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

Artikel: Der Gerzensee
Autor: Büren, G. v.
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: 09.12.2025

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

G. v. Büren

Der Gerzensee

Eine limnologische Studie

Arbeit aus dem Botanischen Institut der Universität Bern, ausgeführt mit Unterstützung der Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der bernischen Hochschule

Mit 2 Tafeln, 3 Kurventabellen und 3 Figuren im Text

I. Einleitung

Da meines Wissens der Gerzensee bis jetzt in der wissenschaftlichen Literatur kaum behandelt worden ist, erschien es mir als eine dankbare und nützliche Aufgabe, diese Lücke in der Heimatkunde durch eine eingehende Studie auszufüllen, und dabei auch neuere Gesichtspunkte und Ziele der Limnologie zu verwerten. Durch meine Untersuchungen möchte ich auch die Kantonalbernische Naturschutz-Kommission auf dieses Gebiet aufmerksam machen, wo schon durch das verständnisvolle Entgegenkommen der früheren Besitzer gewisse Partien bereits seit dem Jahre 1927 unter Vogelschutz gestellt sind. Denn heutzutage ist eine Veränderung oder gar Verschandelung solcher Naturobjekte nie ganz ausgeschlossen.

Die im Folgenden niedergelegten Beobachtungen sind das Resultat monatlicher Terminuntersuchungen in den Jahren 1933 bis 1935. Die Untersuchungen umfassen namentlich Temperatur- und Durchsichtigkeitsmessungen, Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen zur Ausführung von Analysen, sowie Planktonfänge. Sie sind ausschliesslich vom Boot aus, das über der tiefsten Stelle des Sees verankert wurde, ausgeführt; in den Wintermonaten von der Eisdecke aus, wenn eine genügende Tragfähigkeit derselben es erlaubte. Ausserdem habe ich eingehende Erhebungen über die Vegetation der Ufer und der nächsten Umgebung des Sees gemacht, nebenbei auch einige faunistische Beobachtungen registriert.

Den zahlreichen Personen, die meine Untersuchungen gefördert haben, spreche ich hier meinen besten Dank aus: Prof. Dr. W. H. SCHOPFER, Direktor des Botanischen Institutes, Prof. Dr. W. RYTZ, Konservator am Botanischen Institut, Dr. TH. von FELLENBERG, Chemiker am Eidg. Gesundheitsamt, Herrn und Frau LINDEMANN-MERKELE, seiner Zeit Besitzer des Gerzensees. Ich möchte nicht unterlassen, auch an dieser Stelle der Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Forschung an der bernischen Hochschule für den gespendeten Beitrag, der eine wertvolle Beihilfe an die sehr kostspieligen Untersuchungen war, meinen besten Dank auszusprechen. Mein ganz besonderer Dank gebührt meiner lieben Frau, die bei den mühevollen und schwierigen Arbeiten auf dem Boot meine einzige Helferin und verständnisvolle Mitarbeiterin war. Denn diese Untersuchungen gestalteten sich nicht immer einfach, da, wie bei allen Arbeiten im Freien, oft unvorhergesehene äussere Widerstände und ungünstige Verhältnisse auftraten, und sie zuweilen auch bei schlechtem Wetter durchgeführt werden mussten.

II. Morphologie

1. Die geographische Lage

Der Gerzensee liegt zirka 2,5 km westlich von Oberwichtrach (541 m ü. M.) im Aaretal, in der Hügellandschaft von Kirchdorf, die sich vom S-Fuss des Belpberges bis zur Quertalung von Seftigen erstreckt. (Topogr. Atlas d. Schweiz, 1:25 000, Bl. 338, Gerzensee.) Der Seespiegel liegt in einer Meereshöhe von 606 m, die geographischen Komponenten der ungefähren Seemitte betragen 46° 49' 49'' nördlicher Breite und 5° 12' 40'' östlicher Länge von Paris.

Was die geologischen [1]) Verhältnisse des Seebeckens speziell betrifft, so ist zu sagen, dass dasselbe im Grundmoränen-Material eingebettet ist. Auf seiner nördlichen und nordöstlichen Seite ist es ausserdem von einem süd-nördlich gerichteten Moränenwall (Schlupf nördl. Gerzensee 620 m — Pfannacker 626 m —

[1]) Die Literatur, welche die Geologie und Geomorphologie des in Frage stehenden Gebietes speziell behandelt, findet sich bei BALTZER (3 p. 15), RUTSCH (36) und NUSSBAUM (34).

Bühlenzelg, Hinterzelg 636 m) begrenzt. Dieser war wohl zur Hauptsache für die Bildung des Seebeckens von Bedeutung. Er ist während der letzten Eiszeit (Würm-Vergletscherung) vom Aaregletscher in seiner Rückzugsphase abgelagert worden. Somit ist also der Gerzensee seiner Entstehung nach als ein typischer Moränensee gekennzeichnet. (HEIM 19, p. 395/96.)

Auf der Nordseite liegt, zirka 500 m entfernt, und etwa 40 m über dem See das Dörfchen Gerzensee (JAHN 22, p. 391/393), bereits an den Südabhang des Belpberges gelehnt. Dieser baut sich aus wechsellagernden Schichten bunter Kalknagelfluh und dichten Sandsteinen der miocaenen Molasse auf. (Marine Molasse.) Aus diesen Schichten, vorwiegend aber aus Nagelfluh, besteht auch die Terrasse auf der W-Seite des Sees, auf welcher das Landgut Freudheim (635 m) steht. Ebenso der Rundbuckel Murggen (623 m) am SW-Ende des Sees (Punkt 623). Dazwischen kommt in der flachen Senke, durch welche der Seeabfluss gegen Mühledorf (Räschmatt) hinstreicht, die Grundmoräne zum Verschein. Das im Süden gegen Kirchdorf hin offene Gelände, ehemals eine sumpfige Niederung, ist heute von Torfäckern eingenommen. Von Gerzensee nach Süden blickend, bietet sich ein ausserordentlich reizvolles Landschaftsbild dar. Im Vordergrund das Seelein inmitten grüner Wiesen, die durch Baumgruppen, welche die Wasserfläche umsäumen, wechselvoll belebt werden. Darüber hinaus leuchten die schneeigen Gipfel der Berner Alpen, an welche sich im Westen die dunklen Abhänge der Stockhornkette und im Osten die tannenbewachsenen Hügel des Mittellandes anschliessen.

Das Gebiet von Gerzensee ist in nördlicher und besonders in nordwestlicher Richtung durch die Höhen des Belpberges gegen Winde geschützt und hat dadurch ein relativ mildes Klima. Die mittlere Jahrestemperatur ist 7,8 ^{0} C [2]) (Bern und Thun 8,1 ^{0} C). Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt 110 cm (Bern 96 cm, Thun 92 cm und Münsingen etwas über 100 cm).

2. Die Form des Seebeckens

Die morphometrischen Werte für den Gerzensee sind die folgenden:

[2]) Die Zahlen über Temperatur und Niederschläge verdanke ich der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich.

Flächeninhalt: 267 000 m^2 *).
Grösste Länge: 1100 m.
Grösste Breite: 300 m.

Die mittlere Breite wird erhalten, wenn man den Flächeninhalt des Sees durch die Länge seiner Achse dividiert, für den Gerzensee ergibt sich der Wert von 242,7 m.

Die Tiefenverhältnisse sind im Jahre 1893 von Ingenieur Hörnlimann durch 66 Lotungen studiert worden.

Maximale Tiefe: 10,7 m. *)
Mittlere Tiefe: 1,7 m. *)
Volumen: 1 460 000 m^3. *)

Länge der Uferlinie: 2900 m, mit dem Kurvimeter auf der Karte 1:25 000 gemessen.

3. Die Uferentwicklung oder Umfangsentwicklung

Sie gibt an, um wie viel die Uferlänge grösser ist, als der Umfang eines dem Seeareal inhaltsgleichen Kreises. Dieser Wert ist namentlich von Bedeutung um Vergleiche der Uferentwicklung verschiedener Seen anzustellen, dabei ist aber zu beachten, dass die Messungen möglichst auf Karten gleicher Masstäbe vorgenommen werden müssen.

Die Umfangsentwicklung beträgt für den Gerzensee 1,6, d. h. die Ufer sind wenig gegliedert. Wir finden denn auch an diesem langgestreckten, sonst sehr regelmässig geformten Seebecken nur am Ostufer zwei Landvorsprünge. Namentlich die mehr südlich gelegene Landzunge ist von Bedeutung, indem sie weit vorspringend den See in ein grosses und ein kleines Becken gliedert, einen Durchgang von 110 m Breite zwischen beiden freilassend.

4. Die Tiefenverhältnisse

gestalten sich auf der Mittellinie des Sees von Süden nach Norden folgendermassen:

In der Mitte des kleinen Seebeckens 5 bis 5,5 m, im Durchgang nach dem grossen Becken 5 bis 5,5 m, gegenüber dem Mühlebach (Seeabfluss) 7,5 m, in der Seemitte auf der Höhe vom Bauernhof Räschmatt 10 m. Diese 10 m tiefe Region muss nach meinen Erfahrungen zu schliessen ziemlich eng umgrenzt sein, denn es kostet trotz der Einstellung des Bootes auf „Richt-

Alle mit *) bezeichneten Zahlen verdanke ich der Eidg. Landestopographie.

punkte" am Ufer, jedesmal einige Mühe, dieselbe beim Verankern zu treffen. Es ist noch zu bemerken, dass sich die tiefste Stelle nicht auf der Mittellinie, sondern zirka 50 m westlich derselben befindet. Auf der Höhe vom Bootshaus „Freudheim" registrieren wir 8,3 m, im nordöstlichen Seeteil 6 bis 7 m.

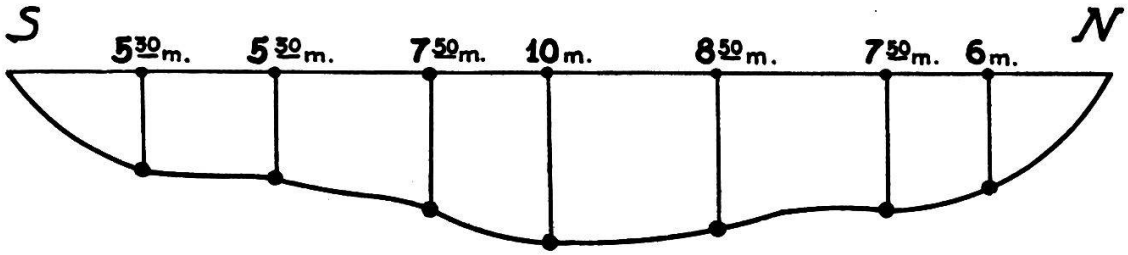


Fig. 1. Längsprofil durch den Gerzensee.

5. Die Gehänge des Seebeckens

talus du lac, nach der Definition von Forel, sind die mehr oder weniger geneigten Wandungen des Seebeckens, die von seiner Sohle bis zur Wasseroberfläche reichen. Das Ufer, der ausserhalb des Sees über dem Wasserspiegel gelegene Landgürtel, ist am Gerzensee ein durchweg natürliches, d. h. es sind hier keinerlei Kunstbauten vorhanden. Die Vegetation, ihrem Hauptbestande nach aus Seggen und Schilf bestehend, reicht überall bis unmittelbar an die Wasserfläche heran. An manchen Stellen greift der Wurzelfilz dieser Vegetation ein wenig auf die Wasserfläche über, wodurch überhängende Ufer zustande kommen. Im SO-Teil des Sees kommt es sogar zur Ausbildung eigentlicher Schwingrasen.[3]) Unmittelbar neben diesem durch den Vegetationsfilz gebildeten Uferrand messen wir bereits eine Wassertiefe von 1 bis 1,5 m, zuweilen sogar von 2 und mehr Metern. Die Profile aus den verschiedenen Seeteilen, die ich auf Grund sorgfältig durchgeführter Uferlotungen entworfen habe, veranschaulichen diese Verhältnisse. In einem Uferabstand von 5 bis 6 m, was ungefähr dem äusseren Rand der Seerosenzone entspricht, ist schon eine Tiefe von 3,5 bis 4 m zu registrieren. Von dieser Zone aus erfolgt ein flaches Absinken nach dem Seegrunde hin. (Vergleiche hierzu die Profile in Fig. 2.)

Am O-Ufer des Sees liegen die Dinge insofern etwas anders, als sich hier stellenweise das Gehänge vom Ufer ganz allmäh-

[3]) Auf diese Bildungen werde ich in einem späteren Kapitel, bei der Behandlung der Vegetation, noch zurück kommen.

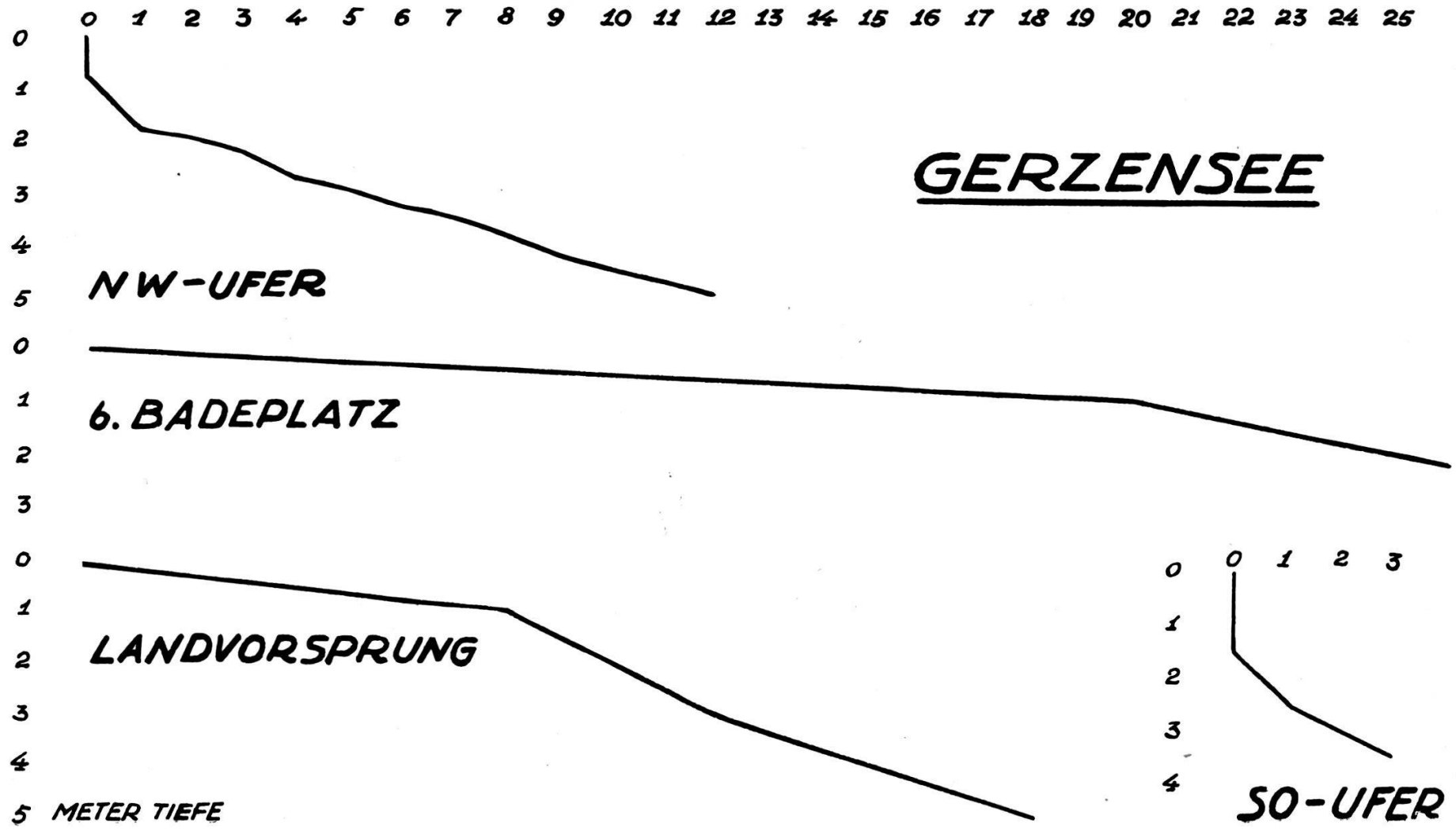


Fig. 2. Profile verschiedener Uferpartien.

lich gegen den See hin senkt, um einen Rand von wechselnder Breite, die sog. Uferbank(beine), zu bilden, wie z. B. am kleinen Landvorsprung, sowie dem nicht weit davon entfernten, in der Mitte des O-Ufers gelegenen, Badeplatz. (Vergleiche hierzu das Titelbild.) Auf dieser Uferbank liegt eine mächtige Ablagerung Seekreide, die von unzähligen Schalen und Schalenfragmenten von Süsswassermollusken durchsetzt ist. Bei Niederwasser liegt eine mehr oder weniger breite Zone der Uferbank trocken. Von ihrem Rand aus, der zirka 1 m unter der Wasseroberfläche liegt, fällt die Halde (mont) rasch nach dem Seegrund ab.

III. Hydrologie (Wasserhaushalt)

1. Zu- und Abflussverhältnisse

Das Einzugsgebiet des Gerzensees ist 2,6 km² [4]) gross und ist somit 9,73 mal grösser als die Seefläche. Auf der Karte (Topogr. Atlas d. Schweiz, Blatt 338) ist der Langetenbach, der von SO herfliessend das schmale Plateau SW von Kirchdorf entwässert und am S-Ende des Sees einmündet, als Hauptzufluss eingetragen. In Wirklichkeit ist dieser Bach ein schmaler Graben mit kaum nennenswertem Gefälle, dessen Breite selbst bei der Mündung in den See einen Meter nicht übersteigt. Die mit Sumpfpflanzen [5]) oft dicht bestandene Bachrinne hat selbst nach anhaltenden Regengüssen eine nur ganz unbedeutende Wasserführung. Am N-Ende des Sees mündet ein weiterer Bach ein, der von einer Quelle im Wiesengelände unterhalb Gerzensee, sowie von zahlreichen Brunnenabläufen gespeist wird. Dieses kleine, raschfliessende Bächlein führt dauernd, auch nach längeren Trokkenperioden, Wasser nach dem See. Vorgenommene Messungen zur Bestimmung der Wassermenge ergaben mir den Durchschnittswert von 720 Minutenliter. Ausser diesen beiden Wasserläufen kommen als Zuflüsse nur noch zwei kleine Rinnsale, die sich am W-Ufer in den See ergiessen, in Betracht. Den Abfluss des Sees bildet der Mühlebach, (auf der Karte nicht benannt) dieser fliesst vom W-Ufer durch die kleine Talsenke zwischen Freud-

[4]) Diese Zahlenangabe verdanke ich dem Eidg. Amt für Wasserwirtschaft.

[5]) Es sind namentlich *Veronica Beccabunga L.*, *Glyceria fluitans (L.) Brw.* und *Sparganium.*

heim und Murggen über Mühledorf nach der Gr. Müsche, die gegenüber Kaufdorf in die Gürbe mündet.

Zur richtigen Beurteilung des Wasserhaushaltes vom Gerzensee ist zu berücksichtigen, dass heute weder die Ab- noch die Zuflussverhältnisse den ursprünglichen natürlichen Verhältnissen mehr entsprechen.

[6]) Im Jahre 1910 liess der damalige Besitzer des Gerzensees, Herr Berchtold von Erlach, in Mühledorf ein kleines Elektrizitätswerk einrichten, das der Energieerzeugung eines lokalen Lichtnetzes diente. Damals wurde in die Abflussrinne des Sees eine Rohrleitung von zirka 35 cm Durchmesser in der Tiefe von 1,5 m eingebaut. Diese mündete 1,5 m unter dem Wasserspiegel (Normalwasserstand) und leitete das Wasser nach der zirka 650 m vom See entfernten und etwa 15 m tiefer gelegenen Turbine der Maschinenanlage, die eine Leistung von 120 PS. aufzuweisen hatte. Seit 1919 ist das Elektrizitätswerk ausser Betrieb gesetzt, aber durch die noch jetzt bestehende Leitung erfolgt weiterhin der vermittelst Schieber regulierbare Abfluss des Sees. Bei vollständig geöffnetem Schieber können zirka 200 Sekundenliter durch den Querschnitt der Leitung fliessen.

Um die für den Betrieb des Werkes notwendige Wassermasse zu gewährleisten, wurden seinerzeit verschiedene Wasserläufe von der Westflanke des Belpberges künstlich zugeleitet. Die Aufnahme dieses Wassers wurde durch das, am N-Ende des Sees mündende Bächlein vermittelt. Seit der Ausserbetriebsetzung des Elektrizitätswerkes im Jahre 1919 fliessen die künstlich zugeleiteten Wasser nicht mehr in den See, sondern sie werden zum grössten Teil über das Wartholz, unterhalb Pfannacker, in die Aare geleitet.

2. Grundwasserspeisung

Die Speisung von Seen durch Grundwasser ist eine häufige Erscheinung, namentlich in Gebieten ehemaliger Vergletscherung, weil hier der Boden meist bis in ziemliche Tiefen aus lockerem Material besteht. Eine Grundwasserspeisung ist somit beim Gerzensee, als typischem Moränensee, durchaus möglich. Grund- und Quellwasseraustritte in ein Seebecken können durch Temperaturbeobach-

[6]) Bei diesen Ausführungen stütze ich mich hauptsächlich auf die verdankenswerten Mitteilungen der Herren E. KUENZI in Gerzensee und A. STRAHM in Münsingen, die seinerzeit am Werk tätig waren.

tungen nachgewiesen werden. Ausserdem kann die Beschaffenheit der Eisdecke, eventuell die verzögerte Bildung derselben, oder ihr vollständiges Ausbleiben, wertvolle Anhaltspunkte für die Feststellung der Orte solcher sublacustren Wasserzuflüsse ergeben. Bei der Besprechung der Eislöcher werde ich auf diese Frage zurückkommen.

In diesem Zusammenhange sei bereits auf die Grundwasseraufstösse hingewiesen, die Rutsch in seiner schönen geologischen Karte des Belpberges, am W-Ufer des Sees verzeichnet hat.

3. Die Wasserstandsverhältnisse

Bei künstlich reguliertem Wasserstand ist es sowohl für die Tiefenangaben, als auch bezüglich der Auswirkung für die Ufervegetation und den gesamten Uferaspekt von grosser Bedeutung, über den jährlichen Gang der Spiegelschwankungen, besonders wenn sie höhere Werte erlangen, stets unterrichtet zu sein. Da am Gerzensee kein Pegel vorhanden ist, so habe ich gleich bei Beginn der Untersuchungen an der Mauer des Bootshauses eine Marke angebracht, von welcher aus der jeweilige Wasserstand eingemessen werden konnte.

Bereits ein flüchtiger Blick auf die Wasserstandskurven zeigt, dass aus dem Gang der Spiegelschwankungen keinerlei Gesetzmässigkeiten abgeleitet werden können. Im wesentlichen lässt sich nur feststellen, dass im ersten Beobachtungsjahr der Seespiegel im allgemeinen, mit Ausnahme von Juli-August, eher unter dem Mittelwasser gehalten worden ist. Der Unterschied zwischen höchstem und niedrigstem Wasserstand hat 52 cm erreicht. Im zweiten Beobachtungsjahr war der Seespiegel dagegen meist über dem Mittelwasser gehalten. Die Differenz zwischen Hoch- und Niederwasser betrug 40 cm.

Nach meinen, zwei Jahre umfassenden, Beobachtungen müsste die Marke, welche dem ungefähren mittleren Wasserstand entspricht, in 105 cm unter der Oberkante der Bootshausmauer angebracht werden. Das flache östliche Seeufer beginnt erst bei ausgesprochen tiefem Wasserstand trocken zu liegen, während erst bei sehr hohem Wasserstand eine eigentliche Ueberschwemmung der Seeufer eintritt, ein Zustand, der in Rücksicht auf die Landwirtwirtschaft, meist nur kurze Zeit dauert, da der Wasserspiegel dann durch Oeffnen der Schieber rasch abgesenkt wird. Zur Zeit der

Wassernutzung durch das Elektrizitätswerk sollen die Spiegelschwankungen des Gerzensees wesentlich grösser gewesen sein, sie erreichten 1,4 m.

Die Wasserstandsschwankungen scheinen also seit der Betriebseinstellung des Elektrizitätswerkes wesentlich ausgeglichenere zu sein, und sich hierdurch wieder mehr den ursprünglichen Verhältnissen zu nähern, in denen der See durch eine einfache Schleuse, die im Mühlebach eingebaut war, reguliert wurde.

In wie weit sich die veränderten Verhältnisse auf den gesamten Wasserhaushalt ausgewirkt haben, namentlich im Hinblick auf eine weniger intensive Wassererneuerung, lässt sich jetzt nicht mehr feststellen. Vermutlich aber waren diese Veränderungen, sowohl physiographisch als auch biologisch nicht ohne Einfluss.

IV. Physikalische Eigenschaften des Gerzensee-Wassers

1. Die Farbe des Sees

Bekanntlich ist es in der Limnologie üblich, anhand einer Farbenskala die Seefarbe zu bestimmen. Auf diese Weise gelingt es bis zu einem gewissen Grad ein subjektives und einigermassen vergleichbares Resultat festzulegen. Für blaue Seen bedient man sich der Forel'schen Skala, für grüne und gelbe Gewässer hat ULE die FOREL'SCHE Skala entsprechend modifiziert. Die Farbe des Gerzensees nähert sich am meisten der Nr. XIII dieser Skala, sie ist als grün-gelb zu bezeichnen. Vorübergehend gab es jedoch Farbabweichungen, die auf keinen Ton in der Farbenskala passten. Die Grundfarbe des reinen Wassers ist blau, alle Umschläge nach grün, gelb, braun, rot sind entweder durch physikalisch-chemische oder biologische Faktoren bedingt. Diese Verhältnisse sind besonders von AUFSESS, BOURCART, KOLKWITZ und SPRING untersucht worden. Ebenso hat L. W. COLLET (8, S. 169—183) hierüber eine zusammenfassende, sehr übersichtliche Darstellung gegeben.

Besonders die im Wasser gelösten organischen Substanzen (Humusstoffe) haben die Eigenschaft, je nach der Menge ihres Vorhandenseins, dem Wasser eine grüne, gelbe oder braune Färbung zu verleihen. Zwischen Wasserfarbe und Oxydabilität der im Wasser gelösten organischen Substanzen bestehen Beziehungen. Es ist

üblich, die Menge Permanganat anzugeben, die nötig ist, um in 1 Liter Wasser die organischen Substanzen zu oxydieren. Nach KOLKWITZ braucht das Wasser blauer Seen höchstens 3 mgr Permanganat, braungelbe dagegen bis 30 mgr, Trinkwasser soll 6 mgr/l nicht überschreiten.

Ich habe nach dem von DUPARC und BASADONNA (12, p. 133 und 134) gegebenen Verfahren zu verschiedenen Zeiten die „organischen Substanzen" bestimmt, und dabei 18,66 bis 26,25 mgr Permanganat pro Liter gefunden. Demnach ist die Annahme durchaus berechtigt, dass die im Wasser gelösten organischen Substanzen die Farbe des Gerzensees ganz wesentlich beeinflussen. Die oben genannten Permanganatwerte würden unseren See bereits in die Gruppe der gelb-braunen Gewässer weisen, da KOLKWITZ für die grünen den Höchstwert von 14 angibt. Meines Erachtens spielen aber für die Färbung des Gerzensees die biologischen Faktoren sehr wesentlich mit, indem vorherrschende Plankter, wie z. B. *Uroglena volvox, Ceratium* u. a., die durch chemische Eigenschaften bedingten gelben Töne stark nach grün hin verschieben. Die Wasserfarbe deutet bereits darauf hin, dass wir es hier mit einem eutrophen (nährstoffreichen) Gewässer zu tun haben.

Auf dem Gerzensee habe ich auch Färbungen der Seeoberfläche durch massenhaft windverwehten Pollen („Schwefelregen") zur Zeit der Coniferenblüte, Ende Mai und Anfang Juni, beobachtet. Es handelt sich um eine allochton pleustische[7]) Erscheinung, die man als Seeblüte[8]) zu bezeichnen pflegt. Die Schwimmfähigkeit des Pollens bleibt tagelang erhalten, und so bildet er dann, angedriftet am Ufer, eine dicke, rahmartige Masse. Am Gerzensee war diese aus Pollen von *Picea* und *Pinus* zusammengesetzt, wobei der Fichtenpollen etwas vorherrschend war. Ausserdem fand sich aber in dieser, bereits etwas in Zersetzung übergegangenen Pollenmasse eine Menge von Infusorien, dies zeigt, dass die allochtone Seeblüte auch in biologischer Hinsicht eine gewisse Rolle spielen kann, indem sie zu einer Art Nährboden wird.

Auf die paläobotanische Bedeutung der Pollensedimentation werde ich bei der Untersuchung des Seebodens zurückkommen.

---

[7]) Pleuston = passiv an der Wasseroberfläche treibend.

[8]) Im Gegensatz zur echten Wasserblüte, die von Mikroorganismen gebildet wird, die zeitweise aus dem Plankton in die Oberflächenhaut treten, dem sog. Neuston.

2. Durchsichtigkeits-Bestimmungen

Die Durchsichtigkeitsbestimmungen, genauer die Bestimmung der Sichtbarkeitsgrenze, sind mit der Seccischeibe (Durchmesser 30 cm) gemacht. Um möglichst objektive und vergleichbare Resultate zu erzielen, wurde das Verschwinden der Scheibe stets im Schatten des Bootes beobachtet. Wir machten zu zwei Personen je drei Beobachtungen, von diesen sechs Ergebnissen nahm ich den Mittelwert als Beobachtungsresultat. Von grosser Bedeutung für die Durchsichtigkeitsbestimmungen sind die äusseren Umstände, unter denen die Beobachtungen gemacht werden, insbesondere die Windstärke, der Sonnenstand, sowie der Grad der Bewölkung. Ausserdem kommen noch Faktoren hinzu, die von der

Zusammenstellung über die Beobachtungen der Sichttiefe auf dem Gerzensee

Datum	Sichttiefe in Metern	Bewölkung
21. Oktober 1933	1,35	hell
23. November	1,00	bedeckt
22. Dezember	—	hell
— Januar 1934	—	—
12. Februar	1,95 unter Eis	hell
31. März	1,50	hell
16. April	1,35	hell
12. Mai	3,25	leicht bewölkt
16. Juni	0,43	hell
14. Juli	0,43	bedeckt
13. August	0,72	bedeckt
13. September	0,73	leicht bewölkt
19. Oktober	1,45	leicht bewölkt
17. November	1,00	bewölkt
10. Dezember	1,60	bewölkt
4. Januar 1935	2,35 unter Eis	bedeckt
12. Februar	2,70 unter Eis	hell
15. März	1,42	hell
— April	—	—
18. Mai	2,21	bedeckt
22. Juni	1,50	hell
20. Juli	0,96	bedeckt
— August	—	—
16. September	1,70	hell
23. Oktober	1,35	trüb, Regen

Natur des Sees selbst abhängen, wie Farbe, Planktongehalt und eingeschwemmte Schwebestoffe mineralischer oder organischer Art. Es ist natürlich schwer, die Wirkung dieser einzelnen Faktoren, die meist zusammenwirken, auseinander zu halten.

Die beigegebene Tabelle zeigt, dass die Sichttiefe im Zeitraum der Beobachtungen zwischen 0,43 und 3,25 m schwankte. Sie ist im allgemeinen also recht gering, im Mittel 1,47 m, und bleibt gegenüber den meisten Seen gleicher Grössenordnung des schweizerischen Mittellandes etwas zurück. Lützelsee 3—6 m, Lac de Bret (Kt. Waadt) 2—2,50 m, Katzensee (Kt. Zürich) 2,10—4,60 m. Dagegen hat der Lago di Muzzano im Tessin mit 0,70—1,00 m eine noch geringere Sichttiefe als der Gerzensee. Es gibt jedoch kleine Seen mit ganz bedeutender Sichttiefe, so z. B. der Blausee bei Kandersteg, dessen Wasser so klar ist, dass auf seinem 10 m tiefen Grund alle Einzelheiten zu erkennen sind. Die maximale Transparenz im Genfersee wurde von FOREL bei 21,50 m gefunden.

Beim Gerzensee tritt im Juni eine intensive Trübung ein, Ende August und im Laufe des September wird dann das Wasser wieder klarer.[9]) Im Winter, zur Zeit der minimalen Phytoplankton-Entwicklung, ist die Durchsichtigkeit im allgemeinen grösser als im Sommer. Anderseits darf nicht übersehen werden, dass Planktonmenge und Durchsichtigkeit keineswegs immer in direktem Zusammenhang stehen. Diese Tatsache, auf welche übrigens schon wiederholt hingewiesen worden ist, trifft auch für den Gerzensee zu. Dazu ist die Transparenzkurve Oktober 1934/35 auf der Kurventabelle II und die Planktonkurve 1934/35 auf Seite 70 zu vergleichen.

Die Durchsichtigkeit wird nicht allein von den Planktonorganismen, sondern auch von anderen Suspensionen, wie Pflanzendetritus und anorganischen Partikeln beeinflusst. FOREL (13, p. 429/30) hat darauf hingewiesen, dass für das Schweben oder Absinken der Suspensionen die Dichteverhältnisse der einzelnen Wasserschichten von wesentlicher Bedeutung sind. Im Sommer sind die Gewässer thermisch geschichtet. Die verschieden temperierten Wasserschichten zeigen dementsprechende Dichteunterschiede. Unter sol-

[9]) Das Eintreten und Abklingen der Trübung erfolgt regelmässig jedes Jahr ungefähr zur selben Zeit, wie mir ein Anwohner des Gerzensees, Herr ALFR. von MEURON, bestätigt hat.

chen Verhältnissen sind die Suspensionen im Wasser gleichmässig verteilt, da sie in der Schicht, die ihrem eigenen Gewicht am nächsten kommt, festgehalten werden. Im Winter ist die thermische, und damit auch die Stratifikation der Dichte, aufgehoben, oder nur sehr undeutlich, und die Suspensionen können absinken, das Gewässer klärt sich also.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, ist es durchaus verständlich, wenn Ende August und weiterhin im September, das Wasser des Gerzensees nach der maximalen sommerlichen Trübung, sich zu klären beginnt, ohne dass das Plankton quantitativ eine entsprechende Abnahme zeigt. In dieser Zeit hat bereits die Sommerzirkulation eingesetzt, was eine Umlagerung der obern Wasserschichten zur Folge hat.

Zu Beginn der intensiven Trübung im Juni beobachtete ich, dass die Farbe gelb-grün deutlich gegen milchig-weisslich hin verschoben war. Im Juni 1934 war dies besonders auffallend, im Juni 1935 etwas weniger. Diese milchig-weissliche Trübung dürfte auf die sogenannte biogene Entkalkung zurückzuführen sein. Es handelt sich dabei um die Auskristallisation von Kalziumkarbonat, bedingt durch den Entzug von Kohlensäure durch assimilierende Pflanzen, im speziellen Fall das Phytoplankton (vergl. Seite 63).

Die stark ins Gelbe spielende Farbe des Sees, sowie die Suspensionen toter organischer Substanzen, mögen auch noch bis zu einem gewissen Grad zu der geringen Durchsichtigkeit des Gerzensees beitragen. Dagegen scheint mir den mineralischen Suspensionen hier keine wesentliche Bedeutung beizukommen. Im Gerzensee aber ist das Plankton, namentlich das Phytoplankton,*) der die Durchsichtigkeit und Farbe am meisten beeinflussende Faktor.

3. Die thermischen Verhältnisse

Die Temperatur des Seewassers ist ein sehr wichtiger Faktor, nicht nur vom physikalischen, sondern auch vom chemisch-biologischen Gesichtspunkt aus betrachtet, weil sie sowohl die Löslichkeit der Nährstoffe, als auch der Gase wesentlich beeinflusst. Ausserdem auch eine Schichtung derselben herbeiführt. Im ersten Beobachtungsjahr, Oktober 1933 bis Oktober 1934, habe ich in der Regel monatlich je sieben Temperaturlotungen gemacht, und

*) Wobei mitunter das Nannoplankton eine ausschlaggebende Rolle spielen dürfte.

zwar in 0, 1, 2, 4, 6, 8 und 10 m. Diese Arbeit dauerte mindestens eine Stunde oder länger, da je nach Bedarf noch Zwischenlotungen eingeschaltet wurden. Im zweiten Beobachtungsjahr, Oktober 1934 bis Oktober 1935, erfassten die Temperaturlotungen im Hinblick auf die Entnahme von Wasserproben für die Sauerstoffbestimmung, die Tiefen 0, 1, 2, 5, 8, und 10 m, ebenfalls mit zahlreichen Zwischenlotungen. Die Temperaturmessungen sind mit dem Friedinger'schen Tiefenthermometer[10]) ausgeführt worden. FOREL hat die Seen nach ihren thermischen Verhältnissen in tropische, gemässigte und polare eingeteilt. In ersteren sinkt die Temperatur niemals unter 4° C, hierher gehören unsere grossen Alpenrandseen, wie z. B. Thuner- und Brienzersee. Die Temperatur der polaren Seen steigt nie über 4°. In den gemässigten Seen, zu denen auch der Gerzensee gehört, bleiben die Wassertemperaturen zu gewissen Jahreszeiten unter 4°, um in anderen über diese Grenze zu steigen. Im gemässigten Seetypus liegt im Sommer wärmeres Wasser über kälterem, im Winter dagegen kälteres über wärmerem, die sogenannte „direkte Schichtung" weicht dann der „verkehrten Schichtung". Dieser Schichtwechsel, der auf der Tatsache beruht, dass bei 4° C das Wasser seine grösste Dichte hat, ist mit einer Wasserbewegung verbunden, die biologisch von grösster Bedeutung ist.

Im Temperaturgang lassen sich nun im Verlauf eines Jahres verschiedene Perioden unterscheiden. Die Erwärmung von 4° C bis zum Jahresmaximum dauert im Gerzensee durchschnittlich von Januar oder Februar bis Juli, es ist die Periode der sogenannten Sommerstagnation, in diesem Zeitraum ist immer das leichteste Wasser oben, eine Zirkulation kann deshalb nicht stattfinden. Ende Juli kommt die Erwärmung des Sees zum Stillstand. Es folgt nun die Periode der Abkühlung — die Sommerteilzirkulation, während welcher das an der Oberfläche abgekühlte Wasser bis zu Schichten gleicher Dichte absinkt. Sie findet ihren Abschluss mit der herbstlichen Temperaturgleiche, die im November erreicht wird. Zum Verlauf der Sommerteilzirkulation im Gerzensee sind noch folgende Einzelheiten zu erwähnen.

Der August hat vorübergehend noch hohe Oberflächen-Tempera-

[10]) Der FRIEDINGER'SCHE Tiefenthermometer Nr. 1411, aus Normalglas, in $^1/_5$ Grad C geteilt, vom Eidg. Amt für Mass und Gewicht im Mai 1933 geprüft, hat während der ganzen Beobachtungsdauer tadellos funktioniert.

turen. Die oberen Schichten bis zu 5 und 6 m Tiefe hin, weisen dagegen sowohl im August wie im September und Oktober bereits eine merkliche Abkühlung auf, während die tieferen Schichten sich noch weiter etwas erwärmen. Die Höchsttemperatur auf dem Seegrund wird im Oktober erreicht, und im November erscheint die Temperaturschichtung fast vollständig aufgehoben. Damit hat die ganze Wassermasse im See die gleiche Temperatur erreicht, und jetzt muss weiter sich abkühlendes Oberflächenwasser alle Schichten durchsinken, da es schwerer ist. Nunmehr hat die Herbst-Vollzirkulation eingesetzt, sie dauert bis das ganze Seewasser die Temperatur von 4° C erreicht hat.

Je nach den Witterungsverhältnissen dauert die Periode der Herbst-Vollzirkulation im Gerzensee von November bis Mitte Dezember oder Januar. Im Jahre 1933 herrschte schon von Anfang Dezember an Frostwetter mit Nordwind (Bise), so dass um die Monatsmitte die Herbst-Vollzirkulation bereits ihr Ende erreicht haben musste. Die nun beginnende Winterstagnation, während welcher das nunmehr unter 4° C abgekühlte Wasser an der Oberfläche bleibt, hat also im Winter 1933/34 von Mitte Dezember bis gegen Ende Februar gedauert. Hier schliesst sich die Winter-Teilzirkulation an, in der das kalte Oberflächenwasser sich erwärmt, dadurch wieder schwerer wird, und infolgedessen in tiefere Schichten absinken muss, bis der ganze See die Temperatur des Tiefenwassers erreicht hat. Das frühere oder spätere Eintreffen derselben ist von klimatischen Einflüssen stark abhängig. Im Winter 1933/34 müssen sich die beiden letztgenannten Perioden im Gerzensee Ende Februar in rascher Folge ereignet haben.

Im Winter 1934/35 haben die thermischen Verhältnisse einen wesentlich andern Verlauf genommen. Der Dezember 1934 war relativ mild, die mittlere Monatstemperatur war 4,0° C*), gegen — 4,2° C*) im Vorjahre. In diesem Winter ist die Hauptmasse des Wassers nie ganz auf die Temperatur von 4° C gesunken, infolgedessen ist die Herbst-Vollzirkulation, ohne ihr Ende vollständig erreicht zu haben, in die Sommerstagnation übergegangen. Milde Winter können also den Ausfall der Winterstagnation und der Frühlingszirkulation herbeiführen.

*) Diese Zahlen verdanke ich dem Metereologischen Observatorium der Universität Bern.

Zu gleicher Zeit mit den Temperaturlotungen im grossen Seebecken habe ich auch solche im kleinen vorgenommen. Die Messungen umfassten die Monate März, Mai, Juni, Juli, September, Oktober und November. In sämtlichen Messungen waren die Oberflächentemperaturen im untiefen, mehr geschlossenen kleinen Bekken dieselben wie im grossen. Dagegen waren die Grundtemperaturen (in 5 m) im kleinen Becken nicht immer entsprechend den Fünfmeter-Temperaturen im grossen Becken. In der beifolgenden Tabelle sind die gefundenen Temperaturdifferenzen für die einzelnen Monate zusammengestellt.

III	V	VI	VII	IX	X	XI
− 2,6°	+ 1,1°	+ 2,7°	+ 1,3°	+ 0,2°	0°	0°

Im Mai, Juni und Juli ist also die Wasserdurchwärmung nach der Tiefe hin im kleinen Becken etwas grösser. Für die relativ grosse Verzögerung der Erwärmung des Tiefenwassers im März kann ich vorläufig keine Erklärung geben.

Werfen wir jetzt noch einen Blick auf die einzelnen Temperaturkurven,[11]) so fällt zunächst einmal auf, wie ausserordentlich rasch der Temperaturanstieg im Frühjahr zu Anfang der Sommerstagnation in den oberen Schichten des Sees erfolgt. Am 31. März 1934, drei Tage nach Eisbruch, bewegten sich die Oberflächentemperaturen bereits zwischen 8° und 9° C. Dies zeigt deutlich, wie schon unter der Eisdecke eine merkliche Erwärmung stattfinden kann. Die Durchlässigkeit für Wärmestrahlung des Eises beträgt zirka 6 %. Im Frühjahr 1935 betrugen die Oberflächentemperaturen am 15. März 4,4—5,0° C, am 30. des gleichen Monats schon 8,5° C. Auch in den Monaten April, Mai und Juni steigen die Oberflächentemperaturen weiterhin rasch an, wie das allgemein in Seen zu beachten ist. Um so auffallender ist dagegen das sehr langsame Ansteigen der Grundtemperaturen, und zwar um so mehr, als es sich beim Gerzensee um ein sehr wenig tiefes Gewässer handelt (maximale Tiefe 10 m; mittlere Tiefe 1,7 m!).

Wie sich die Erwärmung der obersten Wasserschichten (1 bis 10 m) in einem grossen oligotrophen Alpenrandsee vollzieht, geht

[11]) Die Tagesdaten zu den monatlichen Temperaturkurven entsprechen denen in der Tabelle der Sichttiefe auf Seite 40.

aus der beifolgenden Tabelle hervor. Das Zahlenmaterial betrifft den Vierwaldstättersee, speziell die von AMBERG (1, p. 91) im Gersauerbecken über 190—210 m Tiefe vorgenommenen Messungen aus dem Jahre 1899.

Monat	IV	V	VI	VII	VIII
0 m	8,7	12,5	16,2	19,2	20,2
5 m	7,4	9,6	12,6	14,4	18,4
10 m	7,0	9,1	12,3	13,0	14,4
Temperaturdifferenz zwischen 0 und 10 m					
	1,7	3,4	3,9	6,2	5,8

Gang der Oberflächentemperaturen im Vierwaldstättersee (Gersauerbecken) nach Amberg

Ziehen wir jetzt noch die thermischen Verhältnisse des von CH. LINDER (25) und von E. MEYER (28) untersuchten Lac de Bret bei Chexbres in 673 m ü. M. zum Vergleich heran, so finden wir hier ein Gewässer ungefähr gleicher Grössenordnung, aber mit, sowohl maximaler als namentlich auch mittlerer, grösserer Tiefe (18 m maximale Tiefe und 10 m mittlere Tiefe) als der Gerzensee.

Der Verlauf der Oberflächentemperaturen ist in beiden Seen im grossen und ganzen übereinstimmend, auch ihre Maxima werden im Juli mit 24—25° C erreicht. Im tieferen Lac de Bret steigen aber die Grundtemperaturen rascher und höher an, erreichen auch ihr Maximum mit 18,5° C einen Monat früher als im bedeutend flacheren Gerzensee mit nur 9,8° C (Mittelwert aus drei Beobachtungsjahren). Bemerkenswert ist noch die Tatsache, dass das Grundwasser des tieferen Lac de Bret sich dann auch rascher abkühlt und im November bereits auf 5° C heruntergeht, während dasjenige des Gerzensees noch 7,0° C aufweist. Die Einzelheiten sind aus der beifolgenden Tabelle ersichtlich.

Monat	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.
Gerzensee	4,4°	5,1°	7,1°	8,2°	8,7°	8,4°	9,7°	9,8°
Lac de Bret	6,5°	7,0°	8,0°	10,5°	16,0°	13,7°	18,5°	13,7°
Differenz	2,1°	1,9°	0,9°	2,3°	7,3°	5,3°	8,8°	3,9°

Grund-Temperaturen

Ueber das Temperaturgefälle, welches bei den beiden in Frage stehenden Gewässern herrscht, gibt die nachstehende Tabelle Auskunft.

Monat	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.
Gerzensee Temperaturgefälle zwischen 0 und 10 m	2,4°*	11,1°	8,4°*	13,6°*	15,5°*	12,6°	10,2 *	4,5°*
Lac de Bret Temperaturgefälle zwischen 0 und 18 m	3,5°	2,5°	1°	10°	9°	10°	3°	1°

Temperatur-Gefälle zwischen Oberfläche und Grund

Diese Vergleiche bestätigen die auffallende Langsamkeit, mit welcher sich der Gerzensee, trotz seiner geringen Tiefe, während der Sommerstagnation zum Grunde hin erwärmt.

Als Ursache für die relativ niedrigen Grundtemperaturen in den kleinen, flachen Gewässern kommen namentlich die folgenden Punkte in Frage:

1. Die Zuflüsse.
2. Sublacustre Zuflüsse.
3. Lage und Form des Seebeckens in bezug auf die vorherrschende Windrichtung.

Was den ersten Punkt betrifft, so ist zu sagen, dass im allgemeinen die Zuflüsse auf den Temperaturgang eines Sees nur geringen Einfluss haben. Die Zuflussmenge ist im Verhältnis zur Wassermenge im See meist gering. Ausserdem sind zwischen Seewasser und Zuflüssen die Temperaturunterschiede nicht sehr bedeutend. Ist das Wasser der Zuflüsse kälter als das Oberflächenwasser des Sees, so sinkt es in die Tiefe, um die Wasserschicht gleicher Dichte aufzusuchen. Ein merklicher Einfluss auf die thermischen Verhältnisse des gesamten Sees durch die Zuflüsse könnte sich nur dann geltend machen, wenn die zugeführte Wassermasse so bedeutend ist, dass das Wasser des Seebeckens in kurzer Zeit vollständig erneuert wird.

Bei sublacustren Zuflüssen liegen die Dinge wesentlich anders. Das Wasser solcher Zuflüsse, von einer Quelle oder Grundwasser herrührend mit sehr konstanter Temperatur, wird in eine Seewasserschicht von abweichender Temperatur hineinquellen, was

*) Mittelwert aus zweijährigen Beobachtungen.

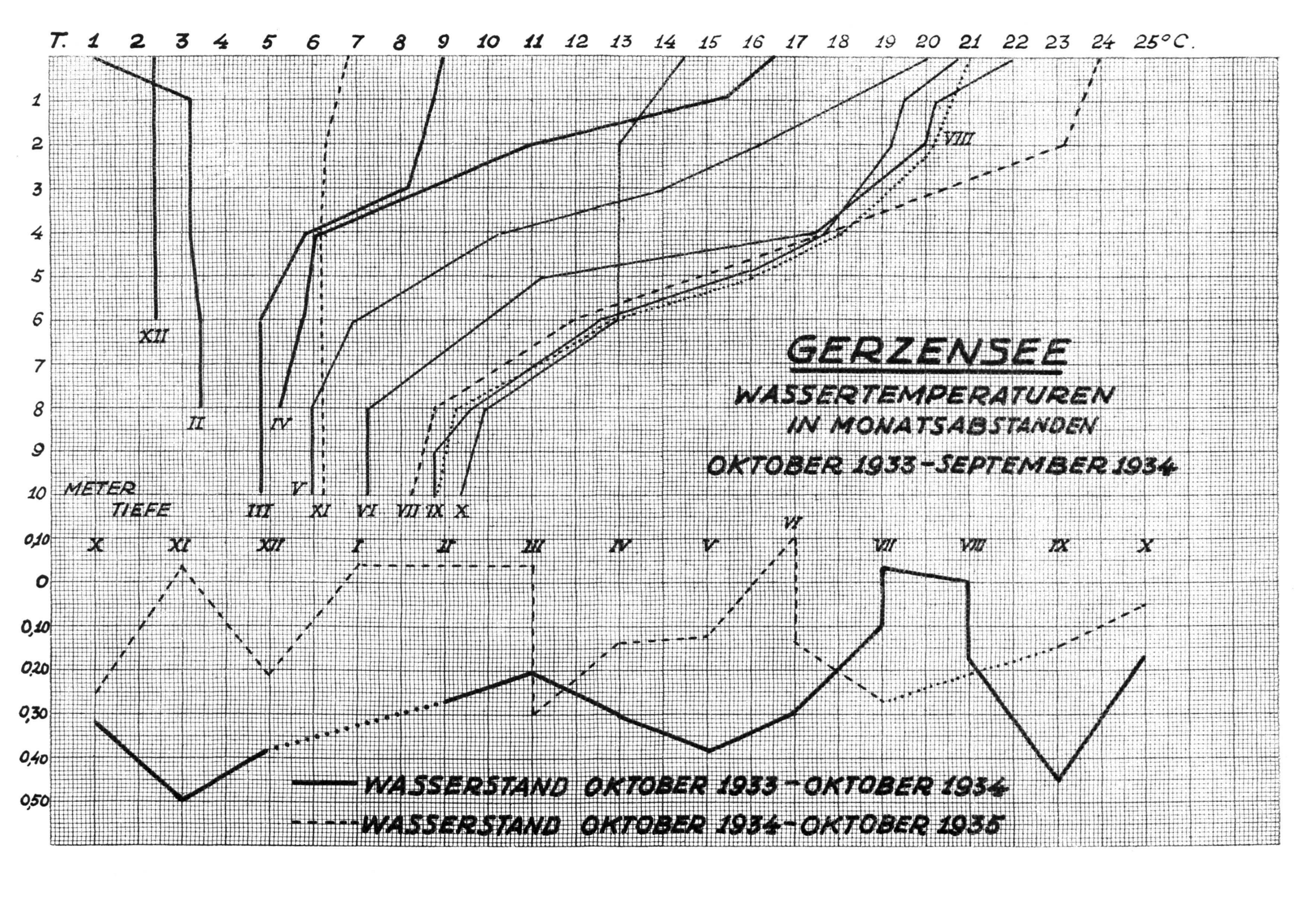
zu einer anormalen Erwärmung oder Abkühlung des Tiefenwassers führen muss.

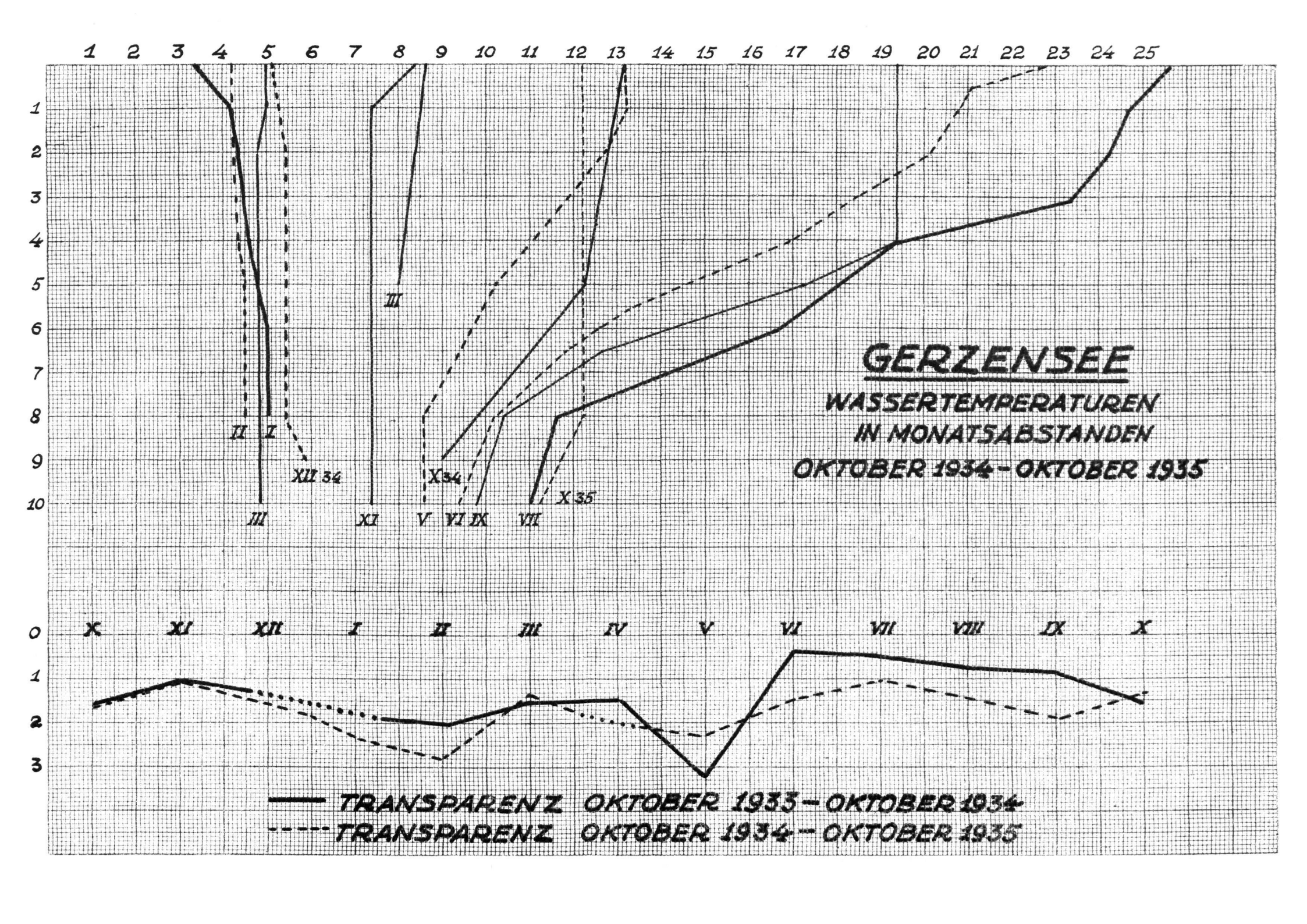
Je nach der Form und Lage eines Seebeckens, können die durch den Wind hervorgerufenen Strömungen (Wasserversetzungen) sich zu grösserer oder geringerer Stärke entfalten. Wind, der über einen See streicht, löst bekanntlich zwei Strömungen aus, die eine an der Oberfläche in der Windrichtung, die andere in der Tiefe in entgegengesetzter Richtung. Am Ufer, auf welches der Wind zuweht, wird Wasser angestaut, während die rückläufige Unterströmung das Gleichgewicht in der Wassermasse wieder herstellt. Diese Strömungen tragen sehr wesentlich zu der Durchmischung des Oberflächen- mit dem Tiefenwasser bei, und zwar ist die Durchmischung um so vollkommener, je kräftiger die Strömungen ausgebildet sind. In grossen, und namentlich in der Richtung der vorherrschenden Winde langgestreckten Seen, können sie sehr intensiv werden, während sie in kleinen Gewässern naturgemäss immer bedeutend schwächer und weniger ausgeprägt bleiben werden. In kleinen Seen in mehr oder weniger windgeschützter Lage, werden überhaupt keine Strömungen mehr ausgelöst, die für die Wasserdurchmischung von Bedeutung sind. Hier bleibt die aufgenommene Wärme zunächst in den oberen Wasserschichten, um infolge des schwachen Wärmeleitungsvermögens des Wassers, nur äusserst langsam auf die unteren Wasserschichten übertragen zu werden. Besonders A. DELEBEQUE (10, p. 150/153) hat, gestützt auf zahlreiche vergleichende Untersuchungen und thermische Messungen auf den Zusammenhang hingewiesen, der zwischen Form und Lage eines Sees und den thermischen Verhältnissen seines Tiefenwassers bestehen kann.

Unter anderem stützt er seine Ansicht auf die Verhältnisse verschiedener kleiner Seen im französischen Jura, deren Thermik von MAGNIN (26, 27, p. 57/58, 67/68, 110/111) untersucht worden war. Ich führe hier die drei folgenden Beispiele an:

	Max. Tiefe	Meter üb. Meer	Grösse	Oberfl. Temp.	Grund Temp.	Datum
Lac de Bar	22 m	238	6 ha 37 a	25,2° C*)	5,3° C	7. IX. 1895
Lac de Chavoley	17 m	330	14 ha 60 a	24,2° C	6,9° C	27. VIII. 1897
Petit Lac de Clairvaux	16 m	535	17 ha	18,0° C	7,3° C	17. VI. 1895

*) Das starke Temperaturgefälle beginnt bei 5 m Tiefe.


T. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25°C.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
METER
TIEFE
XII
II
IV
V
III
XI
VI
VII
IX
X
VIII
GERZENSEE
WASSERTEMPERATUREN
IN MONATSABSTANDEN
OKTOBER 1933 - SEPTEMBER 1934
0,10
0
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
X
XI
XII
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
WASSERSTAND OKTOBER 1933 - OKTOBER 1934
WASSERSTAND OKTOBER 1934 - OKTOBER 1935


GERZENSEE
WASSERTEMPERATUREN
IN MONATSABSTANDEN
OKTOBER 1934 – OKTOBER 1935
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
II I III XII 34 XI III V VI IX X34 VII X 35
0 1 2 3
X XI XII I II III IV V VI VII VIII IX X
TRANSPARENZ OKTOBER 1933 – OKTOBER 1934
TRANSPARENZ OKTOBER 1934 – OKTOBER 1935

Als Ursache für die abnormal tiefen Grundtemperaturen des Gerzensees fallen die Oberflächenzuflüsse nicht in Betracht. Sublacustre Zuflüsse können schon eher in Frage kommen; wenn auch ihr Vorhandensein nicht unbedingt abgestritten werden kann, so ist es mir bis jetzt doch nicht gelungen, solche nachzuweisen. Die ausgeprägte thermische und chemische Schichtung des Sees während der Sommerstagnation scheint mir auch gegen einen starken Wasserzustrom vom Grunde her zu sprechen. Ich bin am ersten geneigt, die relativ niedrige Grundtemperatur im Gerzensee ebenfalls auf eine geringe Wasserdurchmischung zurückzuführen. Der See liegt mit seiner N-S gerichteten Längsachse in einer Mulde eingebettet, welche durch die Höhen des Belpberges geschützt, fast vollständig im Windschatten der vorherrschenden W-Winde liegt.

4. Vereisung

Sobald die Herbst-Vollzirkulation ihrem Abschluss entgegengeht, und damit die ganze Masse des Seewassers auf 4° C abgekühlt ist, kommt der See alsbald in den Zustand der „Gefrierbereitschaft". Es braucht dann nur wenige klare, kalte Nächte, damit die Oberflächentemperatur 0° erreicht, und die Bildung einer zunächst dünnen Eisdecke möglich ist. Ihre Dicke ist in den ersten Tagen einige Millimeter, nimmt aber in der Folge rasch zu, vorausgesetzt natürlich, dass die Frostperiode andauert. Auf dem Gerzensee habe ich Eisdecken von 16—23 cm gemessen. Was die Struktur des Eises anbetrifft, so ist zu sagen, dass es zunächst, von einigen eingeschlossenen Luftblasen abgesehen, glasklar und von muscheligem Bruch ist. Im Verlauf einiger Wochen findet unter dem Einfluss der Luft und des Wassers eine Veränderung statt, die dahin führt, dass es in Bündel feiner Nadeln zerfällt, die dem Eise eine stäbchenförmige Struktur[12]) verleihen, „g'stäblet", wie es im Volksmund treffend bezeichnet wird. Diese innere Auflockerung ist auch der Grund, weshalb das Eis am Ende der Frostperiode bedeutend weniger fest ist. Die äussere Beschaffenheit des Eisfeldes wird von den Witterungsverhältnissen stark beeinflusst. Bei kaltem, klarem Wetter kann sie spiegelglatt und durchsichtig sein, aber schon vorübergehendes Tauwetter, ver-

[12]) Eine sehr eingehende Struktur-Beschreibung des Eises findet sich bei ARNOLD-ALABIEFF (2).

bunden mit Regen- oder Schneefall, geben dem Eisfeld eine rauhe, körnige Oberfläche. Weithin verlaufende Spalten durchsetzen die Eisdecke, welche auf die Kontraktion derselben zurückzuführen sind. Das „Arbeiten" des Eises macht sich auch hier durch ein dumpfes Rollen, das in ein klirrendes Geräusch ausklingt, bemerklich.

Leider liegen für den Gerzensee über die Dauer der Eisbedekkung keine fortlaufenden Aufzeichnungen vor. Im Winter 1933/34 ist der See am 14. Dezember zugefroren und war erst am 28. März wieder eisfrei, die Eisbedeckung hatte somit 77 Tage gedauert. Im Winter 1934/35 erfolgte die Uebereisung est am 3. Januar, am 28. Februar, also nach 57 Tagen, war das Eis verschwunden.

Fortlaufende Aufzeichnungen über den Zeitpunkt des Gefrierens und Auftauens eines Sees geben ein wertvolles Material zur Vergleichung der Witterungsverhältnisse verschiedener Winter, speziell auch zur Beurteilung, ob sie einen strengen oder milden Charakter hatten. Wenn auch bei kleinen Gewässern diesen Verhältnissen nicht die gleiche Bedeutung zukommt wie bei grösseren, so habe ich doch die Absicht, die Dauer der Eisbedeckung weiterhin zu verfolgen. Der Eisverschluss beginnt meist im südöstlichen, kleinen Becken, das eine geringere Tiefe aufweist als das grosse, tiefere, welches 1—2 Tage später vereist.

Endlich sei noch erwähnt, dass der früher regelmässig geübte Brauch, auf dem Gerzensee Eis zu brechen, heute infolge der veränderten wirtschaftlichen Verhältnisse ganz unterbleibt.

In biologischer Hinsicht kann eine lange Eisbedeckung nachteilig werden, wie THIENEMANN (44) für gewisse norddeutsche Seen (Krummensee und Ukleisee) nachgewiesen hat. Die Eisdecke verhindert eine genügende Belichtung, und ausserdem kann in gewissen Fällen (sehr starke Zersetzung) vom Tiefenschlamm aus eine O_2-Zehrung eintreten, die sich bis ins freie Wasser und sogar bis unter das Eis geltend machen kann. Ein solcher Zustand wird unter Umständen für die Fische verhängnisvoll. Im Gerzensee konnte ich leider unter Eis keine O_2-Bestimmungen ausführen (vergleiche Seite 60), jedoch haben weder ich noch andere Beobachtungen gemacht, die auf einen hochgradigen O_2-Rückgang im übereisten See hinweisen. Ausserdem habe ich O_2-Messungen in einem See von gleichem Typus (Amsoldingersee) gemacht, wo unter Eis im gesamten Seewasser kein O_2-Schwund nachzuweisen war.

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.

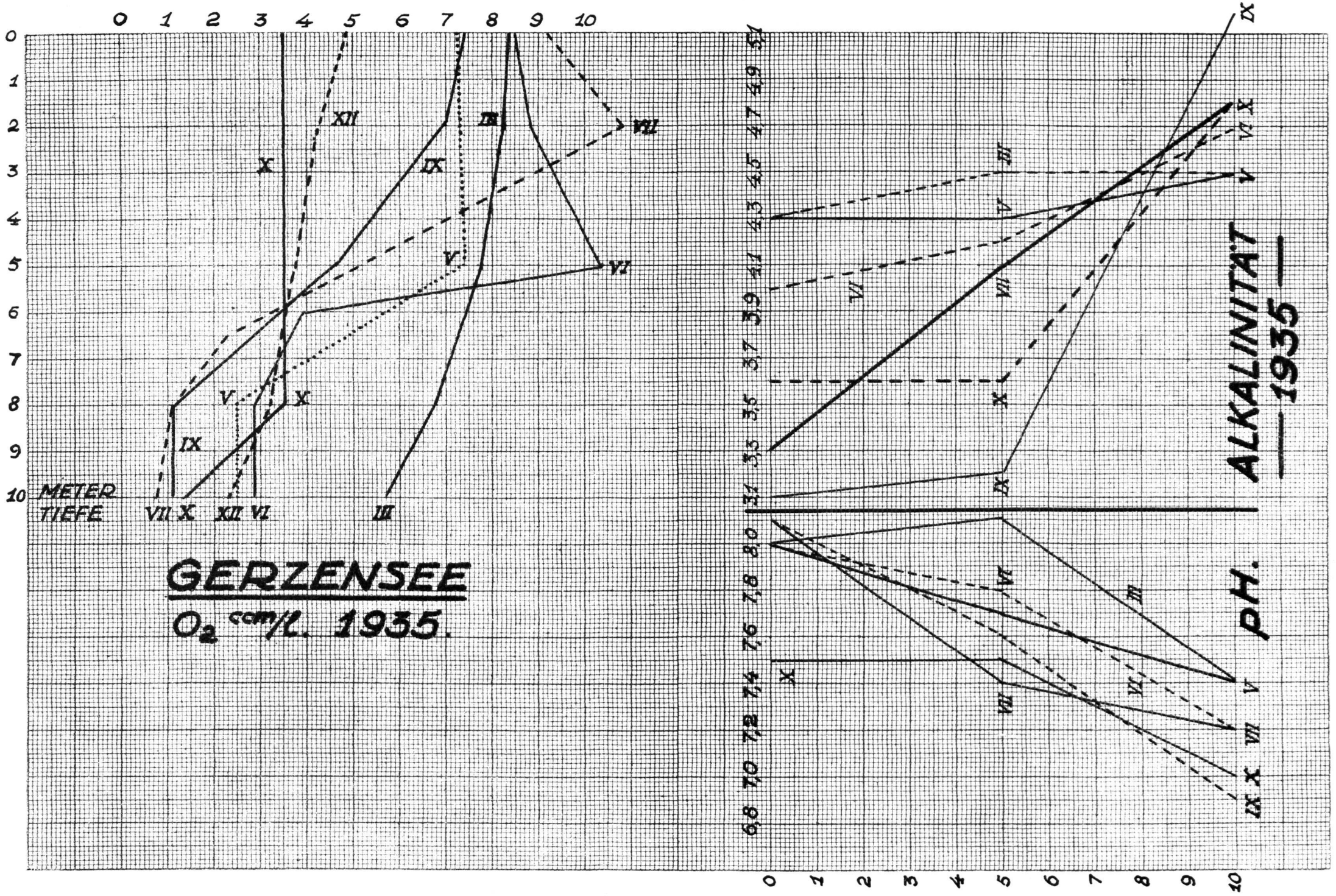
Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der ausgeglichene Höchstwert an Kalk im Frühjahr (März-Mai) gefunden wird, er ist aber wahrscheinlich schon im Januar oder Februar vorhanden, leider fehlen mir Beobachtungen aus dieser Zeit. Immerhin darf angenommen werden, dass der normale, biogen nicht oder doch 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.

öffnung hat einen Durchmesser von 16 cm, was einer Fläche von 200 cm^2 entspricht. Während der ganzen Beobachtungsdauer machte ich Vertikalzüge, welche jeweilen eine Wassersäule von 10 m durchfischten. Ausserdem habe ich während eines Jahres Horizontalzüge unter der Oberfläche, in 3 m und in 5 m Tiefe ausgeführt, um einige Anhaltspunkte über die horizontale Verteilung der Plankter zu bekommen.

Das Fangergebnis der Vertikalzüge aus 10 m Tiefe benutzte ich zur quantitativen Bestimmung des gesamten Planktons (Phyto- und Zooplankton). Die mit Formalin abgetöteten Fänge wurden in graduierten Röhrchen zur Sedimentation gebracht. Nach 48 Stunden notierte ich den aus verschiedenen Sedimentationsproben ermittelten Durchschnittswert in cm^3 als Gesamtplanktonproduktion des betreffenden Monats. Die Sedimentationsmethode ist nicht unbedingt genau, namentlich, wenn es sich darum handelt, Werte zur Beurteilung der absoluten Planktonproduktion eines Gewässers zu ermitteln, dafür müssten schon die Zählmethoden herangezogen werden. Allein hier handelt es sich nur darum, Vergleichswerte zu erhalten, die erlauben, wenigstens annähernd die gesamte Planktonproduktion der einzelnen Monate zu beurteilen.

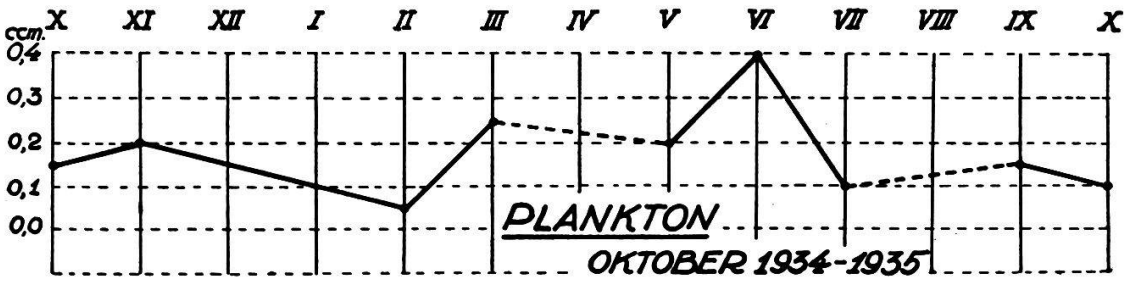


Fig. 3

Die Resultate sind in der Kurve in Fig. 3 zur Darstellung gebracht.

Zur Beurteilung der absoluten Produktionsmenge sind diese Zahlen, wie bereits gesagt, nicht geeignet, diese Frage soll hier auch nicht weiter erörtert werden. Die im Gerzensee hervorgebrachte Planktonmenge scheint, verglichen mit den Angaben, die von andern Seen ähnlicher Grösse und gleichen Typs vorliegen, nicht besonders ausgiebig zu sein. Immerhin ist bei solchen Vergleichen die allergrösste Vorsicht geboten, weil die Fangtechnik (Art des Netzes, Grösse der Netzöffnung etc.), durch welche die

Resultate sehr wesentlich beeinflusst werden, meist nicht genügend angegeben sind.

a) Das Phytoplankton

Da die Lebensbedingungen der Phytoplankter hauptsächlich von Temperatur- und Lichtverhältnissen beherrscht werden, so erscheint es durchaus verständlich, dass ihre Produktion im Gerzensee in den Monaten Dezember und Januar auf ein Minimum sinkt,*) um sich aber alsbald, parallel mit zunehmender Erwärmung des Wassers und den besseren Lichtverhältnissen im Frühjahr rasch wieder zu steigern. Den ganzen Sommer über, bis in den Herbst hinein, bleibt eine ziemlich intensive Planktonproduktion bestehen. Wir wissen auch, dass die pflanzlichen Organismen, speziell das Phytoplankton, auf den Chemismus der Gewässer einen wesentlichen Einfluss ausüben. (Vergleiche hierüber die Ausführungen auf Seite 52.) Dieser starke Einfluss ist besonders deshalb gut nachweisbar, weil das Phytoplankton, bedingt durch sein Temperatur- und Lichtbedürfnis einen mehr oder weniger begrenzten Tiefenhorizont einnimmt.

Durch horizontale Planktonfänge unter der Oberfläche, in 3 m, 5 m und gelegentlich 7 m Tiefe habe ich feststellen können, dass das Plankton zwischen 3 und 5 m [22]) besonders reichlich vorhanden ist, während sowohl im obersten Meter Wasser, als auch in der Tiefe von 7 m stets äusserst spärliche Planktonbesiedelung angetroffen wurde. Bei diesen Fängen wurde das Planktonnetz durch besondere Vorkehrungen jeweilen in der gewünschten Tiefe gehalten. Wenn auch diese Methode nicht Anspruch auf absolute Genauigkeit erheben kann, so erlaubt sie doch, sich ein richtiges Bild von der vertikalen Verteilung zu vermitteln. Um die vertikale Verteilung des Planktons restlos erfassen zu können, müsste

*) Es muss aber hier ausdrücklich hervorgehoben werden, dass die Nannophytoplankter, die leider in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden konnten, weil mir die notwendige Apparatur nicht zur Verfügung stand, auch in den Wintermonaten in recht ansehnlicher Menge im See vorhanden sein müssen, was bereits aus dem reichlich vorhandenen tierischen Plankton, auch zu dieser Jahreszeit geschlossen werden kann. Die Nannophytoplankter sind äusserst zarte und kleine Organismen, deren Bestimmung selbst am lebenden Material ausserordentlich schwierig ist. Es sind zahlreiche Gattungen, die fast ausschliesslich den Flagellaten angehören.

[22]) Vergleiche hierzu die Sauerstoffkurven.

man mit einer Planktonpumpe arbeiten, das so gewonnene zentrifugierte Material auszählen und die Resultate durch die sog. Lohmann'schen Kugelkurven zur Darstellung bringen. Die Untersuchung des Planktons in dieser Richtung war jedoch nicht im Rahmen meiner Studie vorgesehen.

Das Vorhandensein von Pflanzennährstoffen in einem See ist ein ebenso wichtiger Faktor, wie Temperatur und Licht. Im Lauf der Vegetationsperiode können gewissen Schichten die im Wasser gelösten Nährstoffe zeitweise entzogen werden, ohne dass sie dem See dauernd verloren gehen. Die Plankter sinken nach dem Absterben zum Grund hin, wo sie nach Umbildung durch Reduktionsprozesse, zu Beginn und am Ende der kalten Jahreszeit, infolge der Vollzirkulation, der gesamten Wassermasse als Nährstoff wieder zugeführt werden. Die Pflanzennährstoffe werden dem See aus der Region der Ufervegetation (Verlandungsbestände), aus welcher verwesende Pflanzenteile in das Wasser gelangen, zugeführt. Für den Gerzensee mag dies auch die einzige Nährstoffzufuhr von aussen her sein, da eigentliche Abwässer aus dem menschlichen Haushalte, die ihm wesentliche Mengen organischer Stoffe zuzuführen im Stande wären, nicht vorhanden sind.

Beurteilt nach dem Verlauf der biochemischen und biologischen Prozesse, besitzt der Gerzensee einen durchaus eutrophen Charakter.

Den nicht unwesentlichen Einfluss, welchen das meist intensiv gefärbte Phytoplankton auf die Wasserfarbe, sowie die Durchsichtigkeit ausübt, habe ich bereits in den entsprechenden Kapiteln, die von den physikalischen Eigenschaften des Seewassers handeln, besprochen.

Die Zusammensetzung des Phytoplanktons

Diese Zusammenstellung erhebt nicht den Anspruch auf absolute Vollständigkeit, sie soll mehr das zeitliche Vorkommen der im Gerzensee am häufigsten angetroffenen Phytoplankter während einer zweijährigen Beobachtungsperiode zum Ausdruck bringen.

Zur Bestimmung der Phytoplankter habe ich hauptsächlich PASCHER (35), nebst einiger weiterer Spezialliteratur benützt.

Cyanophyceen

Merismopedium tenuissima Lemm.[23]) Im Plankton über dem Seegrund im Juli bis Oktober in grosser Menge vorhanden, wo O_2-Mangel herrscht, mesosaprobe Zone.

Microcystis aeruginosa Kütz. Im Oktober reichlich im Plankton vertreten.

Spirulina spec. Ebenfalls im Spätsommer über dem Seegrund in Menge vorhanden, unter ähnlichen Bedingungen wie Merismopedium.

Oscillatoria spec. Intensiv blaugrüne, scheidenlose Fäden von 4,5 μ Breite, als einziger Phytoplankter im Dezember 1933 beobachtet.

Flagellaten

Chrysomonaden.

Mollomonas spec., Cryptomonas spec. und andere Gattungen, deren sichere Bestimmung nicht möglich war.

Infolge ihres massenhaften Vorkommens, namentlich in den Sommermonaten, kommt diesen Organismen eine gewisse produktionsbiologische Bedeutung zu.

Uroglena volvox Ehrenberg ist häufig im See vorhanden. um namentlich im Frühjahr (März) zu einer Massenentfaltung zu kommen. Es ist einer jener Organismen, der im Gerzensee die Durchsichtigkeit und die Farbe mitunter stark beeinflusst.

Dinobryon divergens Imhof tritt von Mai bis zum Herbst oft in grosser Menge auf.

Dinobryon sertularia Ehrenberg hatte einmal im Juni eine Massenentfaltung.

Peidineen.

Sie spielen in quantitativer Hinsicht die bedeutendste Rolle.

Ceratium hirundinella (O. F. M.) hat ein Maximum im Sommer von Juni bis September, um während den Wintermonaten fast vollständig aus dem Plankton zu verschwinden.

Die Formenmannigfaltigkeit von Ceratium hirundinella ist eine bekannte Erscheinung, die oft Gegenstand eingehender Untersuchungen war. HUBER-PESTALOZZI (21). Auch im Gerzensee hat dieser Plankter eine sehr grosse Variabilität, es gibt 3-

[23]) Herr Dr. W. Geitler in Wien hatte die Freundlichkeit, meine Bestimmungen nachzuprüfen, wofür ich ihm meinen besten Dank sage.

und 4 hörnige Formen, Abnormitäten und Kümmerformen sind mir ebenfalls begegnet.

Peridinium cinctum Ehrbg. erscheint sehr häufig von Juni bis Oktober.

Chlorophyceen

Protococcales.

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs habe ich im Juni und Juli häufig angetroffen, nur noch vereinzelt im Herbst.

Sphaerocystis Schroeteri Chodat meist vereinzelt zu verschiedenen Zeiten.

Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson sehr vereinzelt.

Chlorella spec. Chlorellen sind in den Sommermonaten oft in grossen Mengen vorhanden. Es sind Produzenten, denen im Haushalte des Sees eine bedeutende Rolle zukommen kann.

Chlamydomonas spec.

Diatomeen

Melosira italica Ktz. Diese Bacillariacee habe ich während der Zeit meiner Beobachtungen nicht im Plankton angetroffen, jedoch die Kieselschalen derselben im Grundschlamm gefunden.

Cyclotella melosiroides Lemm. und *Cyclotella comta Ktz.* werden beide häufig angetroffen.

Tabellaria fenestrata Ktz. var. intermedia Grun. ist im Gerzensee ein perennierender Plankter.

Als Besonderheit sei hier hervorgehoben, dass ich während der Zeit meiner Untersuchungen im Gerzensee weder im Plankton noch an den Aufwuchsplatten *Asterionella gracillima Heib.* gefunden habe.

Nur ganz vereinzelt habe ich von *Desmidiaceen* Vertreter der Gattungen *Cosmarium* und *Staurastrum* beobachtet, einmal auch *Pleurotaenium Ehrenbergii (Ralfs).*

Das Zooplankton

Die planktisch lebenden Tiere sind nach meinen Beobachtungen das ganze Jahr hindurch in verhältnismässig grosser Anzahl im Gerzensee vorhanden. Auf jeden Fall ist, im Gegensatz zum Phytoplankton, ein fast vollständiges Verschwinden während der Wintermonate nicht festzustellen. Das Zooplankton zeigt nicht ein-

mal eine wesentliche Verarmung unmittelbar nach der an Netz-Phytoplanktern sehr armen Zeit im Dezember und Januar. Dies ist auch weiter nicht erstaunlich, seitdem durch die Untersuchungen von Lohmann, Ruttner, Woltereck u. a. bekannt ist, dass das Phytonannoplankton als Nahrungsquelle für das tierische Plankton eine ausschlaggebende Rolle spielt. Es ist sogar experimentell festgestellt worden, dass die Haltung gewisser Planktontiere in Kulturen, nur bei Darreichung von Nannophytoplankton gelingt, während sie bei Verwendung von Netzphytoplankton misslingt.

Ferner ist vermittelst der Zählmethoden nachgewiesen, dass nach einer Massenproduktion des Nannophytoplanktons auch das tierische Plankton, infolge der optimalen Ernährungsbedingungen, einem Maximum zustrebt. (Vergl. die Arbeiten von Colditz*) und Lantzsch**).

Es ist nicht anzunehmen, dass die Tiere, die zwar O_2 verbrauchen und CO_2 an das Wasser abgeben, einen sehr tiefgreifenden Einfluss auf den Chemismus der Gewässer ausüben. Der Einfluss lässt sich schon deshalb nicht leicht nachweisen, weil die Tiere sich nicht ausschliesslich in einem Horizont aufhalten, sondern ziemliche Vertikalwanderungen ausführen, um ihren Licht- und Temperaturbedürfnissen zu genügen.

Für den Fischbestand ist das Zooplankton von ausserordentlicher Bedeutung. Dabei ist aber immer zu beachten, dass das pflanzliche Plankton die Urnahrung des Sees darstellt, von der das Zooplankton und die gesamte Tierwelt des Gewässers erhalten wird.

Die Zusammensetzung des Zooplanktons

Für die Bestimmungen wurde namentlich BRAUER (6) und RYLOW (39) benutzt.

Protozoen

Difflugia-Gehäuse habe ich nebst zahlreichen anderen Protozoen oft im Plankton angetroffen.

---

*) COLDITZ, F. V. Beiträge zur Biologie des Mansfelder Sees, mit besonderen Studien über das Zentrifugenplankton und seine Beziehungen zum Netzplankton der pelagischen Zone. — Zeitschrift f. wiss. Zoologie 108, 1914 (520—630) mit Figuren.

**) LANTZSCH, K. Studien über das Nannoplankton des Zuger Sees und seine Beziehung zum Zooplankton. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 108, 1914 (631—692) m. 6 Fig.

Ciliaten

Coeleps hirtus Ehrenb. Vereinzelt meist im Plankton vorhanden, zeitweise sehr häufig, zuweilen sogar in Massen auftretend, so z. B. im Oktober 1935.

Rotatorien

Diese Klasse von Organismen spielen quantitativ im Limnoplankton eine ganz bedeutende Rolle.

Anuraea aculeata (Ehrenberg) häufig, aber nicht so zahlreich wie A. cochlearis.

Anuraea cochlearis (Gosse) ist ein ausgesprochen perennierender Plankter.

Notholca longispina (Kellicott).

Polyarthra trigla (Ehrenberg).

Rattulus capucinus (Wierzejski et Zacharias).

Triarthra longiseta (Ehrenberg).

Mit Ausnahme von *Anuraea cochlearis* und *Polyarthra,* die das ganze Jahr hindurch mehr oder weniger häufig im Plankton vertreten sind, zeigen die anderen Gattungen ihre Hauptentfaltung vom März bis zum Spätherbst.

Crustaceen

Cladoceren.

Daphnia longispina (O. F. Müller).

Bosminia longirostris (O. F. Müller).

Diese beiden Cladoceren stellen das ganze Jahr hindurch den Hauptbestand des Zooplanktons dar. Daphnia scheint im Sommer häufiger zu sein als im Winter.

Copepoden.

Diaptomus gracilis Sars. das ganze Jahr häufig im Plankton.

Cyclops-Arten.

Insekten

Corethra plumicornis = Sayomya. Die Larven von Corethra habe ich im August und September öfters im Plankton beobachtet. Diese planktisch lebenden Larven der Büschelmücke sind gefrässige Räuber, die mit einem minimalen Sauerstoffgehalt des Wassers auskommen. Sie halten sich meist in tieferen Wasserschichten auf.

2. Die Vegetation der Uferzone [24])

Der Gerzensee wird fast lückenlos von einem Schilfgürtel *(Phragmites communis Trin.)* umschlossen, der im allgemeinen in der Breite wenig ausgedehnt ist, und in welchem die Phragmites-Stengel auch keine besondere Ueppigkeit und Höhe erreichen. Nur in der N-Ecke des Sees habe ich Halme von 2,5 bis 3,3 m gemessen. Uebrigens ist die Entwicklung des Schilfes in jedem Jahr sehr verschieden. Unter den charakteristischen Begleitpflanzen des Phragmitetums sind hier die folgenden vertreten:

Iris Pseudacorus L.
Polygonum amphibium L.
Lychnis flos cuculi L.
Lythrum Salicaria L.
Angelica silvestris L.
Peucedanum palustre (L.) Mönch.
Lysimachia vulgaris L.
Convolvulus sepium L.
Mentha aquatica L.
Lycopus europaeus L.
Solanum Dulcamara L.

Equisetum limosum L. und *Thypha latifolia L.*, beide nur am N-Ufer.

An einigen Stellen wird *Phragmites communis* durch *Cladium Mariscus R. Br.* ersetzt, oder durch *Scirpus lacustris L.* vorgelagert. Da und dort schieben sich auch Grosseggen zwischen das Schilf und fördern, namentlich durch die von *Carex stricta Good.* gebildeten Bülten sehr stark den Verlandungsvorgang. Am N-Ufer ist auch *Carex pseudocyperus L.* in dieser Formation vertreten. Die dem Röhricht vorgelagerte Seerosenzone *(Nymphaeetum* und *Nupharetum)*, die 4—6 m breit ist, umgibt den See ebenfalls fast vollständig und rückt bis zu einer Wassertiefe von 3—4 m vor. Sowohl die weissen, als auch die gelben Seerosen *(Nymphaea alba L., Nuphar luteum Sm.)* gelangen hier zu einer besonders reichen, üppigen Entwicklung. Schon Ende März, wenn das Wasser noch kalt ist (Oberfläche 9,0° C, 2 m 8,3° C, 4 m 5,4° C) treibt *Nuphar* die noch eingerollten Blätter gegen die Wasseroberfläche, wo sie Mitte April erscheinen, (Oberfläche 16,2° C, 2 m 11,0° C, 3 m 8,4° C, 4 m 6,0° C) zu einer Zeit, wo *Nymphaea* noch fast vollständig in der Winter-

[24]) Die Exkursionen, welche speziell der Untersuchung der Vegetationsverhältnisse des Gerzensees gewidmet waren, wurden ausgeführt am 29. April, 1. Juni, 7. und 31. Juli und 15. September 1934, 20. April und 1. Juni 1935. Aus Gründen der Raumersparnis kann hier selbstverständlich nicht die gesamte Florenliste angeführt werden. Diese wird in Form eines Zettelkataloges, nebst zahlreichen Herbar-Belegexemplaren dem Botanischen Institut zur Archivierung übergeben werden.

ruhe verharrt. Fast drei Wochen später erst, gegen Mitte Mai, wenn die Wassertemperaturen beträchtlich höher sind, (Oberfläche 20° C, 1 m 18° C, 3 m 14° C), erscheinen die im Jugendstadium noch rotbraunen Blätter der weissen Seerosen auf dem Wasserspiegel. Die ebenfalls zu den Limnophyten gehörenden Laichkräuter sind im Gerzensee nur sehr spärlich vertreten. *Potamogeton lucens L.* ist nur an zwei engbegrenzten Stellen angesiedelt. Einzig im zirka 2—2,5 m breiten und zirka 0,5—0,8 m tiefen Verbindungsgraben [25]) zwischen kleinem und grossem See, östlich der Landzunge, hat sich dieses Gewächs reichlicher entwickelt.

Weiterhin ist noch das vollständige Fehlen der Characeen im See hervorzuheben.

Die freischwimmenden Pflanzenvereine (Pleustonten) sind hauptsächlich durch *Myriophyllum verticillatum L.* und *Myriophyllum spicatum L.* vertreten. Infolge massenhafter Entwicklung sind am SO-Ende des Sees oft mehrere Quadratmeter grosse Wasserflächen von dieser Pflanze vollständig bedeckt. In der Nähe der Mündung des Langetenbaches ist noch das Vorkommen von *Utricularia vulgaris L.* zu registrieren, leider scheint aber diese Pflanze hier keine Blüten zu bilden.

Der Schilfgürtel ist landeinwärts von Sumpfwiesen wechselnder Breite umgeben, deren Rand gegen das kultivierte Wiesen- und Ackergelände hin von einzelnen Baumgruppen und mehr oder weniger zusammenhängendem Buschwerk bestanden ist. Die Sumpfwiesen werden von einem Seggenrasen (Parvocaricetum) gebildet, in welchem *Carex panicea L.* ganz vorherrschend ist. Sehr häufig ist hier auch *Carex flava L.* Im Laufe der Vegetationsperiode zeigen sich diese Sumpfwiesen in sehr verschiedenen Aspecten. Ich gebe hier eine kurze Aufzählung der vorherrschenden und bemerkenswerten Pflanzen:

Im Frühjahr treten zunächst die folgenden Pflanzen auf: *Caltha palustris L.*, besonders häufig an jenen Stellen, wo das Strictetum in das Parvocaricetum übergeht, so z. B. am NO-Ufer. *Cardamine pratensis L.* und *Cardamine amara L.* Etwas später folgen: *Lychnis Flos cuculi L.*, *Polygala amarella Crantz*, *Ajuga reptans L.*, sehr häufig mit rötlichen Blüten. *Rhinanthus Crista-galli L.*, *Valeriana dioica L.*, an manchen Stellen vorherrschend.

[25]) Dieser Graben ist auf der Karte des topogr. Atlasses nicht eingetragen.

Im Sommer: *Ranunculus Flammula L.*, namentlich am NO-Ufer an kleinen Gräben. Die Rüsterstaude *Filipendula Ulmaria (L.) Maximovicz* ist im ganzen Gebiet sehr verbreitet. *Potentilla erecta (L.) Hampe*, bis in den Herbst hinein. Der Wassernabel, *Hydrocotyle vulgaris L.* ist an verschiedenen Stellen längs des O-Ufers in üppig gedeihenden Kolonien vertreten. Ferner *Linum catharticum L.*, *Lysimachia Nummularia L.* und *Prunella vulgaris L.*

Das Ufergebüsch wird hauptsächlich von Weidensträuchern gebildet. Es sind: *Salix cinerea L.*, *S. nigricans Smith*, *S. purpurea L.* u. a. m. nebst zahlreichen Bastarden. Ausserdem treffen wir hier *Alnus*, aber nur in vereinzelten Exemplaren, ferner *Crataegus Oxyacantha L.*, *Sorbus aucuparia L.*, *Prunus Padus L.*, *Ligustrum vulgare L.*, *Viburnum Opulus L.*, vereinzelt auch *Evonymus europaeus L.* Von grösseren Bäumen, die einzeln am Seeufer auftreten, sind zu nennen: *Populus alba L.*, *P. nigra L.* (*Populus tremula L.* kommt nur in vereinzelten Exemplaren vor). *Salix pentandra L.*, von dieser Weide steht am N-Ende des Sees, in der Nähe der Bootshäuser ein besonders schönes, grosses Exemplar.

Am O-Ufer beherrschen Birken, die dort eine kleine Gruppe bilden, das Landschaftsbild. Auf der W-Seite des Sees, unterhalb des Landgutes „Freudheim" breitet sich ein Eschenwäldchen aus. Diese beiden kleinen Gehölze bilden den Mittelpunkt des Vogelschutzgebietes Gerzensee. Während die Birke im übrigen Ufergebiet nicht häufig ist, trifft man die Esche (*Fraxinus exelsior L.*) sehr zahlreich an.

Von den Pflanzen, welche hauptsächlich im Frühjahr in diesen Ufergebüschen erscheinen, seien hier die folgenden, nach ihrem zeitlichen Auftreten geordnet, genannt:

Anemone nemorosa L.
Glechoma hederaceum L.
Fragaria vesca L.
Primula elatior (L.) Schreber
Ranunculus Ficaria L.
Ranunculus auricomus L.
Geum rivale L.
Paris quadrifolia L.
Polygonatum multiflorum (L.) All.

Ausschliesslich im Birkenwäldchen, am O-Ufer des Sees, findet sich: *Majanthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt*, *Pirola rotundifolia L.*, *Vaccinium Vitis idaea L.* und *Dryopteris austriaca ssp. spinulosa (Müller) Schinz*. *Symphytum officinale L.* findet sich nur am SO-Ende des Sees vereinzelt im Weidengebüsch.

Am S-Ende des Sees ist der Uferrand zwischen Wasserspiegel und Röhricht dicht bemoost. Dieser Moosteppich wird der Hauptsache nach von *Acrocladium cuspidatum (L.)* gebildet, in welchem auch *Mnium Seligieri Jur.* vorkommt.[26])

Auf diesen moosigen Uferpartien treten die folgenden Pflanzen auf:

Epilobium hirsutum L.
Myosotis scorpioides L. em. Kill.
Scutellaria galericulata L.
Mentha aquatica L.
Lycopus europaeus L.
Galium palustre L.
Taraxacum officinale Weber

Am W-Ufer des Sees, gegenüber der Landzunge, sowie auf dieser selbst, ist der Boden schon bedeutend trockener geworden, und die Riedgräser sind dem Besenried *(Molinia coerulea Mönch)* gewichen, das nun als Schlussglied der Verlandung hier das Feld beherrscht. Die violetten, erst im August blühenden, Rispen von *Molinia* geben der Uferlandschaft im Spätsommer ein ausserordentlich charakteristisches Bild.

Als Begleitpflanzen des Molinietums habe ich festgestellt: Im Frühjahr ein massenhaftes Auftreten von *Geum rivale L.*, wenn von *Molinia* noch wenig oder gar nichts zu bemerken ist. Es folgen später:

Orchis maculatus L. und *latifolius L.*, aber nur vereinzelt.
Sanguisorba officinalis L.
Filipendula Ulmaria (L.) Maxim, in grosser Menge.
Stachys officinalis (L.) Trevisan.
Euphrasia Roskoviana Hayne und *Succisa pratensis Mönch.*

Diese beiden letztgenannten Pflanzen erscheinen im Spätsommer sehr zahlreich. Im Seewinkel, auf der SO-Seite der Landzunge, greifen die von Phragmites, *Carex* und kleinen *Salix*-Sträuchern bewachsenen Uferpartien auf die Wasseroberfläche über und bilden so einen eigentlichen Schwingrasen (verschilfter Schwingrasen). Es sind schmale Streifen beweglichen Bodens, welche die Neigung haben, sich vom „festen Ufer" abzulösen. Ihre gänzliche Abtrennung wird jedoch durch das Wurzelwerk der Weiden verhindert. An diesen Stellen findet sich auch der Sumpffarn, *Dryopteris Thelypteris (L.) A. Gray.*, in grossen, zirka 80 cm hohen Exemplaren, während hier merkwürdigerweise, wie im ganzen übrigen Seegebiet der Fieberklee *Menyanthes trifoliata L.* fehlt.

[26]) Für die Bestimmung der Moose habe ich Herrn CHARLES MAYLAN in Ste-Croix zu danken.

Auf der O-Seite des kleinen Seebeckens sind 5 m vom Ufer landeinwärts zirka 50 cm tiefe Wasserlöcher, deren Rand von *Carex stricta*-Bülten und vereinzelten *Phragmites*-Stengeln bestanden ist. In den Löchern selbst haben sich weisse Seerosen und Myriophyllu angesiedelt. Hier ist auch der einzige Ort im ganzen Seege , wo ich Characeen *(Chara fragilis Desvaux)* angetroffen hab Die zwischen den Wasserlöchern und dem See liegende Ufer tie ist naturgemäss ebenfalls schwingender Boden, in welchem ch der Sumpffarn vorkommt.

3. Die Mikrophyten

Flottierende Algenrasen sind nur selten und spärlich im Gerzensee entwickelt. *Spirogyra-* und *Zygnema*-Watten treten hie und da in kleinen Uferwinkeln auf. Gelegentlich einmal, im frühen Frühjahr im kleinen Seebecken gefundene, dunkel-blaugrüne Rasen, die sich hauptsächlich aus *Oscillatoria princeps Vauch**) und *O. limosa Ag.**) nebst einer Spirulina zusammensetzten, waren mutmasslich vom Langetenbach her ins offene Wasser eingeschwemmt worden. Dagegen ist an *Phragmites-* und *Scirpus*-Stengeln, sowie in den submersen Wiesen von *Myriophyllum*, ein sehr reichlicher Aufwuchs [27]) an Mikrophyten festzustellen, der fast ausschliesslich aus Diatomen besteht. Diese bilden jedenfalls den Hauptbestandteil des organogenen Teils der Kalkkrusten, von welchen die Wasserpflanzen überzogen sind.

Der auf *Myriophyllum* gebildete Belag enthielt z. B. die folgenden Diatomeen: [28])

h*) *Cocconeis placentula var. euglypta* (Ehr.) Cleve
h *Cymbella cistula (Hemprich) Grun.*
Cymbella maculata Kütz.
Cymbella ventricosa Kütz.
Epithemia spec
Eunotia arcus Ehrenberg.
Gomphonema capitatum Ehr.
Gomphonema constrictum Ehr.
Microneis microcephala Cl.
Rhopalodia parallela (Grun) O. Müll.

*) Für die Bestimmung habe ich Herrn Dr. L. GEITLER zu danken.

[27]) Der Begriff Aufwuchs wurde von SELIGO (1905) geprägt. Wie WILLER (51) unterscheide ich Aufwuchs und Bewuchs. Aufwuchs = Aufwuchs auf untergetauchten lebenden Organismen. Bewuchs = Aufwuchs auf toten Gegenständen.

[28]) Die Nachprüfung meiner Bestimmungen hat Herr FR. MEISTER in Horgen in dankenswerter Weise vorgenommen.

*) Die mit h bezeichneten Formen waren besonders zahlreich im Belag vertreten.

Um das Bild der im Bewuchs vorkommenden *Diatomeen* zu vervollständigen, seien hier noch die Formen genannt, die im Belag einer in den See gehängten, mit Objektträgern beschickten Glasplatte gefunden wurden. Die Tauchzeit war 3—4 Wochen, die Tauchtiefe variierte zwischen 50—80 cm. Ich wähle die Platte, die vom 16. Juni bis 14. Juli 1934 in zirka 80 cm Tiefe im Wasser hing. In dieser Zeit waren die Wassertemperaturen 20—23° C, die Durchsichtigkeit nur 0,43 m. Im ziemlich dichten, graulichen Belag fanden sich:

Cocconeis placentula (Ehr.)	*Gomphonema Acuminatum Ehr.*
h *Cymbella cistula (Hemprich) Grun.*	*Gomphonema olivaceum Kütz.*
h *Cyclotella comensis Grun.*	*Microneis microcephala Cl.*
Denticulata elegans Kütz.	*Navicula oblonga Kütz.*
Eunotia praerupta Ehr.	*Rhopalodia parallela (Grun.) O. Müller*

h *Synedra acus var. Ostenfeldii Krieger,* in sternförmigen Kolonien auftretend.

Herr Fr. Meister, der diese Form untersucht hat, berichtet, dass dieselbe für die Schweiz neu sei, und sie bisher nur in einer Reihe von norddeutschen eutrophen Seen gefunden worden sei.

Synedra nana Meister und *Tabellaria fenestrata var. intermedia Grun.*

Im Bodenschlamm der Uferregion (hier Seekreide) habe ich in 2—3 m Wassertiefe die folgenden Bacillariaceen lebend, d. h. mit braunem, unversehrtem Chromatophor, gefunden, wonach anzunehmen ist, dass sie hier wirklich autochton sind.

Amphora ovalis Kütz	*Navicula oblonga Kütz*
Cyclotella comta (Ehr.) Kütz	*Navicula tuscula (Ehr.) Grun.*
Diploneis ovalis (Hilse) Cleve	*Surirella biseriata Bréb.*
Gyrosigma attenuatum (Kütz)	

Im Grundschlamm der aphotischen Region fand ich nur Kieselschalen, nie lebende Diatomeen. Hingegen habe ich feststellen können, dass am Seegrund in 10 m Tiefe, oder doch in der unmittelbar über dem Seeboden liegenden Wasserschicht Schizophyceen vorkommen, da diese Organismen durch die Schöpfapparate aus jener Tiefe gefördert wurden.

Es handelt sich namentlich um *Merismopedia tenuissima Lemm,*[29]) die in rosavioletten, schlierenartigen Massen auftritt und meist mit einer *Spirulina spec.*[30]) vergesellschaftet ist. Es

[29]) Diese Bestimmung verdanke ich Herrn Dr. L. GEITLER in Wien.

[30]) Die Masse dieser Spirulina, deren sichere Bestimmung mir nicht gelang,

sind saprophile Organismen, die sowohl in reinem, als auch verschmutztem Wasser leben können. In stark mit organischen Substanzen beladenem Wasser können dieselben in ihrem Gedeihen oft derart gefördert werden, dass eine Massenentwicklung auftritt.

Dies bestätigt sich am Gerzensee, da während der Zeit des reichlichen Auftretens von *Merismopedia* und *Spirulina,* in den Monaten Juli bis Oktober, das Tiefenwasser mit zersetzlichen organischen Substanzen stark beladen und infolgedessen auch O_2-arm war.

Ich behalte mir vor, in einer späteren Arbeit auf die Mikrophyten der Litoral- und Profundalzone des Gerzensees, die ich sehr eingehend untersucht habe, im einzelnen zurückzukommen. Dort wird über die Zonierungs- und Produktionsverhältnisse der lebenden, sessilen Mikroflora zu berichten sein. Diese Resultate sind vermittelst der von HENTSCHEL (20) eingeführten Platten-Methode[31]) und dem Schlammstecher oder Profillot gewonnen worden, ihre statistische Durcharbeitung wird aber noch geraume Zeit erfordern. In diesem Zusammenhang sei noch einiges über die Beschaffenheit des Seebodens im allgemeinen gesagt.

4. Die Beschaffenheit des Seebodens

Der Grundschlamm des Gerzensees ist von kolloidaler Beschaffenheit und hell- bis dunkelgrauer Farbe. Eine Schichtung ist infolge koprogener Umarbeitung nicht zu erkennen. Der Gehalt an Kalziumcarbonat ($Ca\,CO_3$) aus dem Gesamtkalk gerechnet ergibt 77,50 %. Im übrigen zeigt die Analyse[32]) des Tiefenschlammes die folgenden Werte:

Glühverlust (org. Subst.) + H_2O + CO_2 .	43,9 %	
CO_2	33,7 %	96,25 %
Organische Substanz + H_2O . . .	10,2 %	
SiO_2	8,92 %	
$Ca\,O$	43,43 %	

waren die folgenden: Breite 6 μ, Länge der Spirale bis 100 μ, Länge einer Windung 18 μ, Farbe gelb-braun.

[31]) Herrn Prof. Dr. H. ERHARD in Freiburg (Schweiz) und seinem Assistenten, Herrn Dr. RIEDER, habe ich für nützliche Mitteilungen betreffend die Technik der Plattenmethode zu danken.

[32]) Für die Durchführung der Analysen verschiedener Schlammproben bin ich Herrn Prof. Dr. E. HUGI, Direktor des Minerologischen Institutes der

Die Schlammprobe, welche zur analytischen Verarbeitung verwendet wurde, stammte aus der Seemitte und war am 17. November 1934 in 10 m Tiefe gefasst worden. An geformten Bestandteilen lässt eine mikroskopische Untersuchung sehr zahlreiche, optisch einachsige Kalkspatkristalle erkennen. Ferner Schuppen von Schmetterlingsflügeln und sehr vereinzelte *Crustaceen*-Panzer. Aber ausser diesen beherrschen die Kieselschalen abgestorbener *Bacillariaceen* das mikroskopische Bild vollständig, während erkennbare Zellulose-Fragmente von Grünalgen und *Peridineen,* sowie Fragmente der litoralen Makrophyten äusserst selten und spärlich nachgewiesen werden konnten. Ein grosser Teil der organischen Suspensionen erreicht den Seeboden überhaupt nicht, indem sie der Zerstörung schon während des Absinkens anheimfallen oder in das Oberflächenhäutchen gelangen. Pollenkörner, planktische *Cladoceren* und Wasserblüten sinken an sich langsam ab, gelangen sie aber in die Oberflächenhaut, so werden sie dort durch die Atmosphaerilien zerstört oder nach dem Ufer abgedriftet. Die absinkenden organischen Bestandteile werden teilweise durch die im Wasser schwebenden Bakterien angegriffen. Was schliesslich von diesem „Regen" organischer Substanzen noch auf den Boden des Gewässers gelangt, steht unter besonderen physikalischen Verhältnissen, namentlich erhöhtem Druck und infolgedessen auch vermehrter Lösungsfähigkeit der meist in dieser Zone angereicherten CO_2, Faktoren, welche nekrobiotische Vorgänge beschleunigen. Die im Profundal lebenden, schlammbewohnenden Organismen, wie *Tubifex, Nematoden* und *Chironomus*-Larven, setzen dieses Zerstörungswerk fort, indem sie die pflanzlichen und tierischen Reste als Nahrung aufnehmen, wodurch diese, nach oft wiederholten Darmpassagen, grösstenteils koprogen[33]) umgewandelt sind. Ausserdem findet durch die in der Tiefe oft massenhaft vorkommenden Bakterien, namentlich in der obersten Schlammschicht unter aeroben Verhältnissen (Gegenwart von O_2), eine ausserordentlich intensive Zersetzung der organischen Substanz statt, die zur völligen Mineralisation führt. Im Innern des Schlammes herrschen anaerobe Verhältnisse, unter welchen aber die Verwesung nicht bis zum

---

Universität Bern und seinem Assistenten, Herrn FRANZ STACHEL, zu bestem Dank für ihre Bemühungen verpflichtet.

[33]) Bezeichnung, die durch HAMPUS v. POST 1862 in der Wissenschaft eingeführt worden ist.

Zerfall in die anorganischen Urstoffe führen kann. Hier spielen die schlammbewohnenden Organismen eine wichtige Rolle. Es sind namentlich die roten, zirka 1,5 mm. langen *Chironomus*-Larven, die immer neuen, noch mit organischen Resten beladenen Schlamm an die Oberfläche befördern, und so der mineralisierenden Tätigkeit der Bakterien zuführen. Aus diesen angeführten Gründen wird es durchaus verständlich, dass Reste geformter organischer Substanzen nur selten bei der mikroskopischen Untersuchung des Grundschlammes angetroffen werden.

Der Grundschlamm des Gerzensees ist vorherrschend von Materialien planktogenen Ursprungs erfüllt. Es sind Kieselschalen von Diatomeen, sowie koprogen umgewandelte Pflanzen- und Tierreste. Ausserdem enthält er noch erhebliche Mengen unzersetzter organischer Stoffe. Dieser Grundschlamm kann also, seinen Eigenschaften entsprechend, als „Gyttia“ [34]) bezeichnet werden.

In der Litoralzone, namentlich an der O-Seite des Sees, wo das Ufer flacher nach dem See hin abfällt, wird der Seegrund von eigentlichen lacustren Kalken gebildet, die hauptsächlich organogenen Ursprungs sind. Der Gehalt an Kalziumcarbonat ($Ca\,CO_3$) aus dem Gesamtkalk gerechnet, beträgt 83,2 %, was bereits demjenigen einer Seekreide entspricht (80 % und mehr).

Im übrigen ergibt das Analysenresultat dieser Seekreide die folgenden Werte:

Glühverlust (org. Subst.) + H_2O + CO_2 .	48,90 %	
CO_2	36,50 %	97,65 %
Organische Substanz + H_2O . . .	12,40 %	
SiO_2	2,15 %	
CaO	46,60 %	

Die Probeentnahme für die obige Analyse erfolgte am O-Ufer des Gerzensees in zirka 3 m Tiefe am 17. November 1934.

Der Tiefenschlamm unterscheidet sich, wie die nachstehende Zusammenstellung der Analysenresultate zeigt, vom Uferschlamm durch geringeren Kalk- und bedeutend grösseren Kieselgehalt.

	Tiefenschlamm	Seekreide der Uferbank
Glühverlust	43,9	48,9
SiO_2	8,92	2,15
CaO	43,43	46,6

[34]) Das Wort ist aus der schwedischen Sprache in die wissenschaftliche Terminologie eingeführt worden.

Der hohe Kieselgehalt des Tiefenschlammes ist durch seinen enormen Gehalt an *Diatomeen*-Schalen, — besonders *Cyclotellen* und *Melosira* — bedingt, die aus dem absinkenden Plankton herrühren.

Auch in der Seekreide lassen sich mikroskopisch sehr zahlreiche optisch einachsige Kalkspatkristalle nachweisen, sie scheinen jedoch etwas grösser zu sein als diejenigen im Tiefenschlamm. Ausserdem finden sich hier bisweilen zahlreiche Cellulosereste, wie Zellwände, Gewebefetzen usw., die grösstenteils von den Makrophyten des Verlandungsgürtels herrühren. Ferner auch Pollenkörner verschiedener Pflanzengattungen, vorwiegend aber von Picea und Pinus, die von der sedimentierten „Seeblüte" des Frühjahrs herrühren. In der Seekreide finden wir ausser abgestorbenen auch lebende *Diatomeen*, die letzteren habe ich schon bei den Mykrophyten behandelt. Diese weisslich-grauen Seekreide-Ablagerungen sind von enormen Mengen Schneckenschalen und deren Fragmenten durchsetzt. Die hier vertretenen *Mollusken*-Gattungen werde ich im letzten Abschnitt dieser Arbeit zusammenstellen und besprechen.

Leider habe ich noch nicht Zeit gefunden, durch Bohrungen die Mächtigkeit der Seekreide festzustellen, ich hoffe aber meine Untersuchungen schon demnächst in dieser Richtung zu ergänzen.

Faunistische Beobachtungen

Die hier mitgeteilten Beobachtungen erheben natürlich keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, sie sollen nur als Beitrag zur Kenntnis der Fauna des Gerzenseegebietes dienen.

Protozoen

Arcella
Difflugia
Actinophrys
Vaginicola
Vorticella

Graspedophrya rotunda Hentschel forma typica, eine Suctorie, die selten vorhanden war.

Alle diese Tiere waren verhältnismässig spärlich an den Glasplatten vertreten, die ich zur Untersuchung der Mikrophyten verwendet habe.[35])

[35]) Herr Dr. J. RIEDER, Assistent am Zoologischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz), der sich speziell mit der Aufwuchsfauna beschäftigt,

Würmer

Nematoden sowohl im Grundschlamm der Tiefe und der Uferregion, als auch im Aufwuchs an den Glasplatten vertreten.

Mollusken [36])

Den Mollusken habe ich besondere Aufmerksamkeit zugewendet, und es dürfte das hier zusammengestellte Material auf ziemliche Vollständigkeit Anspruch erheben.

Gastropoden

Limnaea stagnalis L., vereinzelt am O-Ufer beobachtet.

Limnaea truncatula O. F. Müller, massenhaft in der Seekreide.

Limnaea palustris Müll. var. corvus Gm., hie und da am O-Ufer des Sees gesammelt.

Limnaea ovata Draparnaud, ziemlich häufig in der Seekreide.

Planorbis carinatus O. F. Müller, in der Seekreide sehr häufig.

Bythinia tentaculata L., in einigen, relativ kleinen Exemplaren im Grundschlamm nachgewiesen.

Valvata piscinalis alpestris (Blauner) Kst. Die Abart Alpestris kommt namentlich im Schlamm der Alpenseen vor und scheint in der Gegenwart stark zurückzugehen. (Briefl. Mitteil. von Herrn Dr. W. Küenzi).

Bivalvaten

Anodonta cygnea L., die Teichmuscheln habe ich nur vereinzelt, in nicht sehr grossen Exemplaren, im seichten Wasser am O-Ufer des Sees gesehen. Sie sollen früher häufiger gewesen sein, wie mir Herr Alfr. von Meuron mitgeteilt hat.

Pisidium milium Held, in der Seekreide sehr häufig.

Arthropoden

Crustaceen (siehe auch die Planktonliste).

Potamobius astacus L., der Edelkrebs, ist im Gerzensee vorhanden.

---

hatte die Freundlichkeit, die Platten auf den tierischen Bewuchs hin zu untersuchen und mir das oben Aufgeführte mitzuteilen.

[36]) Herrn Dr. W. KUENZI, Konservator am Naturhistorischen Museum in Bern, danke ich bestens für die vorgenommenen Bestimmungen.

Insekten

Odonaten.

Agrion cyathigerum Charp.

Ferner habe ich die Gattungen *Aeschna, Cordulegaster* und *Lestes* beobachtet. Ausserdem berichtet TH. STECK (43) in seiner Arbeit über den Mosseedorfsee, dass er am Gerzensee seinerzeit sehr zahlreich *Gomphus pulchellus de Sel.* angetroffen habe. Der Gerzensee scheint mir überhaupt eine sehr reiche Ausbeute an *Odonaten* zu versprechen.

Dipteren

Corethra plumicornis = *Sayomya,* Büschelmücke, deren Larven ich sowohl planktonisch als auch im Tiefenschlamm öfters angetroffen habe.

Hydrachniden

Herr Dr. Th. Steck hatte die Freundlichkeit, mir die Liste von *Hydrachniden* mitzuteilen, die er im Gerzensee anfangs der 90er Jahre und später gesammelt hat. F. Könike in Bremen und Charles Walter in Basel hatten dieses Material bearbeitet, und die den Gerzensee betreffenden Funde sind bereits in einer Publikation des letzteren Autors im Bd. 15, 1907 der „Revue suisse de Zoologie" mitgeteilt worden.

Atax crassipes (Müller)
Atax ypsilophora (Bonz.)
Neumania spinipes (Müller)
Neumania triangularis (Piersig)
Piona conglobata (Koch.)
Tiphys liliaceus (Müller)
Hygrobates longipalpis (Herm.)
Mideopsis orbicularis (Müller)
Oxus ovalis (Müller)
Limnesia Koenikei Piersig
Arrhenurus albator (Müller)
Diplodontus decipiens (Müller)
Limnochares aquaticus (L.)

Limnochares aquaticus (L.) soll im Gerzensee besonders häufig vorgekommen sein, während diese Wassermilbe sonst nur aus wenigen schweizerischen Gewässern bekannt geworden ist.

Fische

Der Fischbestand[37]) des Gerzensees besteht in der Hauptsache aus Hecht, *Esox leucinus L.,* und Barsch (Egli), *Perca fluviatilis L.* Der Hecht kann hier eine ansehnliche Grösse erreichen. Ich hatte

[37]) Die hier mitgeteilten Angaben verdanke ich einer brieflichen Mitteilung von Herrn EDM. von ERNST, der den See seit vielen Jahren regelmässig befischt.

Gelegenheit, solche von 90 cm bis 1 m Länge zu messen, sie wogen 13 und 14 Pfund. Ferner sind Schleien, *Tinca tinca (L.)*, und Karpfen, *Cyprinus carpio L.*, zahlreich vorhanden. Dazu gesellen sich noch Weissfische *(Alburus, Blica, Chondrostoma* und *Squalinus)*. Der Aal, *Anguilla anguilla, L.*, war früher vorhanden, wurde jedoch in den letzten Jahren nicht mehr beobachtet.

Dem Gerzensee fehlen naturgemäss die *Coregonen* und Forellen, die fast ausschliesslich in Klarwasserseen leben.

Amphibien

Rana esculenta L., der Wasserfrosch, ist im ganzen Seegebiet häufig. Molche habe ich merkwürdigerweise nie zu sehen bekommen.

Reptilien

Tropidonotus natrix L., die Ringelnatter, scheint nicht sehr häufig zu sein, da ich im Verlauf der zwei Beobachtungsjahre nur einmal (am 1. VI. 1935) ein einziges zirka 1 m langes Exemplar am O-Ufer des Sees angetroffen habe. Immerhin wurden im Lauf der Jahre von Frau Lindemann, sowie auch von Herrn Alfred von Meuron gelegentlich Ringelnattern hier beobachtet.

Vögel[38])

(Nomenklatur und Anordnung nach Hartert)

Motacilla a. alba L., Weisse Bachstelze.

Acrocephalus s. scirpaceus (Herm.), der Teichrohrsänger, ist im Röhricht des Gerzensees ein sehr häufiger Vogel.

Ardea c. cinerea L., der Fischreiher, ist selten und nur vorübergehend am Gerzensee zu beobachten. Ich habe diesen schönen Vogel nur einmal (am 16. April 1934) in einem Exemplar am S-Ende des Sees gesehen, wo er sich den ganzen Vormittag über aufhielt.

Nycticorax, n. nycticorax (L.), Nachtreiher, sehr selten.

Ixobrychus m. minutus (L.), Zwergreiher.

Anas p. platyrhyncha L., die Stockente, ist zahlreich vorhanden. Sie verlässt, ebenso wie der Haubentaucher, nur bei völligem Eisverschluss den See, um offenbleibende Gewässer aufzusuchen.

---

[38]) Herr EDM. von ERNST hatte auch die Freundlichkeit, mir seine Beobachtungen über die Vögel vom Gerzensee mitzuteilen. Frau L. HESS-KREBS (Geschäftsstelle der Ala in La Sauge) hat in verdankenswerter Weise die Liste durchgesehen und die Nomenklatur und Anordnung bereinigt.

Anas c. crecca L., Krickente.

Spatula clypeata (L.), Löffelente.

Mergus m. merganser L., *Grosser Säger.*

Phalacrocorax carbo sinensis (Shaw und *Bodd.)*, der Kormoran, ist im Winter 1930/31 in einem Exemplar beobachtet worden, das sich während zirka 3 Wochen am See aufhielt. (Mitteilung von Frau Lindemann.)

Podiceps c. cristatus (L.), der Haubentaucher, ist das ganze Jahr hindurch auf dem See anzutreffen. Da ich Dunenjunge gesehen habe, scheint er also auch im Röhricht dieses Gewässers zu brüten.

Fulica a. atra L., das Blässhuhn, habe ich nur zeitweise und vereinzelt gesehen, während meiner zweijährigen Beobachtungszeit nur von April bis Juni 1935.

Vögel, die nicht eigentlich an das Wasser gebunden sind, aber doch gelegentlich oder auch häufiger in der Umgebung des Sees beobachtet werden:

Corvus c. corone L., die Rabenkrähen, sind mir dadurch aufgefallen, dass sie gelegentlich nach Fischen greifen und auch auf Teichmuscheln, die am Ufer oder in seichtem Wasser liegen, sehr erpicht sind.

Pica p. pica (L.), die Elster, ist ein im Gebiet des Sees häufig auftretender Vogel.

Sturnus v. vulgaris L., der Star, hält sich zuweilen in grossen Mengen im umgebenden Acker- und Wiesland auf.

Aegithalos caudatus europaeus (Hammer), die Schwanzmeise, ist hie und da im Weidengebüsch zu beobachten.

Hirundo r. rustica L., die Rauchschwalbe macht in den Sommermonaten oft in grossen Scharen Jagd auf Insekten, die sich über dem Wasserspiegel tummeln.

Literaturverzeichnis

1. AMBERG, B. Optische und thermische Untersuchungen. In Limnologische Untersuchungen des Vierwaldstättersees, Physikalischer Teil. — Festschrift z. Jubiläumsfeier d. 50 jährigen Bestehens d. Naturf. Gesell. in in Luzern. Luzern 1905 (1—144) mit 8 graph. Tafeln.
2. ARNOLD-ALABIEFF, W. Die Eisdecke des Finnischen Meerbusens. (Eine Strukturbeschreibung.) — Internat. Revue d. gesamt. Hydrobiologie. 28 1932 (68—89) mit 12 Fig.

3. BALTZER, A. Der diluviale Aaregletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern. Beitrag zur geologischen Karte der Schweiz. 30 1896.
4. BIRGE, A. and JUDAY, CH. The Inland Lakes of Wisconsin. The dissolved Gases of the Water and their biological Significance. — Geolog. and Natural History Survey, Bull. XXII. Madison 1911.
5. BOURCART, FELIX-ERNEST. Les Lacs Alpin Suisses. Etude Chimique et Physique. — Genève 1906 avec 22 figures dans le texte.
6. BRAUER, A. Die Süsswasserfauna Deutschlands. — Jena 1909/12 (Bestimmungswerk.)
7. BREHM, V. Einführung in die Limnologie. — Biologische Studienbücher X. Berlin 1930 (261 S.) mit 88 Abbildungen.
8. COLLET, L. W. Les Lacs, leur mode de formation, leurs eaux, leur destin. Paris 1925 (320 p. avec 63 fig. et 28 planches).
9. CZENSNY, Rud. Zur Methodik der Alkalinitätsbestimmung. — Zeitschrift für Fischerei etc. 24 1926 (69—70).
10. DELEBECQUE, ANDRE. Les Lacs Français. Paris 1898 (436 S.) avec 153 fig. et 22 pl.
11. DORFF, PAUL. Die Eisenorganismen. Systematik und Morphologie. — Pfanzenforschung, herausgegeben von R. Kolkwitz. Heft 16 1934 (62 S. m. 40 Abb.)
12. DUPARC et BASADONNA. Manuel théorique et pratique d'analyse volumétrique. — Paris 1925.
13. FOREL F. A. Le Léman. Tome II. Lausanne 1895.
14. FRUEH, J. und SCHROETER, C. Die Moore der Schweiz. — Beitr. z. Geologie d. Schweiz, geotechnische Serie, III. Lieferung 1904 (XVIII + 751 S.) mit 45 Textbildern, 4 Tafeln und vielen Tabellen.
15. GAMS, H. Uebersicht der organogenen Sedimente nach biologischen Gesichtspunkten. — Naturw. Wochenschr. N. F. 20, Nr. 40 (569—576) 1921.
16. GAMS, H. und NORDHAGEN, R. Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. — Mitteil. d. Geogr. Gesell. in München 26 (13—336) 1923.
17. GROTE, AUGUST. Der Sauerstoffhaushalt der Seen. — Die Binnengewässer 14 1934 (217 S.) mit 35 Abb. im Text und 12 Tabellen.
18. HALBFASS, W. Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde. — Berlin 1923 (V + 354 S.) 110 Abb. im Text.
19. HEIM, ALB. Geologie der Schweiz. — Bd. 1, Leipzig 1919.
20. HENTSCHEL, ERNST. Biologische Untersuchungen über den tierischen und pflanzlichen Bewuchs im Hamburger Hafen. — 2. Beiheft z. Jahrb. d. Hamburgischen Wissenschaftl. Anstalten. XXXIII. 1915 (1916), (p. 1—176) 16 Fig., 2 Taf., 11 Tab.
21. HUBER-PESTALOZZI, G. Experimentelle Studien über Entwicklung und Formgestaltung bei Ceratium hirundinella. — Verh. d. Internat. Verein. f. theoret. u. angew. Limnologie. I 1923 (15—19).
22. JAHN, A. Chronik oder geschichtliche, ortskundliche und statistische

Beschreibung des Kantons Bern. — (Stämpfli) und Zürich (Schulthess) 1857.
23. KLUT, H. Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. — 6. Aufl. Berlin 1931 (180 S.).
24. LENZ,FR. Quellkreide im Grossen Plöner-See. — Verh. d. Internat. Ver. f. theoret. u. angew. Limnologie. II. 1924 (361—376).
25. LINDER, CHARLES. Etude de la faune pélagique du Lac de Bret. — Revue de Zoologie 12 1904 (149—258) avec 1 Planche.
26. MAGNIN, A. Les Lacs du Jura. — Généralités sur la limnologie jurassienne. Lyon et Paris 1895.
27. — La Végétation des Lacs du Jura. — Paris 1904 (423 S.)
28. MEYER, EMIL. Lac de Bret, Beiträge zur Biologie des Lac de Bret mit spezieller Berücksichtigung des Phytoplanktons. — Diss. Phil. Lausanne 1904 (52 S.) mit Tafeln.
29. MINDER, L. Studien über den Sauerstoffgehalt des Zürichsees. — Archiv für Hydrobiologie. Suppl. III. 1922 (1—49).
30. — Biologisch-Chemische Untersuchungen im Zürichsee. — Zeitschrift für Hydrologie III 1926 (70 S.) m. Tabellen u. Mikrophotographien nebst graphischen Darstellungen.
31. — Ueber biogene Entkalkung im Zürichsee. — Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie 1926 (20—32).
32. — Ueber den Bakteriengehalt des Zürichsees. — Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. LXXII. 1927 (354—366).
33. — Die Sauerstoffverhältnisse des Zürichsees im Wandel der letzten Jahrzehnte. — Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jahrgang 79, 1934. (40—62).
34. NUSSBAUM, F. Das Moränengebiet des Diluvialen Aaregletschers zwischen Thun und Bern. — Mitteilungen d. Bern. Naturforschenden Gesellschaft 1921 (1922), (42—82) mit 8 Abbildungen.
35. PASCHER, A. Die Süsswasserflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. — Jena 1913 u. ff. (Bestimmungswerk).
36. RUTSCH, R. Geologie des Belpberges. Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie, Palaeontologie und Tektonik der Molasse südlich von Bern. — Mitteilungen der Bern. Naturforschenden Gesellschaft 1927 (1928), (1—194) mit 13 Fig. und 9 Tafeln.
37. RUTTNER, F. Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. — Die Naturwissenschaften 14 1926 (1237—1239), 2 Fig.
38. — Hydrographische und Hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. — Archiv für Hydrobiologie, Supplement Band VIII 1930 (197—460) mit Textfig. u. Tafeln.
39. RYLOW, W. M. Das Zooplankton der Binnengewässer. — In Thienemann. Die Binnengewässer 15 1935 (272 S.) m. 16 Textfig. u. 30 Tafeln mit 329 Fig.
40. SCHAEPERCLAUS, W. Die örtlichen Schwankungen der Alkalinität und des pH's, ihre Ursachen, ihre Beziehungen zu einander und ihre Bedeutung. — Zeitschrift für Fischerei etc. 24 1926 (71—95).

41. SKADOWSKY, S. N. Hydrophysiologische und hydrobiologische Beobachtungen über die Bedeutung der Reaktion des Mediums für die Süsswasserorganismen. — Verhandlungen d. Internat. Verein. f. theoret. u. angew. Limnologie I 1923 (341—358).
42. — Ueber die aktuelle Reaktion der Süsswasserbecken und ihre biologische Bedeutung. — Verh. d. Internat. Verein. f. theoret. u. angew. Limnologie III 1926.
43. STECK, TH. Beiträge zur Biologie des Grossen Moosseedorfsees. — Inaug. Diss. Phil. Bern 1893 (73 S.).
44. THIENEMANN, AUG. Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse eisbedeckter Seen des Plöner-Gebietes am Ende des Winters 1923/24. — Archiv f. Hydrobiologie 18 1927 (1—21).
45. THOMASSON, H. Methoden zur Untersuchung der Mikrophyten der limnischen Litoral- und Profundalzone. — In Abderhalden Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden. Abt. IX, 2 1926 (679—712).
46. TILLMANS, J. Ueber die quantitative Bestimmung der Reaktion in natürlichen Wassern. — Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genussmittel etc. 38 1919 (1—16).
47. USPENSKI, E. Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. — Pflanzenforschung, herausgegeben von R. Kolkwitz. H. 9, 1927.
48. WAGLER, E. Die chemische und physikalische Untersuchung der Gewässer für biologische Zwecke. — In Abderhalden, Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden. Abt. IX, 2, 1. Hälfte, Methoden d. Süsswasserbiologie 1923 (1—72).
49. WASMUND, E. Pollenregen-Seeblüte auf dem Bodensee im Luftbild. — Palaeontologische Zeitschrift 12 1930 (73—99) mit 6 Abbildungen.
50. — Lakustrische Unterwasserböden (Seeablagerungen der Nördlichen Humiden Breiten). — Handbuch d. Bodenlehre 5 1930 (97—189) m. 33 Abb.
51. WILLER, A. Der Aufwuchs der Unterwasserpflanzen. — Verhandl. f. theoret. u. angew. Limnologie I 1923 (35—57).

Kartenmaterial

NUSSBAUM, FRITZ. Exkursionskarte der Umgebung von Bern. Geologisch bearbeitet 1:75 000 1922.

RUTSCH, ROLF. Geologische Karte des Belpberges. 1:25 000, 1927.

Topographischer Atlas der Schweiz (Siegfriedatlas), Blatt Nr. 338, Gerzensee. 1:25 000 1931.

Inhaltsübersicht

I. Einleitung 29

II. Morphologie.
1. Die geographische Lage 30
2. Die Form des Seebeckens 31
3. Die Ufer-Entwicklung 32
4. Die Tiefenverhältnisse 32
5. Die Gehänge des Seebeckens 33

III. Hydrologie (Wasserhaushalt).
1. Zu- und Abfluss 35
2. Grundwasserspeisung 36
3. Die Wasserstandsverhältnisse 37

IV. Physikalische Eigenschaften des Gerzenseewassers.
1. Die Farbe des Sees 38
2. Die Durchsichtigkeits-Bestimmungen 40
3. Die thermischen Verhältnisse 42
4. Die Vereisung 49
5. Eislöcher 51

V. Chemische Eigenschaften des Gerzensee-Wassers.
A. Allgemeines 51
B. Spezielles 53
1. Allgemeine Wasseranalysen 54
2. Der Sauerstoffgehalt des Wassers 57
3. Die Kohlensäure 61
4. Der Kalkgehalt 62
5. Die Wasserstoffionen-Konzentration 64
6. Bestimmung der Gesamthärte 66
7. Die Kieselsäure 66
8. Ammoniakstickstoff 67
9. Das Eisen 68

VI. Biologie.
1. Das Plankton 69
a) Das Phytoplankton 71
Die Zusammensetzung des Phytoplanktons 72
b) Das Zooplankton 74
Die Zusammensetzung des Zooplanktons 75
2. Die Vegetation der Uferzone 77
3. Die Mikrophyten 81
4. Die Beschaffenheit des Seebodens 83
5. Faunistische Beobachtungen 86

Literaturverzeichnis 90

Kartenmaterial 93