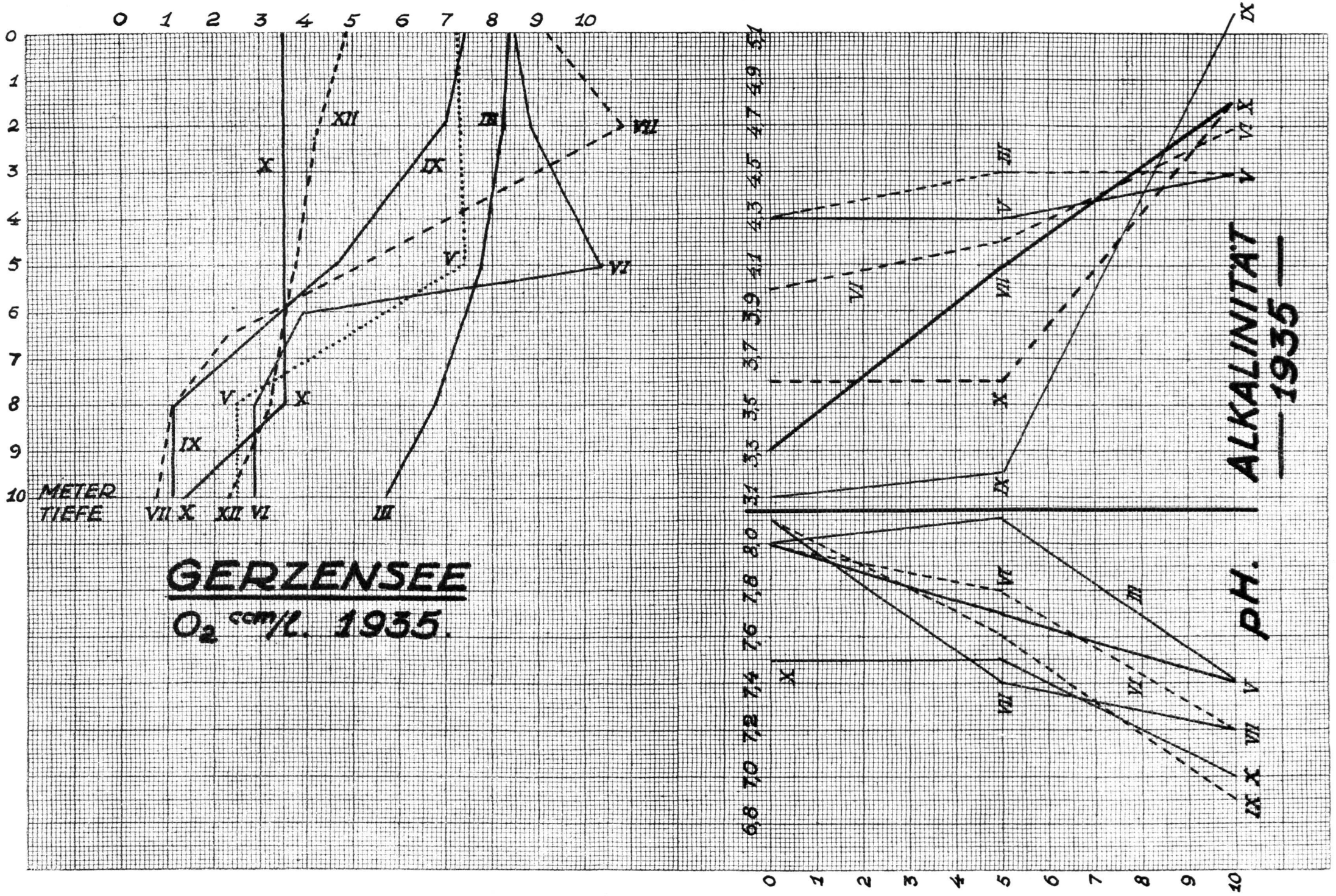
Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der ausgeglichene Höchstwert an Kalk im Frühjahr (März-Mai) gefunden wird, er ist aber wahrscheinlich schon im Januar oder Februar vorhanden, leider fehlen mir Beobachtungen aus dieser Zeit. Immerhin darf angenommen werden, dass der normale, biogen nicht oder doch nur unbedeutend beeinflusste Alkalinitätswert für den Gerzensee etwa 4,3 ist, was einem Gehalt von 215 mgr./l. $CaCO_3$ entspricht.

Die Entkalkung der oberen Wasserschichten macht sich zuerst im Juni bemerkbar, um im September ein Maximum zu erreichen, im Oktober fängt sie an abzuklingen. Zur Zeit der intensiven Herbstzirkulation wird kalkarmes Oberflächenwasser mit kalkreichem Grundwasser vermischt, so dass zunächst die gesamte Wassermasse des Sees ein Kalkdefizit aufweist, das im Laufe des Winters wieder ausgeglichen wird.

5. Die Wasserstoffionen-Konzentration

Die Wasserstoffionen-Konzentration habe ich kolorimetrisch vermittelst der Komparatoren-Methode nach HELLIGE bestimmt. Als Indikator wurde Phenolrot mit einem Messgebiet von pH 6,8 bis 8,4 gewählt. Zur Zeit der Stratifikation ist die Reaktion des Oberflächenwassers ausgesprochen alkalisch, die pH-Werte erreichen 8—8,1, gegen die Tiefe erfolgt eine mehr oder weniger starke Verschiebung nach der neutralen Seite hin. Während der Stagnationsperiode finden wir am Seegrund die Werte 7,4 bis 6,9. Sie sinken somit auch hier kaum unter den Neutralpunkt. (Neutralpunkt = pH 7.) Im Oktober und November, zur Zeit der energisch sich vollziehenden Wasserumschichtung, geht die Wasserstoffionen-Konzentration an der Oberfläche auf 7,6 zurück, nähert sich also bedeutend dem Neutralpunkt, während sie in der Tiefe zunächst auf 7,0, dann auf 7,3 steigt, um im Dezember 7,5 zu erreichen. In der Winterstagnation ist das pH der Oberfläche bei 7,6, in der Tiefe bei 7,4—7,5.

Im allgemeinen wird die Reaktion der natürlichen Wässer durch ihren Gehalt an Hydrocarbonaten und Kohlensäure geregelt. Die Kohlensäure vermehrt die $H^{\cdot}$-Jonen, das Wasser wird saurer, während die Hydrocarbonate die OH'-Konzentration erhöhen, was zur Folge hat, dass das Wasser alkalischer wird. CO_2 und Hydrocarbonate verändern also die Reaktion in ent-


GERZENSEE
O2 ccm/l. 1935.
METER TIEFE
ALKALINITÄT 1935
pH.

gegengesetztem Sinne. Das Wasser mit seinem Gemisch von Calciumcarbonat $Ca(HCO_3)_2 + CO_2$ stellt im Stoffwechsel der Gewässer ein Puffergemisch dar, das die gleiche Rolle spielt wie das Blut mit seinen Puffergemischen im Stoffwechsel eines höheren Tieres. Charakteristisch für ein solches Puffergemisch ist nun, dass es je nach dem Verhältnis von Säure oder Base zu Salz ein wechselndes pH aufweist. Durch die grundlegenden Untersuchungen von TILLMANS (46) und SCHAEPERCLAUS (40) wissen wir, dass jede Bicarbonatkonzentration = Alkalinität — ein „normales" — oder zugehöriges pH besitzt, vorausgesetzt, dass sich das ganze System im Gleichgewichtszustand befindet, d. h. das Wasser ist mit CO_2 gesättigt. Dieses Gleichgewicht wird jedoch durch biologische Vorgänge, insbesondere durch die Photosynthese gestört, sowohl die Alkalinität, als auch der CO_2-Gehalt werden verändert. Aus der Alkalinität und dem pH lässt sich nun anhand der von TILLMANS und SCHAEPERCLAUS aufgestellten Tabelle[19]) schliessen, ob das Wasser über-, unter- oder gerade mit CO_2 gesättigt ist. Liegt das gefundene pH wesentlich höher als das „normale", so deutet dies darauf hin, dass starke Assimilation stattgefunden hat. Freies CO_2 ist dann im Wasser nicht mehr vorhanden. Durch den Zerfall von Bicarbonat in Carbonat und Kohlensäure wird Ersatz geschaffen. Die Carbonate sind somit in einem Gewässer die Quelle für die Kohlensäure. Durch die fortgesetzte Ueberführung von Bicarbonat in einfaches Carbonat, wird mehr und mehr ein Hervortreten der alkalischen Reaktion bewirkt. Liegt aber das gefundene pH niedriger als das normale, so zeigt dies an, dass Zersetzungsprozesse im Gang sind, wobei CO_2 gebildet worden ist und die Reaktion nach der sauren Seite hin hervorruft, bezw. den pH-Wert herabdrückt.

Wenn ich meine im Gerzensee gewonnenen Alkalinitäts- und pH-Messungen mit dem „normalen" pH vergleiche, so ergibt sich folgendes:

Im Frühjahr (März bis Mai) ist am Seegrund das gefundene und das normale pH in Uebereinstimmung, somit das Wasser dort offenbar CO_2 gesättigt. In der oberen 5 m Wasserschicht dagegen, besteht Untersättigung an Kohlensäure. Dieser Zustand dauert auch im Juni an, mit dem Unterschied, dass sich

[19]) Tabelle 2 in SCHAEPERCLAUS (40 p. 79).

im Tiefenwasser eine CO_2 Uebersättigung geltend macht. Im Sommer, Juli bis September, sind nur noch die obersten Wasserschichten CO_2 untersättigt, in 5 m Tiefe ist bereits eine leichte Uebersättigung festzustellen, die sich nach der Tiefe hin bis zum September stärker ausprägt. Im Oktober ist eine Uebersättigung in allen Wasserschichten zu beobachten. Im November endlich fand ich den grössten Teil der Wassermasse im Gleichgewicht, d. h. das Gefundene stimmte mit dem „normalen" pH überein, nur am Seegrund war noch ein CO_2-Ueberschuss vorhanden. Diese Befunde stimmen alle sehr gut mit dem Gang der O_2-Kurve überein, welche gewissermassen das Spiegelbild der Kohlensäure-Verteilung im See darstellt.

Ueber das Optimum, sowie die Grenzen des pH's, innerhalb welcher die Lebensvorgänge der einzelnen Planktonorganismen unbeschadet ablaufen, wissen wir noch wenig. Experimentelle Untersuchungen in dieser Richtung sind namentlich von SKADOWSKY (41, 42) in Angriff genommen worden. Immerhin lassen sich bereits zwei Gruppen von Organismen unterscheiden, solche, die innerhalb weiter Grenzen des pH's zu leben vermögen, und andere, die nur kleine Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration ertragen. In die Gruppe der ersteren gehören die meisten kleinen Grünalgen des Nannoplanktons.

6. Bestimmung der Gesamthärte

Wiederholt habe ich auch eine Bestimmung der Gesamthärte mit Seifenlösung nach BOUTRON und BOUDET ausgeführt. Dabei gelangte die Hydrotimeterbürette von CZENSNY, mit Einteilung in französische Grade, zur Anwendung. Die Messung ist einfach auszuführen, jedoch muss darauf geachtet werden, dass die Proben bei annähernd gleicher Temperatur untersucht werden, weil diese auf die Bildung und das Stehenbleiben des Seifenschaumes einen wesentlichen Einfluss hat. Die Härtemengen sämtlicher Proben sind bei 18^0 ausgeführt worden. Die so erhaltenen Werte, die also französischen Härtegraden entsprechen, stimmten sehr gut mit jenen überein, die aus dem Alkalinitätswert durch Multiplikation mit 5 erhalten wurden.

7. Die Kieselsäure

Die Bestimmung der Kieselsäure wurde kolorimetrisch mit dem HELLIGE-Komparator und der Normal-Standard-Farbscheibe vor-

genommen. Je 100 cm^3 der Wasserproben, von der Oberfläche, aus 5 m und aus 10 m Tiefe, wurden 4 cm^3 25 % Ammoniummolybdatlösung und 1 cm^3 25% HCl beigefügt. Die gelblichgrünen Lösungen konnten nunmehr in 40 mm Küvetten im Apparat mit der Standardfarbscheibe verglichen und so die Litermilligramme SiO_2 ermittelt werden.

Der ausgeglichene Kieselsäuregehalt im Gerzenseewasser beträgt 3—4 mgr./l. Im Winter und Frühjahr besteht eine, wenn auch nur schwach ausgeprägte Schichtung, indem an der Oberfläche 3, in der Tiefe 4 mgr./l SiO_2 gefunden wurden. Im Laufe der Sommerstagnation werden die oberen Wasserschichten noch ärmer an Kieselsäure, der Gehalt ging auf 2,5 mgr/l zurück, während in der Tiefe nunmehr eine bedeutende Anreicherung derselben, namentlich von August bis Oktober festzustellen war, wo der SiO_2-Gehalt auf über 10 mgr/l gestiegen war. Es ist anzunehmen, dass diese Unterschiede durch die Diatomeenvegetation bedingt sind. Sie entzieht den oberen Wasserschichten (trophogene Zone) einen grossen Teil von Kieselsäure, die sie zum Aufbau der Diatomeenschalen braucht. Diese sinken beim Absterben in die Tiefe, in welcher sie dann eine Anreicherung von Kieselsäure herbeiführen. Im November war die Kieselsäure mit 4 mgr/l in der ganzen Wassermasse gleichmässig verteilt.

8. Ammoniakstickstoff

Während die Verteilung des Sauerstoffes und auch der Kohlensäure in einem Gewässer hauptsächlich durch den Kohlehydrat-Stoffwechsel bedingt wird, handelt es sich beim Ammoniak um ein Endglied im Abbauprozess der Eiweisskörper, der namentlich in der tropholytischen [20]) Zone angereichert wird. In der trophogenen Zone dagegen ist Ammoniak in der Regel in nur äusserst geringen Mengen vorhanden.

Die Bestimmung wurde kolorimetrisch unter Zusatz von Seignettesalzlösung (Winkler) und Nessler-Reagens, vermittelst dem Lichtelektrischen-Kolorimeter von LANGE vorgenommen. Als Vergleichsstandart diente eine Lösung von NH^4Cl, die im ccm 0,03 mg NH_3 enthielt. Leider konnten die regelmässigen Ammoniakbestimmungen erst im späteren Verlauf der Untersuchung ein-

[20]) Zone, in welcher keine Bildung organischer Substanzen mehr erfolgt, sondern wo ausschliesslich die Zersetzung herrscht.

setzen, nachdem mir die dazu nötigen Apparate zur Verfügung standen, und ich mit deren Handhabung vertraut war.

Für die Wasserproben aus 10 m Tiefe ergeben sich die folgenden Werte:

18. Mai 1935 . . .	1,3 mgr/l	NH_3
22. Juni 1935 . . .	3,6 mgr/l	
20. Juli 1935 . . .	4,0 mgr/l	
16. September 1935 . .	4,2 mgr/l	
23. Oktober 1935 . .	1,5 mgr/l	
23. November 1935 . .	0,6 mgr/l	

In der Tiefe von 5 m stieg der Gehalt an Ammoniak nicht über 0,6 mgr/l, an der Oberfläche waren nur ganz geringe Spuren vorhanden.

Aus dieser Zahlentabelle geht hervor, dass die Ammoniak-Anhäufung im Hypolimnion schon im Frühsommer beginnt und ihren Höhepunkt im Spätsommer, nachdem die Herbstzirkulation schon eingesetzt hat, erreicht. Wir finden, dass die Höchstwerte des NH_3 mit dem Sauerstoffschwund einerseits und den maximalen Grundtemperaturen andererseits zusammentreffen. Sauerstoffschwund und zunehmende Temperatur sind Faktoren, welche die Zersetzungsvorgänge begünstigen. Die Intensität des Abbaues dürfen wir auch als Masstab für die Produktionsverhältnisse benutzen. Diese Abbaustoffe sind für den Haushalt des Sees von grosser Bedeutung. Bei der Wasserumschichtung durch die Vollzirkulation werden sie in die oberen Wasserschichten getragen, die durch die pflanzlichen Organismen ausgenutzt und infolgedessen hochgradig nährstoffarm geworden sind. Dadurch werden die unentbehrlichen Stickstoff-Verbindungen wiederum in den Stoffkreislauf einbezogen, das gesamte Seewasser wird „gedüngt" und so für eine neue Vegetationsperiode vorbereitet.

Diese Tatsache zeigt wiederum die grosse Bedeutung, welche auch vom biologischen Standpunkte aus, der Wasserumlagerung in einem See zukommt. Ein Vorgang, der sich in unseren Breiten gesetzmässig, ohne grosse zeitliche Abweichungen, im Herbst und Frühjahr vollzieht.

9. Das Eisen

Dem Eisen wurde früher fast ausschliesslich im Hinblick auf gewisse Mikroorganismen, welche die Eigenschaft besitzen, Eisen

in Oxydform in grossen Mengen zu speichern, wie z. B. die Eisenbakterien (Leptothrix-Arten u. a.), Aufmerksamkeit geschenkt (DORFF 11). Der Frage aber, inwieweit der Eisengehalt des Wassers auf die übrigen darin befindlichen Organismen von Einfluss ist, hatte man wenig Beachtung geschenkt, trotzdem man die grosse Bedeutung des Eisens für die Landpflanzen längst erkannt hatte.

Die Untersuchungen von USPENSKI (47) haben gezeigt, dass gewisse Algen gegenüber dem Eisengehalt des Wassers sehr empfindlich sind, namentlich dass auch die verschiedenen Gattungen hierin sehr verschiedene Ansprüche stellen. Deshalb sind auch Eisenbestimmungen bei limnologischen Studien wünschenswert. Leider habe ich nur wenige derartige Bestimmungen ausführen können. Sie sind ebenfalls kolorimetrisch (Lichtelektrisches Kolorimeter von Lange) mit 20 % Kaliumrhodanitlösung + 20 % HCl + 3 % H_2O_2 ausgeführt worden. Als Vergleichsstandart diente eine Eisenoxydammonlösung, die im cm^3 0,03 mgr Fe enthält.

Im Juli und September fand ich:

an der Oberfläche . . .	0,1 mgr/l Eisen
in 5 m Tiefe	0,1 mgr/l Eisen
in 10 m Tiefe	0,4 mgr/l Eisen

Im Oktober war der Eisengehalt mit 0,09 mgr/l in der Wassermasse ausgeglichen. Zur Zeit der Sommerstagnation wird durch den Sauerstoffschwund und die saure Reaktion im Tiefenwasser daselbst die Eisenanreicherung gefördert, während die sauerstoffreicheren, alkalisch reagierenden oberen Wasserschichten eine solche hintanhalten. Es bleibt zu untersuchen, wie gross der Anteil der Organismen bei der Anreicherung des Eisens ist, und wie gross derjenige, den die Zuflüsse und die Sickerwasser dem See zuführen. Mutmasslich sind die Letzteren von grösserer Bedeutung, da im Plankton die Eisenorganismen keine besondere Rolle zu spielen scheinen.

VI. Biologie

1. Das Plankton

Zu den Planktonfängen benutzte ich ein Friedinger-Netz von zirka 40 μ Maschenweite in feuchtem Zustande.[21]) Die obere Netz-

[21]) Die Nannoplankter fallen also hier ganz ausser Betracht.