Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 9 (1952)

Artikel: Der Geistsee
Autor: Büren, G. von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319456

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: 06.07.2025

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

G. v. BÜREN

Der Geistsee

Inhaltsangabe

Vorwort 2
Geographisches und Morphologisches 3
Hydrographie 4
Meliorationsarbeiten und die damit verbundenen Veränderungen im Gebiet des Geistsees 5
Wasserstand 6
Sichttiefe und Farbe 6
Thermik 8
Chemismus 11
Plankton 21
Aufwuchs 31
Diatomeenflora des Grundschlammes 35
Grundschlamm 36
Vegetation der Ufer und ihrer unmittelbaren Umgebung 39
Faunistische Beobachtungen 44
Literaturverzeichnis 48
Lageplan 50

Vorwort

Die Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit wurden in den Jahren 1936—1939 durchgeführt, besonders intensiv 1936 und 1937. Nach Abschluß derselben unterblieb dann leider, in Folge der politischen und militärischen Ereignisse, die Ausarbeitung und die Niederschrift des Manuskriptes. Später wurde ich durch andere, mittlerweilen begonnene Arbeiten in Anspruch genommen, so daß ich erst im Sommer 1949 dazukam, das damals zusammengetragene Material zu sichten und zu bearbeiten. Hierbei zeigte sich, daß es durchaus gerechtfertigt ist, auch diese bereits vor einem Jahrzehnt gewonnenen Resultate zu publizieren. Ausdrücklich muß auch bemerkt werden, daß sich bei wiederholten Nachprüfungen seit dem Abschluß der Untersuchungen, kein Fortschreiten der Verlandung, noch eine Veränderung der Morphometrie des Seebeckens, insbesondere seiner Tiefenverhältnisse, nachweisen ließ. Es ist mir eine angenehme Pflicht an dieser Stelle dem Besitzer des Geistsees, Herrn Emil Benoit in Bern, sowie seinem Sohn für ihr stets freundliches Entgegenkommen zu danken, durch welches mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht wurde. Ferner bin ich der Naturschutzkommission der Naturforschenden Gesellschaft Bern zu Dank verpflichtet, welche die Herstellungskosten der Bildtafel übernommen hat.

Bern, im Herbst 1950.

Geographisches und Morphologisches

Unter den vier in der Moränenlandschaft von Amsoldingen [1] gelegenen Seebecken, nämlich dem Amsoldinger-, Uebeschi-, Dittlinger- und Geistsee, ist der letztere und hier zu behandelnde der kleinste und höchstgelegene. Er liegt in der Gemeinde Längenbühl etwa 350 m nördlich vom Dittlingersee, in einer Terrainmulde in 666 m ü. M.[2]. Sein Flächeninhalt ist ungefähr 90 a, nach einer Vermessung für den Kataster in den Neunzigerjahren des vorigen Jahrhunderts 9465 m² [3]. Die größte Länge des Sees ist 140 m, seine größte Breite beträgt 90 m. Als die gegenwärtig größte Tiefe konnte ich 6,50 m ermitteln. In der Uferregion, die an den meisten Stellen wandartig durch das Röhricht gegen das Wasser abschließt, lassen sich bereits Tiefen von 1,5—2 m feststellen. Nur im südlichen Teil des Sees gibt es in der Ufernähe seichte Stellen, die eine Tiefe von nur 30—50 cm aufweisen. Die von uns gefundenen Tiefen sind im Lageplan eingetragen. Der Uferumfang ist etwa 380 m, und ein 20—25 m breiter Ufergürtel steht hinsichtlich seiner Vegetation unter unmittelbarem Einfluß des Sees.

Bezüglich seiner Entstehung ist der Geistsee schon durch seine Lage innerhalb eines reichgegliederten mittelmoränen Gebietes als ein Moränensee gekennzeichnet, wobei auch hier das «Toteis» aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Bildung der Hohlform mitbeteiligt gewesen sein dürfte. Daß das Seebecken seiner Zeit einen bedeutend größeren Umfang gehabt haben muß als heute, beweisen die Seekreideablagerungen in seiner Umgebung. So wurde zum Beispiel bei Grabarbeiten im Südosten des Geistsees, in einer Entfernung von 60 m vom heutigen Seeufer, die Seekreide in 1 m Tiefe unter reiner Torferde erreicht. In 75 m vom See kam sie sogar schon in 0,40 m unter der Oberfläche zum Vorschein.

Die in den unteren Torfschichten, und besonders in dieser Seekreide massenhaft eingelagerten kleinen Mollusken sind, nach den von Herrn Dr. Jules Favre in Genf vorgenommenen Bestimmungen hauptsächlich die folgenden: *Limnaea ovata Drap., Planorbis (Gyraulus) laevis*

---

[1] Diese Moränenlandschaft wurde zuerst von Desor (5) und dann von Nußbaum (19) sehr eingehend beschrieben.

[2] Nach einem Nivellement, das Ende November 1911 ausgeführt wurde, lag der Seespiegel damals in einer Höhe von 666,46 m ü. M.

[3] Laut einer brieflichen Mitteilung von Herrn Grundbuchgeometer Fr. Guggisberg in Thun vom 25. Januar 1938.

Ald., Planorbis (Hippeutis) complanatus (L.), Bythinia tentaculata (L.) häufig, *Valvata piscinalis Müll. f. alpestris Blaun,* sehr häufig, *Valvata cristata Müll., Pisidium hibernicum Westerl., Pisidium nitidum Jen.*

Es ist die gewöhnliche Mollusken-Fauna der Seekreide und des postglazialen Torfes unserer heutigen, in ihrem Umfang stark zurückgegangenen Kleinseen. Favre bemerkt noch dazu: *Valvata alpestris* kommt nur noch in unseren Bergseen vor. *Planorbis laevis* und *Pisidium hibernicus* sind Relikt-Arten, die heute bedeutend weniger verbreitet sind als ehemals.

Im Allgemeinen sind die Mollusken in der Seekreide verteilt, aber es lassen sich auch Schichten oder Lagen erkennen, in denen sie stark gehäuft auftreten. Außerdem konnten in der Seekreide auch Panzer und Antennenstücke von *Crustaceen,* sowie Gehäuse von beschalten Wurzelfüßlern nachgewiesen werden. Sehr häufig fanden sich ferner Föhrenpollen *(Pinus silvestris L.).* Dagegen fanden wir hier keine *Diatomeen.*

In klimatischer Hinsicht ist das Gebiet von Längenbühl, entsprechend seiner geographischen Lage, folgendermaßen charakterisiert: Die mittlere Jahrestemperatur ist bei 7,6° C. Der wärmste Monat ist der Juli mit einem Monatsmittel von 17,2° C, der kälteste Monat ist der Januar mit einem Monatsmittel von —1,1° C. Die jährliche Niederschlagshöhe beträgt 110—120 cm. Außerdem liegt das Gebiet in einer Hagelschlagzone von hoher Frequenz.

Hydrographisches

An Zuflüssen erhält der See keine eigentlichen Bäche. Dagegen fließt ihm das «oben dem See» gesammelte Drainagewasser zu, welches in einer Rohrleitung von 20 cm Durchmesser wenig tief unter dem Boden in den Kanal beim Bootshaus, an der Südwestseite des Sees, eingeleitet wird. Andere Drainagen münden nicht in den See. Die Sammelleitung der ebenfalls entwässerten linken Seite (West- und NW-Seite) wird unterhalb des Sees in die Hauptleitung eingeführt.

Dagegen wird der See vom Grundwasser gespeist; solche Grundwasserauftriebe können gelegentlich im östlichen Seeteil beobachtet werden, während auf der Südseite, unmittelbar am Ufer, eine Schwefelquelle wahrgenommen werden kann.

Den Abfluß des Sees bildet die große Müsche, die vom nord-östlichen Ufer des Sees durch das kleine Tälchen über Kahlacker nach dem Gur-

zelenmoos fließt, um von da weiter über Gurzelen der rechten Seite des Gürbetales zuzustreben. Nachdem dieser Bach bei Gelterfingen von rechts her noch den Abfluß des Gerzensees (Mühlebach) aufgenommen hat, ergießt er sich nach einem 12 km langen Lauf 1 km unterhalb Kaufdorf in die Gürbe.

Meliorationsarbeiten und die damit verbundenen Veränderungen im Gebiet des Geistsees

Bei dieser Darstellung stütze ich mich hauptsächlich auf die Angaben, die ich durch Vermittlung des Kulturingenieur-Bureaus im Jahre 1938 von den Herren Hans Wenger, Sekretär der Flurgenossenschaft Thierachern und Umgebung, und Fr. Berger, Unterförster des V. Kreises, erhielt.

Die Flurgenossenschaft Thierachern und Umgebung hat seiner Zeit in den Gemeinden Längenbühl, Forst und Gurzelen Entsumpfungen vorgenommen. Bei der Durchführung dieser Arbeiten am Geistsee in den Jahren 1916/17 wurde unter anderem (von den Drainagen war schon im vorigen Abschnitt die Rede) der Seeabfluß in etwa 70 m Entfernung des nord-nordöstlichen Seeufers in eine Zementrohrleitung von 45 cm Durchmesser gefaßt. Diese etwa 500 m lange Rohrleitung endet unterhalb Kahlacker, an der Stelle, wo der Fußweg in den Thunerwald eintritt und von wo die Müsche als offenes Gewässer weiterfließt.

Die veränderten Abflußverhältnisse hatten eine Tieferlegung des Seespiegels von 50—60 cm zur Folge. Um den gleichen Betrag sanken auch die schwingenden Rasen [4], welche die offene Wasserfläche umgeben. Da aber der landseitige Teil derselben die Sinkbewegung nicht in gleichem Maß mitmachen konnte, kam es zu Abbrüchen. Die abgetrennten Rasenstücke schwammen eine zeitlang auf der freien Seefläche herum [5], um dann früher oder später auf den Seegrund abzugleiten, und dort wesentlich zu seiner Erhöhung beizutragen.

---

[4] Darunter versteht man stark verfilzte, oft bis über 1 m mächtige zusammenhängende Rasendecken, welche auf wasserdurchtränkter Unterlage aufruhn oder auf dem Wasser schwimmen und beim Auftreten deutlich in schwingende Bewegungen geraten.

[5] Schon von früher her waren solche schwimmende Inseln vom Geistsee bekannt (Früh und Schröter 7 und Geogr. Lexikon der Schweiz, Bd. II, 1904, S. 241). Heute noch kann man beobachten, wie sich aus den Schwingrasen kleine Stücke lösen und auf dem See herumtreiben, um aber meist sehr bald in die Tiefe zu sinken.

Nach dem Rückgang des Wassers haben wohl auch die Schwingrasen einen erheblichen Druck auf die weiche Unterlage ausgeübt was zur Folge haben mußte, daß diese nach dem See hin ausgepreßt wurde, um so ihrerseits noch zur Kolmatation beizutragen.

Die in den Jahren meiner Untersuchungen (1936—1939) festgestellte geringe Seetiefe von nur 6,5 m gegenüber der von Schreyer (21, S. 4) vor der Absenkung gemessenen Tiefe von 10 m ist also nicht in erster Linie auf die Tieferlegung des Wasserspiegels, sondern auf die oben beschriebenen Vorgänge zurückzuführen.

Der Wasserstand

Da im Abflußgraben keine Schleuse eingebaut ist, kann das Wasser aus dem See jederzeit gleichmäßig und ungehindert abfließen. Nur durch Verkrautung des Grabens kann gelegentlich vorübergehend eine leichte Stauwirkung herbeigeführt werden.

Bei den Wasserstandsbeobachtungen, die wir regelmäßig durchführten, fanden wir eine Amplitude von nur 15 cm zwischen dem höchsten und niedrigsten Pegelstand, aber meistens blieben die Seespiegelschwankungen innerhalb 10 cm. Sie sind also sehr gering.

Die Sichttiefe und die Farbe des Wassers

Die mittels der Seccischeibe für den Geistsee festgestellten *Sichttiefen* sind in der beifolgenden Tabelle zusammengestellt, woraus hervorgeht, daß die geringste gemessene Durchsichtigkeit 0,95 m, die größte

---

Dagegen sind die, schon 1865 von Heer (8, S. 22) erwähnten und später von Früh (6) beschriebenen phytogenen schwimmenden Inseln auf dem Barchetsee 2 km östlich der Eisenbahnstation Ossingen, gegenwärtig noch vorhanden, wie ich mich durch einen Augenschein am 3. April 1949 überzeugen konnte. Auch die von Waldvogel (24) für den Lützelsee gemeldeten existieren noch, wie ich am 22. Juli 1947 feststellen konnte.

Auf dem Barchetsee sind es zahlreiche feste Raseninseln, die im wesentlichen aus *Carices* gebildet sind und regelmäßig der Mahd unterworfen wurden. Heute allerdings ist dieser Brauch aufgegeben, laut brieflicher Mitteilung des gegenwärtigen Fischereipacht-Inhabers, Herrn Fred. Friederich in Stammheim, vom 8. Februar 1950. Die großen Schwimminseln des Lützelsees sind z. T. von Erlengesträuch und zahlreichen phaneroganischen Spezies besiedelt. Heute sind diese allerdings meist «seßhaft» gemacht worden, indem man Stangen durch sie in den Seeboden getrieben hat. Bei wechselndem Wasserstand gleiten die Inseln an den Stangen auf und ab.

dagegen 3 m betrug. Aus den Beobachtungsserien der Jahre 1936 und 1937 ergibt sich eine mittlere Sichttiefe von 1,95 m. Die Transparenz wird hauptsächlich durch die Menge des Planktons und seine Zusammensetzung bestimmt.

Hervorzuheben ist noch, daß die unter Eis gemessene Sichttiefe mit zu den größten Werten gehört.

Datum 1936	Sichttiefe in Tiefe	Datum 1937	Sichttiefe in Tiefe	Datum 1938	Sichttiefe in Tiefe	Datum 1939	Sichttiefe in Tiefe
						25. Febr.	2,70 [1]
		13. März	2,95			25. März	2,00
4. April	1,80	—	—	2. April	1,20		
9. Mai	1,55	8. Mai	2,20	14. Mai	1,40		
13. Juni	2,10	19. Juni	1,40	25. Juni	1,25		
11. Juli	2,50	17. Juli	0,95				
29. Aug.	1,50						
19. Sept.	1,60	18. Sept.	2,15				
17. Okt.	2,35						
28. Nov.	1,45	20. Nov.	3,00				

[1]) unter einer 20 cm dicken Eisschicht erhoben.

Die *Wasserfarbe* erscheint, über der in die halbe Sichttiefe versenkten Seccischeibe, als gelb-braun [6]. Sie ist sehr intensiv, so daß sich eine gelbliche Färbung schon in kleineren Wasserproben geltend macht. Selbst durch Filtrieren vermittelst einer Filterplatte aus gesintertem Glas, deren mittlere Porenweite 5—15 μ beträgt, gelingt es nicht, die Eigenfärbung des Wassers merklich zu beeinflussen. Im Kolorimeter betrachtet (Schichthöhe 300 mm), erscheint die gelbliche Eigenfarbe des Wassers in den Farbtönen, die den Nummern 323—325 der Skala des Code Universel des Couleurs von E. Séguy entsprechen. Gelegentlich findet man auch Färbungen die mit den Nummern 334—335 dieser Skala übereinstimmen, was meist dann der Fall ist, wenn durch im Wasser gelöste Assimilationspigmente die gelbliche Färbung eine Verschiebung nach gelb-grün erleidet. Die im Wasser gelösten «Gelbstoffe», gelangen aus dem umgebenden Moorgelände in den See. Für diese Herkunft spricht auch der Geruch, der bei der Verbrennung des Trockenrückstandes aus Wasserproben auftritt.

---

[6] Nach der von Lundquist aufgestellten «Wort»-Skala (K. Münster-Strom 18).

Die Färbung des Wassers wäre zweifellos eine noch bedeutend intensivere, wenn nicht ein Teil der Humusstoffe, durch die ausflockende Wirkung des im Seewasser gelösten Kalkes, beseitigt würde. Bei der Beurteilung des Lichtklimas müssen wir hier berücksichtigen, daß Gewässer, die gelöste Gelbstoffe enthalten, bei einer relativ hohen Sichttiefe, eine doch nur geringe Lichtdurchlässigkeit aufzuweisen haben. In diesen Seen nimmt die Gesamtintensität des Lichtes sehr rasch mit der Tiefe ab, wie Sauberer (20) auf Grund von Messungen mit Photoelementen feststellen konnte.

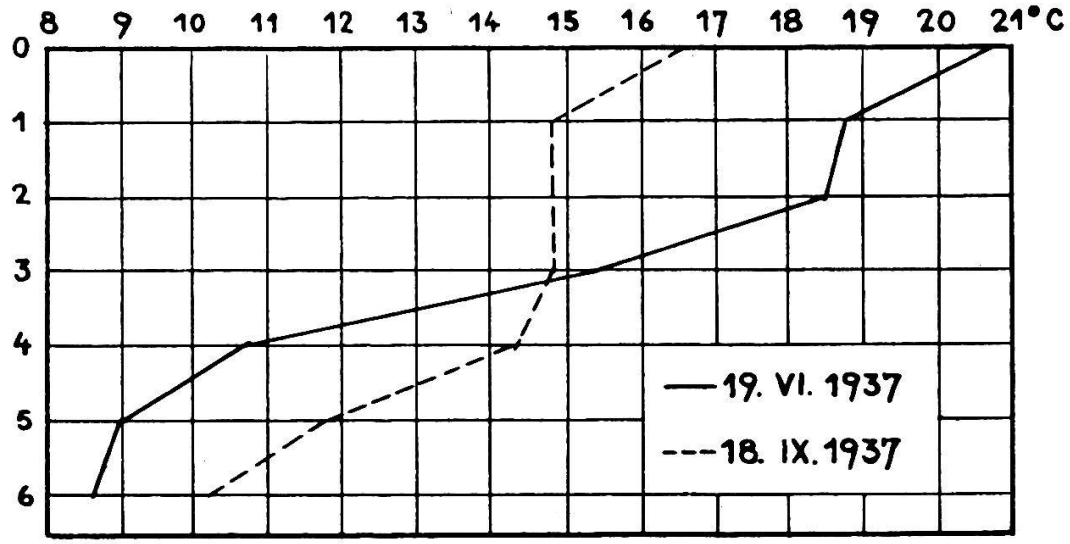
Thermik

Die hier gegebene Darstellung der thermischen Verhältnisse des Geistsees stützt sich auf sehr zahlreiche Temperaturlotungen, die in den Jahren 1935—1939 ausgeführt worden sind. Sie wurden alle mit dem gleichen, schon bei früheren Untersuchungen von mir benutzten, von der Firma Friedinger, Luzern, gelieferten Kipptherm ometer durchgeführt. Sämtliche hier besprochenen Messungen sind im Pelagial über der größten Tiefe des Sees gemacht.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß die Temperaturwerte der einzelnen Monate der verschiedenen Beobachtungsjahre eine weitgehende Übereinstimmung zeigten, mit Ausnahme der Oberflächentemperaturen, die je nach den Witterungsverhältnissen, die gerade am Tage der Temperaturaufnahme herrschten, um einige Grade abweichen können. Die Höchsttemperaturen an der Seeoberfläche haben wir im Juli und August mit 24° C registriert. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß am Spätnachmittag heißer Sommertage mitunter gelegentlich noch um einige Grade höhere Oberflächentemperaturen festgestellt werden könnten.

Im frühen Frühjahr findet eine rasche und intensive Erwärmung der oberen Wasserschichten statt. Bereits im April bildet sich zwischen 1 und 2 m Tiefe eine Sprungschicht aus. Im Mai ist sie zwischen 2 und 3 m Tiefe zu finden. Während der Sommer-Stagnationsperiode in den Monaten Juni bis August liegt sie zwischen 3 und 4 m, um im September dann noch in 4—5 m Tiefe zu sinken. (Die Lage der Sprungschicht ist in den Temperaturtabellen durch eine Horizontallinie angedeutet.) Mit dem Fortschreiten der Herbst-Teilzirkulation verschwindet im Oktober die Temperatur-Sprungschicht. Der Temperatur-Gradient, d. h.

der größte Temperaturunterschied innerhalb einer Schicht von 1 m Höhe, betrug im Geistsee 4,8—4,9° C in den Monaten Juni und Juli. In den übrigen Monaten der Sommerstagnation bewegte sich der Temperatur-Gradient zwischen 2,4 und 3,4° C.



Temperatursprungschicht im Geistsee

Unter der Sprungschicht findet im Lauf der Stagnationsperiode eine verhältnismäßig nur geringe Temperaturzunahme statt. Die Wassertemperaturen, unmittelbar über dem Seeboden an seiner tiefsten Stelle, erreichen im August und September ihr Maximum. Dort haben wir solche von 10,2—10,6° C registriert. Die Herbstteilzirkulation setzt im September ein, und im November ist der homotherme Zustand erreicht. Der Geistsee friert meist in der zweiten Dezemberhälfte zu, um dann Ende Februar oder Anfang März wieder eisfrei zu werden. Tritt im Laufe des Winters milde Witterung ein, so kann er ganz oder teilweise auftauen. Alljährlich findet die Bildung der Eisdecke in sehr verschiedener Art und Weise statt, und ist Anfangs von sehr ungleichartiger Beschaffenheit und Dicke. In den Jahren der Durchführung unserer Untersuchungen haben wir eine Eisdicke von 17—20 cm festgestellt.

Die Temperaturlotung vom 25. Februar 1939 gibt Aufschluß über den thermischen Zustand des Sees am Ende der Winterstagnation. Der See war seit 9 Wochen eisbedeckt, die Eisdicke am Sondierloch in der Seemitte betrug 21 cm. Die dreimal ausgeführten Temperaturmessungen ergaben übereinstimmende Resultate und zeigten, daß vom Seegrund aus eine leichte Erwärmung des Wassers über das Dichtemaxi-

Temperaturmessungen im Geistsee aus dem Jahre 1936

Tiefe Meter	4. April	9. Mai	13. Juni	11. Juli	29. August	19. Sept.	17. Okt.	28. Nov.
0	15	16,8	17,0	18,4	24,0	20,0	10,1	4,4
0,5	—	15,2	—	—	—	—	—	—
1	14,2	14,4	15,4	—	—	17,0	9,0	—
2	8,4	11,4	14,6	—	19,0	17,0	8,6	—
3	7,2		12,4	16,2	15,2	16,2	8,2	—
3,5	—	8,4				15,6	—	4,4
4	7,0	—	9,4	11,5	12,8	14,1	—	4,4
5	7,0	7,0	8,6	—	—	11,6	8,2	—
5,5	—	—	—	10,2	10,8	—	—	—
6	—	—	8,2	—	—	—	8,2	4,8
6,5	—	—	—	10,2	10,6	10,6	—	5,2

Temperaturmessungen im Geistsee aus dem Jahre 1937

Tiefe Meter	13. März	8. Mai	19. Juni	17. Juli	18. September	20. November
0	5,6	17,0	21,4	20,4	16,3	5,4
1	—	13,4	18,8	19,2	14,8	—
2	5,6	12,0	18,4	18,8	14,8	—
2,5	—	10,2	—	—	—	—
3	—	9,4	15,4	15,6	14,8	5,2
4	5,4	8,0	10,6	12,2	14,4	—
5	—	—	9,0	10,0	11,8	—
5,5	5,0	—	—	—	—	—
6	—	7,0	8,4	9,4	10,2	5,2

mum stattgefunden hatte. Diese Erwärmung dürfte m. E. auf einrinnendes Grundwasser, das möglicherweise auch eine etwas höhere Salzkonzentration als das Seewasser hatte, zurückzuführen sein.

Der jährliche Temperaturgang des Geistsees verläuft also trotz seiner geringen Tiefe und Wassermasse im wesentlichen wie derjenige eines tiefen Sees. Vor allem ist die thermische Schichtung, die sich im Lauf der Sommerstagnation herausbildet, durchaus stabil, eine Tempe-

Temperaturen im Geistsee aus dem Jahre 1938

Tiefe Meter	2. April	14. Mai	25. Juni	23. Juli
0	15,0	20,5	23,0	24,0
0,5	11,4	—	—	—
1	9,8	—	—	—
1,5	—	—	18,4	—
2	8,2	—	16,6	—
3	6,6	—	14,0	15,0
4	—	—	11,0	—
4,5	5,8	—	9,3	—
5	5,8	—	—	10,0
6	—	—	8,3	10,0
6,5	5,8	—	—	—

Temperaturen im Geistsee aus dem Jahre 1939

Tiefe Meter	25. Februar [1]	25. März	3. Juni
0,0	1,2	5,2	21,0
0,2	—	—	20,8
0,3	2,0	—	19,4
0,4	3,2	—	—
0,5	4,0	—	18,2
0,6	—	—	17,2
0,8	—	—	15,4
1,0	—	5,0	14,0
1,5	—	—	12,8
2,0	4,2	4,8	—
3,0	4,2	4,6	9,8
4,0	4,4	—	—
4,5	—	—	7,4
5	5,0	4,4	—
6	—	4,4	6,4
6,5	—	4,4	—

[1] unter 20 cm dicker Eisschicht gemessen. Messungen zw. 12 und 13.30 Uhr.

raturumschichtung während dieser Zeit findet nicht statt. Das Hypolimnion bleibt relativ kühl. Diese Verhältnisse sind grundlegend für den Stoffhaushalt des Seeleins.

Chemismus

Im Lauf der Untersuchungen wurde zu verschiedenen Malen die Trockensubstanz bestimmt. Sie wurde jeweilen an Wasserproben aus 3 m Tiefe vorgenommen, wir geben hier zwei Beispiele.

Am 28. November 1936, zur Zeit vollständiger Homothermie, betrug

die Trockensubstanz	318 mg/l	bei 110° getrocknet
der Glührückstand	271 mg/l	
somit ein Glühverlust von	47 mg/l.	

Die Bestimmung vom 19. Juni 1937, bei thermischer Stratifikation, ergab folgendes Resultat:

Trockensubstanz	300 mg/l
Glührückstand	275 mg/l
somit ein Glühverlust von	25 mg/l.

Die ziemlich hohen Werte des Glühverlustes ließen auch einen entsprechend hohen Gehalt an organischen Stoffen vermuten, was die Bestimmung der Oxydabilität durchaus bestätigte. Wir fanden nämlich im Jahresverlauf (1936) für den Permanganatverbrauch Werte von 33,57—43,28 mg/l. Das heißt es waren soviele mg $KMnO_4$ oder 6,8 bis 10,9 mg/l O_2 notwendig, um die in einem Liter Seewasser enthaltene, gelöste organische Substanz zu oxydieren. Eine Periodizität der Oxydabilität in dem Sinne, daß die kleinen oder die großen Werte an eine bestimmte Jahreszeit gebunden wären, ließ sich nicht erkennen. In einigen Fällen wurde die Oxydierbarkeit auch durch Bestimmung der Chlorzahl nach Froboese bestimmt. Dabei wurden Werte von 30,3 bis 45,4 gefunden, d. h. daß von 1 l Wasser 30,3—45,4 mg Chlor gebunden werden.

Alkalinität, Wasserstoffionenkonzentration und freie Kohlensäure

Die Alkalinität eines Wassers wird durch die Carbonate, Bicarbonate und Hydroxyde der Erdalkalien bestimmt. Die für das Geistseewasser gefundenen Alkalinitätswerte sind in der beifolgenden Tabelle für den Jahresverlauf 1936/37 zusammengestellt.

Alkalinität im Geistsee 1936

Tiefe Meter	4. April	9. Mai	13. Juni	27. Juli	19. Sept.	17. Okt.	28. Nov.	13. März 1937
0	4,68 [1]	4,60	4,54	4,66	4,84	4,82	4,85	4,80
3	4,74	4,66	4,68	4,66	—	4,82	—	—
3,5	—	—	—	—	4,96	—	4,85	4,80
5	5,10	5,00	—	—	—	—	—	—
6	—	—	5,04	5,16	5,44	4,88	4,87	4,90

[1] ccm $\frac{n}{10}$ HCl

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, daß meistens eine leichte Zunahme von der Oberfläche nach dem Grund besteht. Aber in Gegensatz zu den anderen bis jetzt untersuchten Kleinseen des bernischen Mittellandes, insbesondere zum Beispiel dem Moosseedorfsee, ist hier eine biogen bedingte Entkalkung der oberen Wasserschichten zur Zeit der Sommerstagnation, nicht oder doch nur in ganz schwachem Maß, zu beobachten. Bei der meist nur geringen Phytoplanktonproduktion ist auch gar nicht zu erwarten, daß dieser Vorgang wesentlich in Erscheinung tritt. Nehmen wir als ausgeglichenen Mittelwert der Alkalinität den Betrag von $4{,}83 \frac{n}{10}$ HCl an, so ergibt sich daraus eine Carbonathärte von 21,1 französischen Härtegraden = 241,5 mg/l $CaCO_3$. Diese Werte sind je nach Tiefe und Jahreszeit gewissen Schwankungen unterworfen.

Die mittlere Alkalinität und dementsprechend auch der mittlere $CaCO_3$-Gehalt sind im Geistsee bedeutend höher als zum Beispiel im benachbarten Amsoldingersee, in welchem wir seiner Zeit einen mittleren $CaCO_3$-Gehalt von 171,6 mg/l feststellten (v. Büren 3). Der Geistsee kommt in dieser Hinsicht dem Moosseedorfsee schon bedeutend näher, dessen mittleren $CaCO_3$-Gehalt wir zu 245 mg/l bestimmten.

Bei dem relativ hohen Kalkgehalt des Geistseewassers ist es nun auffallend, daß weder an toten noch an lebenden Gegenständen ein entsprechender Kalkniederschlag stattfindet. Die Wasserstände werden hier zum Beispiel nicht, wie an anderen Seen, «angekreidet». Beim Übergießen mit Säuren bemerkt man weder beim mulmigen Grundschlamm, noch bei den Aufwuchsplatten ein Brausen und Schäumen. Der Grund, daß hier die anorganogene Ausfällung von $CaCO_3$ nicht wie in anderen harten Wässern erfolgt, dürfte hauptsächlich in den hohen CO_2-Werten liegen; respektive im Konzentrations-Verhältnis von Calciumcarbonat zur Kohlensäure. Immerhin ist zu bemerken, daß die Gleichgewichts-Kohlensäure, also diejenige überschüssige Menge an freier CO_2, die notwendig ist, um das Kalziumcarbonat dauernd in Lösung zu halten, hier die theoretisch geforderten Werte meist nicht erreicht.

Die Ausscheidung des Kalkes kann anorganogener oder organogener Natur sein. Anorganogene Ausscheidung findet nur dann statt, wenn die Lösung gesättigt und keine oder nur sehr wenig CO_2 vorhanden ist; organogene Kalkausscheidung dagegen, wenn die im Wasser vorhandene CO_2 durch die assimilatorische Tätigkeit von Makro-

und Mikrophyten entfernt wird. Die Kalkausscheidung kann aber auch vollständig unterbleiben. Dies wird dann der Fall sein, wenn die Kalkkonzentration sehr gering, oder aber verhältnismäßig hoch ist, und es zugleich an Pflanzen fehlt, die die im Wasser reichlich gelöste CO_2 konsumieren. Letzteres scheint für den Geistsee zuzutreffen. Wir finden nämlich ein fast vollständiges Fehlen von Unterwasser-Pflanzen, sowie ein zeitweise nur spärliches Phytoplankton bei ziemlich hohem Bicarbonat-Gehalt und relativ hoher Kohlensäurespannung.

Die alkalische Reaktion des See-Wassers ist durch das darin gelöste Ca-Bicarbonat und Karbonat bedingt. Insbesondere durch das Letztere.

Nun ist es üblich, die alkalische oder saure Reaktion eines Wassers durch den negativen Logarithmus der Konzentration der Wasserstoff-Ionen, das sogenannte pH (pondus hydrogenii) anzugeben. Neutrales Wasser hat ein pH von 7, saures Wasser hat ein pH von weniger als 7, während ein solches von zunehmender alkalischer Reaktion einen pH-Wert von über 7 aufzuweisen hat. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei einer Verschiebung von einer Einheit, die Wasserstoffionen-Konzentration um den 10fachen Betrag zu- oder abnimmt.

Hier spielt nun auch die Wasserhärte eine bedeutende Rolle, indem nämlich jeder Grad der Alkalinität ein normales oder zugehöriges pH hat, das auf Grund einer Tabelle oder Kurve gefunden werden kann (Tillmans 23).

Liegt beispielsweise das gefundene pH wesentlich höher als das berechnete, so läßt das darauf schließen, daß intensive Assimilation stattgefunden hat. Liegt aber das pH niedriger, so hat sich durch Zersetzungsprozesse organischer Substanzen Kohlensäure gebildet, die das pH wesentlich herabdrückt.

Untersuchen wir jetzt die von uns auf kolorimetrischem Weg [7] gefundenen pH-Werte der vorliegenden Tabelle nach den ausgeführten Gesichtspunkten, so ergibt sich folgendes: die mittlere Alkalinität des Geistseewassers von 4,83 hat ein zugehöriges pH von 7,4—7,3. Daraus ergibt sich weiter, daß die unter 2,5 m Wassertiefe registrierten pH-Werte, während der Stagnationsperiode, durch Zersetzungsvorgänge, respektive durch die gebildete Kohlensäure beeinflußt sind. Die in der Oberflächenschicht erhobenen Werte dagegen stehen deutlich unter

[7] Mit Hellige-Komparator unter Anwendung von Phenolrot als Indikator.

dem Einfluß der Assimilation, respektive dem CO_2-Entzug. Die assimilatorische Beeinflussung der Reaktion des Seewassers scheint sich allerdings kaum in größerer Tiefe als bis zu 2,5 m geltend zu machen. Ich bedaure, damals entsprechende pH-Messungen in 1 und 2,5 m nicht regelmäßig ausgeführt zu haben. Vergleiche hierzu auch die Tabelle der Kohlensäurewerte.

Wasserstoffionen-Konzentration im Geistsee 1936

Tiefe Meter	4. April	9. Mai	13. Juni	27. Juli	19. Sept.	17. Okt.	28. Nov.	13. März 1937
0	7,8	7,8	7,7	8,2	7,9	7,3	7,5	7,6
2,5	—	7,5	—	—	—	—	—	—
3	7,4	—	7,4	7,4	—	7,2	—	7,6
3,5	—	—	—	—	7,5	—	7,5	—
5	7,1	7,2	—	—	—	—	—	—
5,5	—	—	—	—	—	—	—	7,5
6	—	—	7,0	—	—	7,2	7,5	—
6,5	—	—	—	7,0	6,9	—	—	—

Die im Jahreslauf relativ geringen Schwankungen der pH-Werte sind durch den hohen Karbonatgehalt bedingt, wodurch der Veränderung der Wasserstoffzahl ein erheblicher Widerstand entgegen gesetzt wird, d. h. also, das Wasser des Geistsees ist gut «gepuffert».

Überblickt man die beifolgende Zahlenreihe der im Geistsee vorgenommenen Bestimmungen der *freien Kohlensäure* [8], so stellen wir zunächst eine recht intensive Schichtung derselben fest, die wie beim

[8] Die Bestimmung der freien Kohlensäure im Seewasser erfolgte nach den Vorschriften von Linser (17, S. 1175/76) und Brönstedt (2). Die titrimetrischen Messungen wurden unmittelbar nach dem Aufholen der Wasserproben im Boot vorgenommen. Rötete sich das Wasser bei Zusatz von Phenolphtalein sofort, war also wenig oder keine CO_2 vorhanden, so neutralisierte ich, dem Beispiel Brönstedt's folgend mit entsprechend normaler Salzsäure ($^1/_{22}$ im vorliegenden Falle) und trug die so erhaltenen Zahlen mit einem — versehen in die Protokolle ein.

Sauerstoff durch die thermisch bedingten Zirkulationsperioden einen Ausgleich in der Konzentration erfährt (vgl. die Novemberwerte). Während der Stagnationsperiode in den Sommermonaten kann die CO_2-Konzentration insbesondere unter der thermischen Sprungschicht recht hohe Werte annehmen. In den oberen Wasserschichten ist dagegen nur wenig Kohlensäure vorhanden, vorübergehend sind sie mitunter sogar auch CO_2-frei.

Dieser Zustand ereignet sich nur dann, wenn ein Phytoplankter gelegentlich einmal zu einer stärkeren Entfaltung gelangt. Die Abwesenheit der CO_2 ist also hier auf biogene Vorgänge zurückzuführen. Die oft sehr große Steigerung des Gehaltes an freier Kohlensäure in den bodennahen Wasserschichten ist dagegen auf die sich im Grundschlamm abspielenden Fäulnisvorgänge zurückzuführen. Ein Vorgang, der im Geistsee im Gegensatz zum biogenen CO_2-Abbau verhältnismäßig intensiv ist. Auf jeden Fall zeigt auch hier der Vergleich der Zahlenwerte von O_2 und CO_2, daß sie Antagonisten sind, indem nämlich die Vermehrung der Kohlensäure und die Verminderung des Sauerstoffes parallel laufen.

Hier ist nur ein Teil der CO_2-Bestimmungen zur Darstellung gebracht.

Freie CO_2 im Geistsee im mgr/l

Tiefe Meter	28. November 1936	8. Mai 1937	19. Juni 1937	17. Juli 1937	18. September 1937	28. November 1937	2. April 1938
0	3	−1	2	−3	−2	5	1
0,5	—	—	3	−2	—	—	—
1,5	—	−1	—	—	2	—	5
2,0	—	—	—	0	—	—	—
2,5	—	—	—	—	6	—	—
3	—	2	6	10	8	5	14
3,5	3	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	14	—	—
4,5	—	12	15	15	—	—	23
5	—	—	—	22	38	—	—
6	3	15	20	—	—	5	25
6,5	—	—	—	—	47	—	—

Die Sauerstoffverhältnisse

Der Sauerstoff-Haushalt des Geistsees läßt sich an Hand der beifolgenden Tabelle, in welcher die einzelnen Analysen-Serien [9] zusammengestellt sind, folgendermaßen auswerten:

Im frühen Frühjahr, zur Zeit des homothermen Zustandes, ist der im Wasser gelöste Sauerstoff in allen Tiefen annähernd gleich. Die O_2-Spannug ist relativ gut, ohne jedoch den Sättigungswert zu erreichen. Später, in dem Maß, als sich die thermische Schichtung auszubilden beginnt, setzt vom Seegrund her bereits eine intensive O_2-Zehrung ein.

Im Laufe der Stagnationsperiode, nachdem sich zwischen 3 und 4 m Tiefe die thermische Sprungschicht stabilisiert hat, werden die O_2-Verhältnisse unterhalb derselben zusehends schlechter. Im Bereich der größten Tiefe, die allerdings eine ziemlich engbegrenzte Mulde im Seeboden darstellt, fehlt der O_2 sogar gänzlich. Bei der herbstlichen Teil- und Voll-Zirkulation wird auch der Sauerstoffgehalt wiederum auf alle Wasserschichten gleichmäßig verteilt. Allerdings machen sich die starken O_2-Defizite oft noch recht lange im gesamten Seeraum geltend.

Die O_2-Serie vom 25. Februar 1939 bedarf noch einer besonderen Besprechung. Sie wurde nämlich von einer 21 cm dicken Eisdecke aus erhoben, die seit 9 Wochen bestand. Sie zeigt, in welchem Maß der Eisverschluß, respektive die dadurch bewirkte absolute Wasserruhe, den Abbau des Sauerstoffgehaltes weitgehend begünstigt. Dazu vergleiche man auch die O_2-Werte des Monates November 1937, die den Zustand vor der Eisbedeckung kennzeichnen. Wenn zu dieser Zeit im ungünstigsten Fall eine Sättigung von 54—45 % bestand, so betrug sie am Ende der Eisperiode 1938/39 nur noch 36—8 % [10]. Immerhin ist es erstaunlich zu beobachten, wie rasch sich dann der See hinsichtlich seiner Sauerstoffverhältnisse bis zum März erholt, also innert kürzester Frist. Dieses Phänomen ist mir auch bei anderen Seen aufgefallen.

Um den Sauerstoff-Haushalt des Geistsees richtig zu beurteilen, muß schon hier festgestellt werden, daß dieser See, verglichen mit den anderen kleinen Seen des Mittellandes, recht planktonarm ist. Insbeson-

---

[9] Die Bestimmung des Sauerstoffes wurde nach dem Winklerschen Verfahren in Kombination mit der Alsterbergschen Bromierung durchgeführt.

[10] Auch im Plöner Seengebiet hat Thienemann (22) im Kl. Uklei- und Plussee nach langer Eisbedeckung einen von Tiefenschlamm ausgehenden O_2-Schwund festgestellt, der sich bis in die oberen Wasserschichten bemerkbar machte.

dere findet man nur selten und vorübergehend eine etwas intensivere Massenentfaltung von Phytoplankton. Andererseits ist hier auch von Bedeutung, daß der Seegrund von einer mulmig-torfigen Masse, also vorherrschend organischen Stoffen, erfüllt ist.

Durch die Spärlichkeit des Phytoplanktons wird ohne weiters erklärt, daß selbst in den oberen Wasserschichten der Sauerstoffgehalt meist unter dem Sättigungswert bleibt. Nur im Frühjahr, gelegentlich auch im Sommer, können allerdings, aber meist nur vorübergehend, höhere O_2-Werte gefunden werden, die die Sättigung erreichen oder diese sogar übersteigen. Das ereignet sich nur dann, wenn ein Phytoplankton-Organismus, zum Beispiel eine *Uroglena* zu etwas stärkerer Entfaltung gelangt, so daß er durch seine assimilatorische Tätigkeit einen bestimmenden Einfluß auf den O_2-Haushalt gewinnt.

Was nun die intensive O_2-Zehrung betrifft, die schon zu Beginn der thermischen Schichtung, später unter der Sprungschicht und ganz besonders im eisbedeckten See zu beobachten ist, so wird diese durch die aus dem Grundschlamm in das freie Wasser diffundierenden, stark reduzierenden Stoffe durchaus erklärlich. Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß Humusstoffe besonders reduzierend wirken. So findet man zum Beispiel in typischen Braunwasserseen (Dystrophe Seen) und ebenso in Waldseen auf deren Grund große Mengen von verrottendem Laub liegen (Laubdy) einen weitgehenden und dauernden O_2-Schwund, der mitunter bis dicht unter die Seeoberfläche reicht (von Brandt, A. 1). Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der Sauerstoff-Haushalt des Geistsees vorwiegend durch seine Bodensedimente und nur sekundär durch den Planktonbestand gesteuert wird.

Im Geistsee beträgt der Kieselsäure-Gehalt, SiO_2, des Wassers nach unseren Bestimmungen 4—5 mg/l. Nach Perioden etwas stärkerer Entfaltung planktischer Diatomeen *(Asterionella)* kann der SiO_2-Gehalt, besonders in den oberen Wasserschichten, auf 2,5—3 mg/l zurückgehen, wie das zum Beispiel im Spätherbst 1936 der Fall war.

Sauerstoffverhältnisse 1936

4. April 1936					9. Mai 1936				
Tiefe	Tp.	O_2	S	% S	Tiefe	Tp.	O_2	S	% S
0	15	6,85	6,47	105	0	16,8	6,37	6,21	102
1	—	—	—	—	1	14,4	7,43	6,47	114
2	8,4	9,33	7,59	122	2	11,4	8,12	6,91	117
3	—	—	—	—	3,5	8,4	6,04	7,41	81
4	7,0	4,59	7,79	58	4	—	—	—	—
5	7,0	1,87	7,79	24	5	7,0	1,79	7,79	22

13. Juni 1936					11. Juli 1936				
Tiefe	Tp.	O_2	S	% S	Tiefe	Tp.	O_2	S	% S
0	17,0	6,12	6,27	97	0	18,4	8,00	6,48	132
1,5	15,0	5,68	6,54	86	2	17,2	9,08	6,75	144
3,0	12,4	5,02	6,40	78	3	16,2	—	—	—
4,5	9,0	1,71	7,49	22	4	11,3	1,01	6,99	14
6	8,2	1,30	7,68	16	6,5	10,2	0,00	7,31	0

19. September 1936					28. November 1936				
Tiefe	Tp.	O_2	S	% S	Tiefe	Tp.	O_2	S	% S
0	20	5,41	6,02	89	0	4,4	6,93	8,50	81
1	17	—	—	—	1	4,4	6,96	8,50	81
2	17	4,65	6,27	75	2,5	4,4	7,00	8,50	82
4	14,1	0,89	6,68	12	4	4,4	6,97	8,50	82
6,5	10,6	0,00	7,31	0	6	4,8	6,79	8,28	80

T = Tiefe in Metern
Tp. = Temperatur des Wassers in C°
O_2 = Sauerstoffgehalt in cm^3/l
S = Sättigungswerte des Wassers mit O_2 in cm^3/l, berechnet nach dem Absorptionskoeffizienten von Winkler bei der jeweiligen Wassertemperatur und dem jeweiligen Barometerstand am Geistsee
% S = Sauerstoffgehalt in Prozenten der Sättigung

Sauerstoffverhältnisse 1937

13. März 1937					8. Mai 1937				
Tiefe	Tp.	O_2	S	% S	Tiefe	Tp.	O_2	S	% S
0	5,6	6,96	8,10	85	0	17,0	6,50	6,40	101
3	5,4	6,85	8,10	84	3	9,4	6,23	7,31	85
5,5	5,0	6,76	8,10	83	6	7,0	1,65	7,87	20
18. September 1937					**20. November 1937**				
Tiefe	Tp.	O_2	S	% S	Tiefe	Tp.	O_2	S	% S
0	17	3,73	6,33	58	0	5,4	4,36	7,98	54
3	14,8	3,48	6,40	54	3	5,2	3,70	8,19	45
4,5	14,2	2,65	6,61	40	4,5	—	—	—	—
6	10,2	0.93	7,24	12	6	5,2	3,72	8,19	45

Sauerstoffverhältnisse 1939

25. Februar 1939					25. März 1939				
Tiefe	Tp.	O_2	S	% S	Tiefe	Tp.	O_2	S	% S
0	1,2	3,33	9,21	36	0	5,2	5,68	8,10	70
1,5	4,0	1,01	9,21	10	1,5	5,0	5,51	8,10	68
3	4,2	0,69	8,50	8	3	4,6	5,44	8,10	67
4	—	—	—	—	4	4,5	5,18	8,10	63
5	5,0	0,69	8,28	8	5	4,4	5,02	8,30	60
6	—	—	—	—	6	4,4	4,95	8,30	59

Das Plankton des Geistsees nebst einigen Bemerkungen zur Morphologie und Oekologie seiner Komponenten

DAS PHYTOPLANKTON

Cyanophyceen

Microcystis aeruginosa Kütz.

Diese *Cyanophycee* haben wir im Sommer- und Herbstplankton von August bis Oktober beobachtet, aber sie gelangte nie zu einer stärkeren Entfaltung, so daß es etwa zu einer Wasserblüte gekommen wäre.

Ähnlich verhält sich auch *Coelosphaerium Naegelianum* Ung. *Merismopedia tenuissima Lemm,* ein mehr fakultativer Plankter, sowie *Chroococcus limneticus Lemm.* haben wir gelegentlich in den Proben gesichtet.

Flagellaten

Chrysomonadinae.

Mallomonas caudata Iwanoff, vereinzelt im Sommerplankton.

Uroglena volvox Ehrenberg.

Uroglena-Kolonien sind fast das ganze Jahr hindurch mehr oder weniger häufig im Plankton des Geistsees zu finden. Gelegentlich kann sogar ein Massenauftreten derselben beobachtet werden, so zum Beispiel im August und September 1936, dann wieder im Herbst 1940.

Dinobryon [11].

Dinobryon divergens Imhof (Syn. *D: sertularia* usw.).

Im Jahre 1936 trat *D. divergens* bereits im Juni ziemlich häufig auf, im Juli war das Trichterbäumchen mit *Ceratium* codominierend. Späterhin, also von August bis September, konnten nur vereinzelte Kolonien dieses Organismus im Plankton nachgewiesen werden. Erst im November zeigte sich *Dinobryon* wieder etwas häufiger.

Im Jahre 1937 erschien *D. divergens* schon im Mai und bildete im Juni Cysten. Von Juli an waren keine *Dinobryon* mehr im Plankton zu finden. Im September trat dann *Dinobryon sociale* var. *stipitatum (Stein) Lemm.* auf.

---

[11] Die Gattung *Dinobryon* ist hier nach dem in «Huber-Pestalozzi» (12, pag. 222) gegebenen Schlüssel von Krieger bestimmt und bearbeitet.

Im Jahre 1938 war wiederum *D. divergens* hauptsächlich in den Sommermonaten Juni und Juli häufig. Auffallend war in den Jahren 1939 und 1940 das frühe Erscheinen der Trichterbäumchen, die schon im März und April im Plankton zu finden waren, im April 1940 sogar dominierend.

Eugleninae

Euglena acus Ehrenberg ist im Sommerplankton des Geistsees auffallend häufig.

Phacus pleuronectes (O. F. M.) Duj. fanden wir nur selten.

Astasia.

In einer Probe aus dem Hypolimnion vom 25. Juni 1938, die ich an Dr. Huber-Pestalozzi sandte, fand dieser 2 *Astasien*, farblose, stark metabolische [12] Formen, die in morphologischer Hinsicht von den bis jetzt beschriebenen abweichen und möglicherweise neu sind.

Wie mir Dr. Huber-Pestalozzi darüber mitteilte, ist die häufigere *Astasia* länglich, zylindrisch, mit einer körperlangen Geißel. Das Stigma fehlt, die Paramylon-Körner sind im Vorderteil angereichert. Sie scheint der *Astasia Klebsii Lemm.* nahezustehen, aber sie ist beträchtlich kleiner als diese. Länge 30—40 μ, Breite vorn zirka 10 μ.

Eine zweite, weniger häufige *Astasia*, die sich auch in der Probe befand, ist ebenfalls stark metabolisch und ohne Stigma, am Ende hyalin, mit Paramylon-Körnern im Vorderteil. Länge 62 μ, Breite 2,6—3,7 μ, der *Astasia curvata Klebs.* nahestehend, jedoch ohne Spiralstreifung der Membran.

Peridineen

Über das Auftreten von Peridinium cinctum Ehrb. im Geistsee konnten die folgenden Beobachtungen gemacht werden: Im Frühjahr, April und Mai, sind nur vereinzelte Individuen im Plankton zu finden; erst im Juni oder Juli wird Peridinium häufiger. Im August und September wird es sogar dominierend und mit Uroglena und Ceratium codominierend. Auch im Oktober ist dieser Organismus noch recht häufig, um aber dann in den Wintermonaten fast ganz aus dem Plankton zu verschwinden.

Peridinium pusillum (Penard) Lemm. Glenodinium pusillum Penard. Diese kleine, mit Apex versehene *Peridinium*-Art ist deutlich dorsiven-

[12] Unter Metabolie sind hier Gestaltsveränderungen zu verstehen, die durch peristaltisch verlaufende Kontraktionen der Hautschicht hervorgerufen werden.

tral abgeplattet. Die kegelförmige Epivalva ist größer als die kurz abgerundete Hypovalva. Länge 18—22 μ, Breite 16—20 μ. Im Geistsee fand ich diese Peridinee im Juni 1936 besonders häufig, auch im Juni 1937 war sie wiederum vorhanden.

Ceratium hirundinella O. F. M. erscheint regelmäßig, allerdings zunächst ganz vereinzelt, im April im Plankton des Geistsees, um im Oktober wieder zu verschwinden. Vom Mai bis September war *Ceratium* während der drei Beobachtungsjahre im Plankton dieses Sees immer reichlich vertreten. Bezüglich der sehr variablen Größenverhältnisse im Verlauf der Vegetationsperiode dieses Organismus lassen sich keine Gesetzmäßigkeiten ableiten, wie schon aus den beifolgend zusammengestellten Maßzahlen der Länge und ihrer Mittelwerte für die einzelnen Monate ersichtlich ist.

1936		1937		1938	
Mittelwert	Extreme	Mittelwert	Extreme	Mittelwert	Extreme
Mai 225 μ	204—240 μ	Mai 256 μ	210—312 μ	Mai 217 μ	195—279 μ
Juni 234 μ	195—267 μ	Juni 217 μ	210—240 μ	Juni 213 μ	180—240 μ
Juli 228 μ	210—240 μ	Juli 217 μ	204—240 μ	Juli 234 μ	219—264 μ
Aug. 219 μ	207—231 μ	Aug. — μ	—	Aug. —	—
Sept. 226 μ	201—240 μ	Sept. 210 μ	198—225 μ	Sept. —	—

Das größte aus dem Geistsee gemessene *Ceratium* hatte also eine Länge von 312 μ (Mai 1937), während das kürzeste eine solche von nur 180 μ (Juni 1938) hatte.

Während der Untersuchungsperiode schwankten die Mittelwerte der Länge zwischen 210 und 256 μ.

Für die *Ceratien* aus dem Geistsee hat sich als charakteristisch erwiesen, daß sie zu Beginn der Vegationsperiode dreihörnig sind und zu dieser Zeit höchstens einen kleinen Ansatz zum dritten Antapikalhorn aufweisen. Im Sommer dagegen sind sämtliche Individuen vierhörnig, mit kräftig entwickeltem drittem Antapikalhorn. Im August und September macht sich dann eine mehr oder weniger starke Reduktion in der Länge derselben geltend, ohne daß dieses aber vor dem Verschwinden des Organismus aus dem Plankton ganz zurückgebildet würde.

Nachdem ich die *Ceratium*-Populationen der meisten Kleinseen des bernischen Mittellandes, in den Höhenlagen von 465 bis 666 m über Meer, untersucht habe, konnte ich feststellen, daß hier Formanomalien bei der Schwalbenschwanzalge nur äußerst selten zu beobachten sind. Huber-Pestalozzi (10) hat darauf aufmerksam gemacht, daß jedoch alpine *Ceratien* relativ häufig zu Formanomalien neigen und diese sogar auch konstant sein können. So fand er im Cauma-See bei Flims, in 1000 m über Meer (Graubünden), in drei aufeinander folgenden Jahren bei 3—6 % der untersuchten *Ceratium*-Individuen Deformitäten.

Ceratium cornutum Clap- u. Lachm.

Trotzdem sonst *C. cornutum* in kleinen, seichten Gewässern besonders häufig vorkommt, habe ich diese Peridinee im Geistsee nur dann und wann in ganz vereinzelten Exemplaren beobachtet. Möglicherweise sind hier die thermischen Verhältnisse diesem Kälte liebenden Organismus nicht zusagend.

DAS DIATOMEEN-PLANKTON

Im Geistsee sind die *Cyclotellen* durch *Cyclotella comensis Grun.* und *C. comta (E) Kg.* vertreten; beide sind perennierende Plankter, wobei der erstere meist bedeutend häufiger ist.

Ferner haben wir auch *C. Kützingiana var. planctophora (Roth.) Ktz.* festgestellt, die aber mengenmäßig hinter den beiden erstgenannten wesentlich zurückbleibt.

Bemerkenswert ist noch, daß die Gattung *Stephanodiscus* im Geistsee nicht vorzukommen scheint, auch bei der Untersuchung des Grundschlammes konnte ich keine leeren Schalen finden.

Fragilaria capucina Desmaz. sowie *Tabellaria flocculosa (Roth) Ktz.* sind ebenfalls vereinzelt im Plankton festzustellen.

Synedra acus Kütz.

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrb.

Synedra capitata Ehrb. mehr tycholimnetisch.

Asterionella formosa Hassall.

Die schmal-linearen Zellen der *Asterionellen* weisen verdickte Polenden auf. Für die Spezies *formosa,* um welche es sich im Geistsee handelt, ist nun charakteristisch, daß der Fußpol wesentlich breiter ist als der Kopfpol, was besonders in der Valvaransicht deutlich wird. In Sty-

rax-Präparaten läßt sich dieses sonst leicht zu übersehende Merkmal mit aller Klarheit erkennen.

Über die Form und das Auftreten der Sternalge im Geistsee ist Folgendes zu sagen: Im ersten Beobachtungsjahr 1936 fanden sich die ersten, allerdings nur ganz vereinzelt auftretenden *Asterionellen* im August. Im September und Oktober wurden sie immer häufiger und bildeten im November mit *Uroglena* das dominierende Phytoplankton. Auch im Dezember und Januar 1937 war die Sternalge noch im Plankton vorhanden. Dagegen war sie von Februar an und auch späterhin nicht mehr zu finden. Zu Beginn ihres Erscheinens waren die Kolonien achtzellig, mitunter gab es auch sechzehnzellige. Die Länge der einzelnen Zellen (Frusteln) betrug 66 μ. Im November, zur Zeit des Maximums, und auch später, bis zu ihrem Verschwinden, war die Zellenlänge 72 μ, und neben den vorherrschend achtzelligen Kolonien fanden sich jetzt auch einige vierzellige. Im Spätsommer und Herbst 1937 sowie in der Folgezeit haben wir dann *Asterionella* nicht mehr beobachtet. Erst im März 1939 war sie wiederum recht häufig mit vier-, fünf-, sieben- und achtzelligen Kolonien im Plankton des Geistsees vertreten. Die Frusteln waren aber länger als jene in den Proben von 1936, sie betrugen 75 bis 90 μ, im Mittel 81 μ. In einer Planktonprobe vom 14. April 1940, in welcher abermals *Asterionella* mit *Uroglena* codominierend auftrat, fanden sich fast ausschließlich vierzellige Kolonien der Sternalge. Die Längen der Zellen betrugen 81 bis 87 μ. Es sei ausdrücklich betont, daß diese Größenvariationen lediglich als Wachstumszustände im Entwicklungsgang der Art zu bewerten sind.

Protococcales

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs = *Raphidium falcatus Corda* ist fast zu jeder Jahreszeit in den Planktonproben vereinzelt vorhanden, zuweilen kann dieser Organismus aber auch eine Massenentwicklung erreichen und mit anderen zur Codominanz gelangen, so z. B. im November 1936.

Ankistrodesmus spiralis (Turner) Lemm. fanden wir wiederholt in ganz vereinzelten Exemplaren.

Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson ist dauernd im Plankton vertreten, aber in den Proben sind immer nur vereinzelte Individuen zu finden.

Pediastrum Boryanum (Turpin) Meneghini, die Tafelsternalge, ist sozusagen in jeder Planktonprobe vorhanden, ohne aber zur Dominanz

oder Codominanz zu gelangen. Dieser Organismus kann für den Geistsee als charakteristisch gelten, während er im Amsoldinger-, Gerzen- und Moosseedorfsee immer nur gelegentlich und ganz vereinzelt in den Planktonproben zu finden war.

Coelastrum microsporum Naeg. und *C. cambricum Archer* und *C. cambricum var. intermedium (Bohl) G. S. West* sind vom Mai bis September im Plankton vorhanden.

Außerdem haben wir von den folgenden Protococcaceen im Sommerplankton (Juni bis September) vereinzelte Individuen festgestellt:

Oocystis spec., *Tetraëdron caudatum* var. *incisum Lagerheim.*

Crucigenia Tetrapedia (Kirchner) W. u. G. S. West., Crucigenia quadrata Morren, Tetrastrum multisetum var. punctatum Schmidle, Stichococcus bacillus Näg.

Sphaerocystis Schroeteri Chod. = Gloeococcus Schroeteri (Chodat) Lemm., diese Palmellacee tritt im Sommerplankton des Geistsees gelegentlich recht zahlreich auf.

Desmidiaceen:

Ein kleines *Cosmarium,* das mit *Cosmarium phaseolus depressum* identisch sein dürfte, fand sich dann und wann im Sommerplankton des Geistsees.

DAS PLANKTON DES HYPOLIMNIONS

Unter diesem Titel seien hier einige Organismen behandelt, die nicht mit dem Planktonnetz erbeutet wurden, sondern solche, die sich im Sediment befanden, das sich in den aus der Tiefe zwischen 5 und 6 m geschöpften Wasserproben niederschlug. Es handelt sich also um Organismen, die schwebend in der Tiefe, und zum Teil auch um solche, die über dem Grundschlamm oder in den obersten Schichten desselben leben.[13]

Cyanophyceen

Chroococcus giganteus W. West. und *Oscillatoria limosa Ag.,* eigentlich tycholimnetische Organismen, die aber auch regelmäßig, in Vergesell-

[13] Die im Folgenden genannten Organismen sind in hypolimnischen Proben gefunden worden, die von Mai bis September erhoben wurden, also zur Zeit der Sommerstagnation.

schaftung der Diatomeen *Cymbella Ehrenbergii Kütz* und *Navicula oblonga Kütz*, in den meist im Frühjahr aus der Tiefe an die Wasseroberfläche steigenden «Fladen» angetroffen werden und also offenbar dort ihren Lebensbezirk haben.

Lyngbya pseudovacuolata Vetter.

In den Schöpfproben aus der Tiefe fanden wir ferner aus der Ordnung der Eubacterien: *Lampropedia hyalina I. Schröter.*

Zu den Chlamydobacterien (Scheidenbakterien) gehört die Eisenbakterie *Leptothrix ochracea Kg.*, die im Geistsee mitunter häufig werden kann.

Aus der Ordnung der Thiobacterien (Schwefelbakterien) fanden sich von farblosen Schwefelbacterien:

Beggiatoa alba (Vaucher) Trevis auf dem Grundschlamm. Ferner *Thiothrix nivea (Rbh.) Winogr.*, deren gegliederte Fäden vermittelst Gallertpolstern an festen Unterlagen haften. So findet man bei der kleinen Schwefelquelle auf der Südseite des Geistsees, unmittelbar am Ufer, die toten, in das Wasser hängenden Pflanzenteile, namentlich im Winter, von feinen, rasenartigen Überzügen dieser Schwefelbakterie besetzt.

Die roten Schwefelbakterien *(Rhodo-Thiobacterien)* sind im Geistsee durch drei Gattungen vertreten, die ausgesprochene Bewohner des Tiefenplanktons sind, nämlich: *Thiocapsa roseo-persicina Winogr.* — *Lamprocystis roseopersicina (Kg.) Schröter* und *Chromatium (E.) Perty*, letztere ist sehr häufig. — *Chromatium vinosum Winogr.* ist dagegen bedeutend seltener.

Physiologisches:

Die roten Schwefelbakterien vertragen bedeutend höhere Schwefelwasserstoff-Konzentrationen als die farblosen Schwefelbakterien. Schon durch diese Eigenschaft wird verständlich, daß solche Organismen im hypolimnischen Milieu zu leben vermögen, in welchem, besonders in eutrophen Verhältnissen im fortgeschrittenen Stadium der Sommerstagnation, immer mehr oder weniger Schwefelwasserstoff vorhanden ist. Die roten Formen vermögen sogar unter Luftabschluß, also anaerob, zu leben; denn sie können vermittelst ihres roten Farbstoffes, dem Bacteriopurpurin, im Licht Kohlensäure assimilieren unter Abgabe geringer Mengen von Sauerstoff.

Zum Schluß bleibt uns noch eine sehr eigenartige Gruppe von Organismen zu besprechen, nämlich die Chlorobakterien. Die Bestim-

mung dieser Organismen verdanke ich Herrn Dr. G. Huber-Pestalozzi[14] in Zürich, der dieselben in Planktonproben aus dem Hypolimnion des Geistsees fand, die ich ihm seinerzeit zur Untersuchung übersandte.

Bei den Chlorobakterien[15], deren systematische Stellung übrigens noch sehr unsicher ist, handelt es sich um kleine, stäbchenförmige, elliptische oder rundliche Zellen (0,6 bis 2,5 μ), die zu fädigen, oft netzartig durchbrochenen Kolonien verbunden sind und so als frei schwimmende Verbände leben. Für die Zellen ist die gelb-grüne Färbung charakteristisch, sie wird durch das Bakterioviridin erzeugt, das mit dem Chlorophyll der höheren Pflanzen zwar nicht identisch ist, aber doch die Assimilation der CO_2 vermitteln kann.

In ökologischer Hinsicht sind die Chlorobakterien Organismen, deren Vorkommen an das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff und einer entsprechend geringen O_2-Spannung gebunden ist, Verhältnisse, wie sie im Sommer im Hypolimnion eutropher Gewässer realisiert sind.

Unter ebensolchen Bedingungen fanden wir im Mai, Juni und zum Teil noch im Juli im Hypolimnion des Geistsees die folgenden Gattungen:

Sorochloris aggregata Pascher.

Kugelige Einzelzellen, die in gemeinsamer Gallerthülle eingeschlossen sind und Kolonien oder Lager bilden.

Pelodictyon clathratiforme (Szafer) Geitler.

Stäbchenförmige Zellen, die zu mehr oder weniger regelmäßig durchbrochenen Kolonien angeordnet sind. Dieser Organismus war nur in vereinzelten Exemplaren im Geistsee zu finden.

Chlorochromatium aggregatum Lauterborn.

Hier handelt es sich um eine Symbiose zwischen einem zentralen, begeißelten Stäbchen und grünen Hüllbakterien. Das zentrale Stäbchen ist hyalin. In unserem Material konnten auch verschiedene Teilungsstadien beobachtet werden. Im Mai 1938 war z. B. *Chlorochromatium* im Hypolimnion des Geistsees so massenhaft entwickelt, daß das Wasser grünlich gefärbt war.

---

[14] An dieser Stelle möchte ich nicht unterlassen, dem hochverdienten Planktonforscher meinen aufrichtigen Dank zu sagen für die vielen Nachprüfungen von Bestimmungen, die er zu meinen Handen besorgt hat, sowie auch speziell dafür, meine Aufmerksamkeit auf diesen interessanten Organismus gelenkt zu haben.

[15] Über die Morphologie und Biologie der Chlorobakterien siehe bei Huber-Pestalozzi (11, pag. 305—315), wo auch Abbildungen auf Tafel LXIV und LXV sowie weitere Literaturangaben zu finden sind.

DAS ZOOPLANKTON

Ciliaten

Coleps hirtus Ehrenb. ist zeitweise recht häufig vorhanden.

Trichodina pediculus Müller und *Prorodon teres Ehrb.* waren dagegen Zufallsfunde.

Im Rotatorienplankton des Geistsees sind die Gattungen *Anuraea, Polyarthra* und *Triartha* fast immer mehr oder weniger häufig vorhanden.

Anuraea aculeata (Ehrb.) ist ganz besonders häufig in den Sommermonaten, zu welcher Zeit dieses Rotator gelegentlich sogar die Vorherrschaft im Zooplankton erlangen kann. Bezüglich seiner Gestalt, Ausbildung der Hinterdorne usw. konnten wir im Jahreslauf keine großen Veränderungen beobachten. In unserem Material war die Körperlänge 120—135 μ, im Mittel 130 μ, die Länge der Hinterdorne 84—135 μ. Formen mit ausgesprochen verkürzten Hinterdornen haben wir nicht gefunden.

Anuraea cochlearis (Gosse) ist im Geistsee ebenfalls perennierend, im allgemeinen jedoch etwas weniger häufig als *A. aculeata,* was nicht hindert, daß auch *A. cochlearis* gelegentlich einmal die Dominanz erlangen kann, wie wir das beispielsweise im Mai 1936 feststellten. Auch bei dieser Spezies scheint die Formveränderung im Laufe des Jahres verhältnismäßig gering zu sein. Das in unserem Material gemessene Extrem der Hinterdornlängen betrug 60—123 μ. Dornenlose Formen oder solche, deren Hinterdorn einigermassen stark reduziert gewesen wäre, habe ich nicht gefunden. Auf jeden Fall lassen sich die relativ geringen Form- und Größenunterschiede weder bei *Anuraea aculeata* noch bei *A. cochlearis* im Sinne einer Zyklomorphose interpretieren und auswerten.

Pompholyx complanata (Gosse). Diese Art fand ich nur einmal im Geistsee, und zwar im September 1937 (18. 9.), zu welcher Zeit dieses Rotator ziemlich häufig war. Schreyer (21, p. 88) fand es ausschließlich im Januar im Moosseedorfsee. Er bemerkt dazu (l. c. p. 54): «in der Schweiz bisher nur aus dem Katzensee bekannt.» Im Oktober 1949 fand ich *P. complanata* auch im Lobsigensee. Hier waren nach der Eiablage, in vielen Fällen, die Eiballen durch einen hyalinen Faden mit dem weiblichen Tier noch in Verbindung.

Triarthra longiseta (Ehrb.) gehört ebenfalls zu den sehr häufigen und perennierenden *Rotatorien* des Geistsees. Dominierend im Zooplankton

fand ich *Triarthra* immer im frühen Frühjahr (Februar bis April). Ende Februar 1939 z. B., als im See nach einer Eisbedeckung von neun Wochen die Sauerstoffzehrung weit fortgeschritten und der gesamte Planktonbestand auf ein Minimum zurückgegangen war, besaß *Triarthra* bereits die Alleinherrschaft.

Polyarthra platyptera (Ehrb.) ist meist vorhanden, besonders häufig fand ich dieses Rotator in den Fängen von April und Mai.

Asplanchna priodonta (Gosse). Frühjahr bis Herbst, aber meist nur vereinzelt, einzig im März 1937 sehr häufig.

Notholca longispina (Kellicot). Während *Notholca* in manchen Gewässern eine perennierende Art ist, kann sie in anderen zeitweise vollständig fehlen. So z. B. auch im Geistsee, wo sie im Frühjahr und Herbst vorhanden ist, dagegen im Sommer ganz oder fast ganz verschwindet.

Gastropus stylifer (Imhof). Von Frühjahr bis Herbst, aber nur vereinzelt.

Diurella stylata (Eyferth). Frühjahr bis Herbst, im Sommerplankton am häufigsten.

Rattulus capucina (Wierzejski et *Zacharias),* im Sommer- und Herbstplankton zuweilen häufig.

Anapus testudo (Lauterborn), einmal im April 1940 sehr häufig.

Crustaceen-Plankton

Cladoceren

Diaphanosoma brachyurum (Liévin) tritt im Geistsee als monocyklische Warmwasserform auf, wo sie in den Sommermonaten sehr häufig werden kann. Im November ist sie verschwunden, um erst im Mai wieder zu erscheinen.

Daphnia longispina O. F. M., zuweilen mit einem dornartigen Fortsatz am stets abgerundeten Kopf.

Bosmina longirostris (O. F. Müller) ist hier perennierend, um in den Sommermonaten, meist im Juli, der vorherrschende Zooplankter zu sein.

Copepoden

Die *Copepoden* sind im Geistsee durch *Cyclops strenus Fischer* und *Diaptomus gracilis Sars.* vertreten. *Diaptomus* ist perennierend und meist sehr häufig. Diese *Copepode* kann nach meinen Feststellungen sowohl im Frühjahr als auch im Sommer und Herbst zur Dominanz oder Codominanz im Zooplankton gelangen. Bemerkenswert ist, daß die schönen,

orange- oder stahlblauen Färbungen, die man bei den *Diaptomiden* zuweilen, namentlich aber im Winter, beobachten kann, hier das ganze Jahr mehr oder weniger intensiv in Erscheinung treten.

DER AUFWUCHS

Unter Aufwuchs sind jene *Mikrophyten* und *Mikrozooen* zu verstehen, die im Litoral und Sublitoral auf einer festen Unterlage haften, ohne in dieselbe einzudringen. So sind lebende und tote untergetauchte Pflanzenteile sowie Steine immer von einem mehr oder weniger dichten Belag solcher Organismen überzogen. Wir haben «Kratzproben», die von *Scirpus*- und *Phragmites*stengeln stammten, untersucht, aber im allgemeinen habe ich bei solchen Studien mit dem Platten-Verfahren viel «sauberere» Resultate erzielt.

Die auf einer Glasplatte befestigten Objektträger können in beliebiger Tiefe und während bestimmten Zeitintervallen exponiert werden, was ermöglicht, die Zusammensetzung des Aufwuchses verschiedener Tiefenstufen und seine Veränderungen im Jahreslauf zu erfassen.

Im Geistsee mußte ich mich darauf beschränken, die Aufwuchsplatten in einer Tiefe von etwa 40 cm durchschnittlich während der Dauer eines Monats zu exponieren.

Ein sehr großer Vorteil der Plattenmethode ist zweifellos auch der, daß die Organismen ohne jegliche Beschädigung «in situ» sowohl lebend als auch in fixiertem und gefärbtem Zustand untersucht und bearbeitet werden können.

Schon der makroskopische Vergleich der Objektträger, die zu verschiedenen Zeiten exponiert waren, vermitteln einen guten Überblick über die Produktionsstärke. So konnte im Geistsee festgestellt werden, daß im Winter und Frühjahr der Belag auf den Platten sehr schwach und durchsichtig war, um dann im Sommer und bis in den Herbst hinein an Dichte zuzunehmen.

Es ist noch zu bemerken, daß außer den typischen Aufwuchs-Organismen besonders dann, wenn ihre Produktion nicht sehr intensiv ist, sich auch Organismen des freien Wassers auf den Platten festsetzen. So ergibt sich die Möglichkeit, aus der Analyse des Plattenbelages im lebensfrischen Zustand einen Einblick in die jeweilige Planktonzusammensetzung zu erhalten. Auffallend ist beispielsweise, daß auch die pelagisch lebenden *Cyclotellen* sich mit größter Regelmäßigkeit auf den Platten ansiedeln, wo sie dann im Styrax-Präparat einer sorgfältigen Untersuchung und Be-

Die im Aufwuchs des Geistsees

	1936				
	4—6*	7—8	8—10	10—11	11—12
Tabellaria fenestrata var. intermedia Grun.	+	+	+	+	+
Diatoma hiemale (Lyngbye) Heiberg		+	+	+	
Synedra capitata Ehr.	+	+	+	✤	+
Synedra acus Kütz.					+
Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.	+	+	+	+	
Synedra ulna var. Ostenfedii Krieger			+		
Eunotia arcus Ehrenb.	+	+			+
Eunotia lunaris (Ehr.) Grunow		+	+	+	
Cocconeis placentula var. euglypta (Ehr.) Cleve	✤	✤	+	+	
Eucocconeis flexella (Kütz.)	+	+		+	+
Microneis microcephala Cleve	✤	+	✤	✤	+
Neidium affine (Ehr.) Cleve					
Navicula oblonga Kütz.					
Navicula radiosa Kütz.		+		+	
Amphora ovalis Kütz.				+	+
Cymbella cistula (Hemprich) Grun.	+			+	+
Cymbella ventricosa Kütz.	+	+	+		
Gomphonema acuminatum var. coronata (Ehr.) W. Smith	+		+	+	+
Gomphonema constrictum var. capitata (Ehr.)	+	+	+	+	+
Epithemia zebra var. porcellus (Kütz.) Grun					
Rhopalodia parallela (Grun.) O. Müller					
Nitzschia sigmoidea (Ehr.) W. Smith					

* Die Zahlen am Kopf der Kolonnen bedeuten die Monate, in welchen die Platten zur Exposition gelangten.

vorkommenden Diatomeen

1937						
12—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	
+	+	+	+	+	+	in kleinen Wasserbecken zuweilen häufig, z. B. auch im Hüttensee
				+		
+	+		+	+		
+	+	+				
✤	+					
+	+					
				+		
	+		+	+		
+				+	+	
			+	+	+	
		+	✤	+	✤	
	+					
				+	+	im Grundschlamm häufig
	+		+	+	+	
	+					
		+	+	+	+	
				+	+	
			+	+	+	
+				+		
	+					
						nur im Grundschlamm gefunden
	+				+	im Grundschlamm häufiger

Die *fetten Kreuze* bedeuten, daß die Art in sehr großer Menge vorhanden war.

stimmung zugänglich werden. Bei der Durchsicht von Planktonproben dagegen läuft man zuweilen Gefahr, namentlich, wenn es sich um kleine und nur spärlich auftretende Formen handelt, dieselben zu übersehen.

Während der Zeit von April 1936 bis Juni 1937 haben wir im Aufwuchs des Geistsees die folgenden Organismen gefunden:

A. Mikrozooen

Im Belag der Platten waren im allgemeinen auffallend wenig tierische Organismen zu beobachten.

Am häufigsten waren die Gehäuse von Rhizopoden, insbesondere *Centropyxis aculeata* und *Arcella.*

Heliozoa: Wiederholt fanden sich im Belag die Kieselschuppen und Nadeln der Hüllen (Skelett) von *Acanthocystis.*

Wimperinfusorien: *Carchesium.*

Cnidaria: *Hydra vulgaris Pall.* und *Chlorohydra viridissima Pall.*

Vermes: *Nematoden.*

Bryozoa: *Plumatella fungosa (Pall.)* auf im Wasser liegenden Ästen.
Plumatella polymorpha (Krpln.) an der Unterseite von Seerosenblättern.

B. Mikrophyten

Im pflanzlichen Aufwuchs fanden sich regelmäßig und häufig die scheibenförmigen Thalli von *Coleochaete scutata Bréb. (Ulothrichale),* während *Stigocaulonium* bedeutend seltener war.

Bulbochaete, deren verzweigte Fäden an den Endzellen in eine lange Borste auslaufen, trat ziemlich häufig auf.

Zum Aufwuchs gehört auch die *Rhodophycee Batrochospermum,* die ich zuweilen auf im Wasser liegenden toten Ästen feststellen konnte. Leider konnte die Spezies der drei letztgenannten Gattungen nicht mit Sicherheit bestimmt werden, da die Reproduktionsorgane fehlten. Neben diesen Organismen waren die Kieselalgen *(Diatomeen)* immer das vorherrschende Element im Aufwuchs. Auch habe ich der Durcharbeitung derselben die größte Aufmerksamkeit zugewendet.

Da zur Bestimmung der *Bacillariaceen* die Strukturen der Kieselschalen von größter Bedeutung sind, so behandelten wir die Objektträger, welche für diese Untersuchungen bestimmt waren, mit Salpetersäure (5 bis 10 Minuten). Die so gereinigten, mit destilliertem Wasser hernach

gründlich ausgewaschenen und dann getrockneten Präparate lieferten in Styrax eingebettet ein vorzügliches Material zur Durchführung der Bestimmungen.

Die im Aufwuchs des Geistsees gefundenen *Diatomeen* sind in der Tabelle auf Seiten 32/33 eingetragen, aus welcher auch die Zeit ihres Auftretens ersichtlich ist.

DIE DIATOMEEN-FLORA DES GRUNDSCHLAMMES

Im Grundschlamm der Seen finden sich oft massenhaft die nicht verwesbaren Kieselgerüste sowohl abgestorbener planktischer *Diatomeen* als auch solcher aus dem Aufwuchs des Litorals, die durch Wasserströmungen in die Tiefenzone herabgeschwemmt wurden. Dieses «Archiv» gibt uns jeweilen eine recht vollständige Übersicht über die im betreffenden See vorkommenden Kieselalgen. Was den Geistsee betrifft, so steht dieses Inventar in recht guter Übereinstimmung mit den im Plankton und namentlich auch im Aufwuchs festgestellten Formen. (Vergleiche das im Abschnitt Aufwuchs Gesagte.)

Immerhin gibt es einige *Diatomeen,* die wir sowohl im Plankton als auch im Aufwuchs der Litoralzone vollständig oder fast vollständig vermissen. Es sind jene Kieselalgen, deren eigentlicher Lebensraum die Tiefenregion [16] ist. Im Grundschlamm des Geistsees haben wir die folgenden *Diatomeen* lebend gefunden:

Gyrosigma attenuatum (Kütz) Rabenh, Neidium iridis (Ehr.) Cleve., *Stauroneis phoenicenteron Ehr., Navicula oblonga Kütz,* häufig, *Pinnularia maior (Kütz) Cleve.* und *Cymbella Ehrenbergii Kütz.*

Hier ist zu bemerken, daß im allgemeinen diese *letztere Diatomee* eigentlich nicht zu den Grundschlamm bewohnenden Formen zählt. Trotzdem fand ich diese schöne *Cymbella* sowohl im Geistsee als auch in den anderen Kleinseen des Mittellandes immer nur im Grundschlamm, nie aber im Aufwuchs der Litoralzone. Sie ist meist auch mit *Navicula oblonga* und *Oscillatoria limosa Ag.* im «Fladenmaterial», das zu gewissen Zeiten aus der Tiefe an die Wasseroberfläche steigt, zu finden.

---

[16] Die Beobachtung Kolbes (13, pag. 317), daß die Grund-Diatomeen nicht ausschließlich eine benthonische Lebensweise haben, sondern sich vorübergehend ins Plankton begeben können, kann ich durchaus bestätigen, indem ich sehr oft *Cymbella Ehrenbergii* nebst anderen Grund-Diatomeen im Plankton fand.

Cymatopleura solea (Bréb.) W. Smith und *var. gracilis Grun.*, sowie *var. regula (Ehr.) Grun.* und *C. elliptica (Bréb.) W. Smith.*

Auffallend war ferner auch die Tatsache, daß *Diploneis ovalis (Hilse) Cleve* ebenfalls im Tiefenschlamm recht häufig zu finden war, während sie im Aufwuchs vollständig fehlte.

Grundschlamm

Der Grundschlamm des Geistsees ist in seiner Beschaffenheit wesentlich verschieden von demjenigen der andern bis heute untersuchten Kleinseen des bernischen Mittellandes, bei denen es sich hauptsächlich um eine Kalk-Gyttia handelt. Hier haben wir es mit ganz vorherrschend phytogenen Ablagerungen zu tun. Es sind tote Pflanzenreste mit zum Teil gut erhaltenen mikroskopischen Strukturen. Auf dem Seegrund, wo fast das ganze Jahr hindurch sehr geringe Sauerstoffspannungen herrschen, sind sie mehr dem Fäulnis-[17] als dem Verwesungsprozeß unterworfen. Es liegt also hier nicht ein eigentlicher Schlamm vor, sondern ein Vorstadium zur Bildung eines solchen. Man könnte nach der von Sernander aus dem Schwedischen in die Literatur eingeführten Bezeichnung von einer «Förna»[18] sprechen.

Diese weiche, mulmige Masse hat in frischem, nassem Zustand eine dunkelschwarzbraune Farbe, die in dicker Schicht der Nr. 314 auf Tafel XXI des Code de Couleurs von E. Ségny entspricht, dagegen in dünner Schicht sich mehr der Farbnüance von Nr. 315 angleicht.

Die mikroskopische Analyse ergibt die folgende Zusammensetzung des Niederschlages:

Gewebefragmente: *Sphagnum-Blätter*, oft als Ganzes erhalten. Blattfragmente anderer Moose, hauptsächlich *Hypnum*. Ferner von Torfseggen stammende Radizellen und Pustelradizellen. Epidermen von *Cyperaceen*. Trichoblasten aus Blatt- und Stengelorganen der *Nymphaeaceen*. Verschiedene Gewebefragmente, die nicht ohne weiteres zu identifizieren sind.

Algen: *Pediastrum*-Coenobien, bei denen die Zellwände scharf und glashell konserviert sind. Ebenso sind *Microcystis-Kolonien* gut erhalten.

Pollen, worunter die Coniferenpollen besonders häufig sind.

---

[17] Also vorwiegend reduktive Vorgänge.

[18] Förna = Überreste höherer Pflanzen = Pflanzenstreu.

Einen ganz wesentlichen Bestandteil dieser Ablagerungen machen die Kieselpanzer der *Diatomeen* aus, und zwar stammen sie von littoralen und planktischen Formen als auch solchen, deren Lebensmilieu das Hypolimnion darstellt.

Der zoogene Anteil an den Sedimenten ist verhältnismäßig recht bescheiden; wir finden da Chitinpanzerfragmente planktischer und anderer *Crustaceen* (am häufigsten von *Bosmina)*, auch Schalen von Muschelkrebsen *(Candona)*. Vereinzelte *Rhizopoden*-Gehäuse. Recht zahlreich sind dagegen die Skelettnadeln (Spiculae) der Süßwasserschwämme. Die an beiden Enden zugespitzten Kieselstäbchen sind die eigentlichen Skelettnadeln, während die kürzeren, mehr oder weniger gebogenen und mit zahlreichen feinen Dornen besetzten Nadeln aus der sogenannten Gemulae [19] stammen.

Die ganz vorherrschend organische Natur dieses Sedimentes ergibt sich auch aus dem sehr geringen Glührückstand und einem entsprechend großen Glühverlust. Glüht man z. B. eine gewogene Menge des lufttrockenen Materials während zwanzig Minuten, so ist nachher ein Glühverlust festzustellen, der etwa drei Viertel des ursprünglichen Gewichtes beträgt. Die mikroskopische Untersuchung des Glührückstandes zeigt, daß dieser fast ausschließlich aus Kieselpanzern und Kieselpanzerfragmenten von *Diatomeen* [20] besteht, zu welchen sich die bereits erwähnten Spongiennadeln hinzugesellen. Der Gehalt des Glührückstandes an anderen mineralischen Substanzen ist sehr gering, nur dann und wann stößt man auf einen Quarzsplitter oder auf ein Quarzkriställchen.

Behandelt man den Glührückstand mit Salzsäure, so findet eine intensive Schwefelwasserstoffentwicklung statt, ein Zeichen, daß Sulfide vorhanden sind. Da sich mit der Berliner-Blau-Reaktion hier ebenfalls Eisen (Ferrisalz) nachweisen läßt, so ist also auch die Bildung von Schwefeleisen FeS anzunehmen. Nur ist das Schwefeleisen im mulmigen Grundschlamm des Geistsees nicht so sichtbar zu erkennen wie in einem sich schwärzenden mineralreichen Schlamm.

Wie schon angedeutet wurde, findet die Zersetzung dieser organischen, phytogenen Sedimente unter vorherrschend anaeroben Bedingungen

---

[19] Gemulae sind Dauerkeime, die den Schwämmen zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung dienen.

[20] Auch bei dieser Analyse ist uns wiederum eine große Häufigkeit von *Cyclotella Kützingiana* aufgefallen, die uns weder im Plankton noch im Aufwuchs begegnet ist. Es scheint so, als ob diese *Cyclotella* hier im Hypolimnion ein besonders günstiges Lebensmilieu fände.

statt, was zu reichlicher Bildung von Methan, Ammoniak und Schwefelwasserstoff Anlaß gibt.

Die oft intensive Sumpfgas- (CH_4)-Bildung macht sich dadurch bemerkbar, daß häufig ganze Ketten mächtiger Gasblasen vom Seeboden an die Oberfläche steigen, sogar, ohne daß der Seegrund irgendwie aufgewühlt wird. Sticht man die sich im Winter im Eis fangenden Gasblasen an, so brennt das ausströmende Gas mit schwachleuchtender, bläulicher Flamme.

Das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff ist am Geruch festzustellen, der den Wasserproben anhaftet [21], die im Sommer (Mai bis September) aus der Seetiefe gehoben werden. Gegen das Ende der Stagnationsperiode kann der H_2S-Geruch sogar sehr stark werden. Dieses mit Schwefelwasserstoff geschwängerte Milieu der Tiefe bildet, wie wir gesehen haben, für manche interessante Schwefelorganismen einen geeigneten Lebensraum. (Vergleiche den Abschnitt über das Plankton des Hypolimnions auf Seiten 23 und 24.)

Andererseits ist aber auch in Betracht zu ziehen, daß die starke Schwefelwasserstoff-Entwicklung den Sauerstoff-Haushalt des Sees wesentlich beeinflußt. Die zehrende Wirkung dieses Gases ist nämlich eine der Hauptursachen für die schlechten Sauerstoffverhältnisse, besonders im Tiefenwasser, des Geistsees.[22]

Über die Mächtigkeit des auf dem Grund des Geistsees liegenden pflanzlichen Detritus können wir nichts Bestimmtes aussagen, es ist aber anzunehmen, daß diese weiche, lockere Masse eine recht beträchtliche Auflagerung über dem praelimnischen Moränengrund bildet. Am etwas flacheren Südufer des Sees läßt sich eine 4,5 m lange Stange mühelos in ihrer ganzen Länge in den weichen Grund stoßen!

---

[21] Erwärmt man angesäuerte Wasserproben aus der Seetiefe in einem Kolben, so läßt sich der H_2S durch intensive Bräunung von Bleiacetatpapier qualitativ sofort nachweisen.

[22] Bezüglich des Nebeneinanderbestehens von Sauerstoff und Schwefelwasserstoff sei hier ganz allgemein bemerkt: Im Laufe der Jahre habe ich bei den vielen Sauerstoff-Bestimmungen in den Kleinseen des bernischen Mittellandes sowohl im sommerlichen Tiefenwasser als auch unter Eis neben einem, nach dem Geruch zu urteilen, sicherlich beträchtlichen, allerdings nicht quantitativ bestimmten Schwefelwasserstoffgehalt häufig auch Sauerstoff in Mengen bis zu 1 cc/l gefunden. Damit kann ich die Beobachtungen und die diesbezügliche Äußerung Thienemanns (22, p. 18): «Die theoretische Unmöglichkeit des Nebeneinander-Auftretens von freiem H_2S und O_2 ist in der freien Natur oft verwirklicht!», nur bestätigen.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über die Temperaturverhältnisse des Grundschlammes. Bei den thermischen Erhebungen haben wir regelmäßig sowohl die Wassertemperaturen über Grund als auch die des Schlammes gemessen. Hier ließ sich nämlich das Tiefenthermometer ohne Gefahr 30 cm tief in den weichen Boden versenken.

Im Mai hatten das Tiefenwasser und der Grundschlamm die gleiche Temperatur von 7 ° C. Im Juni und Juli blieb die Temperatur des Grundschlammes gegenüber der Wassertemperatur um 0,4 bis 0,8 ° C zurück, während sie dann im Herbst und Spätherbst wiederum um 0,2 bis 1,6 ° höher war als das überlagernde Wasser. Auch bei Temperaturmessungen im Winter fand ich den Schlamm um 0,4 bis 0,6 ° wärmer.

Diese Temperaturunterschiede zwischen Wasser und Grundschlamm führe ich im wesentlichen auf eine dem Grundschlamm gegenüber dem Wasser zukommende größere Wärmekapazität zurück.

Vegetation des Geistsees und seiner unmittelbaren Umgebung

Die Verlandung am Geistsee vor der Absenkung im Jahre 1917 ist in einem sehr guten Bild von F. Wuillemin festgehalten, das sich auf Seite 420 des I. Bandes der Geographie der Schweiz von J. Früh befindet.

Der Geistsee liegt in einer Terrainmulde, die von der Isohypse 667 umschlossen wird. Die Wasserfläche ist von einem 10 bis 30 m breiten Streifen von zum Teil schwankendem Moorboden umgeben. Im Osten und Südosten wird dieses sumpfige Gelände von Wald begrenzt, während im Süden und Westen offenes Wies- und Ackerland einen weitreichenden Ausblick auf die Stockhornkette gewährt. Auf der Nordseite des Sees erhebt sich ein kuppenförmiger Moränenhügel, etwa 37 m über dem Seespiegel, zwischen sich und der bewaldeten Bodenwelle im Osten eine gegen Nordosten hin (Kahlacker — Geistacker) schwach geneigte Senke offen lassend.

Der Verlandungsgürtel des Geistsees gliedert sich in ein Nupharetum, Scirpetum, Phragmitetum-Cladietum, Sphagnetum und einem Molinietum.

Die durchschnittlich 7 m breite Seerosenzone setzt sich ungefähr zu gleichen Teilen aus der weißen und der gelben Seerose zusammen, *Nymphaea alba* und *Nuphar luteum*. Während sich die erstere besonders gut am Schilfrand entwickelt, dringt die letztere hier bis in maximal 3 m Wassertiefe vor. Mitunter findet man die gelbe Seerose auch in seichtem

Wasser, so z. B. vor der Kanalmündung zum Bootshaus auf der Südseite des Sees, wo es zu einer reichen Entfaltung der kurzgestielten, untergetaucht bleibenden Blätter kommt. Diese submersen Blätter sind dünn und durchscheinend, von gelblich-grüner Farbe, leicht gefaltet oder gekräuselt und besitzen keine Spaltöffnungen.

Von anderen Wasserpflanzen haben wir außer *Myriophyllum* und *Potamogeton pusillus L.*, die übrigens sehr spärlich sind, keine feststellen können. Das Hornkraut, *Ceratophyllum demersum* [23], sowie *Potamogeton natans L.*, das Schwimmende Laichkraut, die früher im Geistsee vorhanden waren, scheinen jetzt verschwunden zu sein.

Ein kleines Binsicht, *Scirpus lacustris*, ist im östlichen Seeteil dem Phragmitetum vorgelagert, seine Halme ragen bis 2,60 m über die Wasserfläche.

Das Röhricht, Phragmitetum *(Phragmites communis)* umgibt den See fast lückenlos, mit Ausnahme eines kleinen Uferstreifens auf der SSO-Seite des Sees, wo Weidengebüsche bis unmittelbar an die Wasserfläche reichen, sowie am Nordufer, links vom Abflußgraben, wo es durch einen reinen Bestand von *Cladium Mariscus* ersetzt ist *(Cladietum)*. Die Schneide ist vereinzelt auch im übrigen Teil des Röhrichts vertreten.

Die hauptsächlichsten Begleitpflanzen des Schilfes sind hier die folgenden:

Filipendula Ulmaria, Lythrum salicaria, Galium palustre, Peucedanum palustre, Lysimachia vulgaris (sehr häufig), *Mentha aquatica* und *Lycopus europaeus.*

Ranunculus Lingua L. [24] dagegen haben wir nicht gesehen.

Das Sphagnetum, die Torfmoosformation, ist besonders auf der Ost- und Westseite des Sees gut ausgebildet. Hier haben wir den nicht eben häufigen Fall, daß das Torfmoos das Röhricht bis an die offene Wasserfläche vollständig durchdringt. Der Geistsee ist unter den kleinen Seen des bernischen Mittellandes der einzige, an welchem diese Formation besteht. Abrißnischen von etwa 0,5 m Höhe am westlichen und nordwestlichen Rand dieses Torfmooses sind noch Zeugen jener Stellen, an welchen zur Zeit der Seeabsenkung die auf dem Wasser schwimmenden, vorgebauten Vegetationsdecken abgebrochen sind.

---

[23] Von dieser Pflanze befindet sich im Herbarium bernense ein von Hügli gesammeltes Belegexemplar aus dem Geistsee vom 19. August 1882.

[24] Im Herbarium bernense befinden sich Exemplare des Zungenblättrigen Hahnenfußes, die am 6. August 1880 Ed. Fischer sammelte.

Nach den Bestimmungen, die mir seinerzeit Herr Charles Meylan[25] besorgte, setzt sich das *Sphagnetum* des Geistsees hauptsächlich zusammen aus *Sphagnum acutifolium Ehrh.* und *Sph. acutifolium var. versicolor Warnst., Sph. medium Limpr.* und *var. flavescens Warnst., Sph. Cymbifolium Ehrh.* und *Sph. recurvum P. de Beauv.*

Stellen wir hier gleich fest, daß es sich nach Warnstorf[26], vielleicht mit Ausnahme von *Sph. medium*, um Formen handelt, die eine große Toleranz gegen kalkhaltiges Grundwasser aufzuweisen haben. Im allgemeinen aber sind die *Sphagnaceen* bekanntlich Acidophyten, d. h. Pflanzen, die ein Milieu von saurer Reaktion[26] bevorzugen. Immerhin gibt es in dieser Hinsicht zwischen den einzelnen Spezies graduelle Unterschiede. Was nun die Wasserstoffionen-Konzentrationsverhältnisse im *Sphagnetum* am Geistsee speziell betrifft, so konnte ich auf einigen Profilen vom Uferrand des Sees bis in 6 m Entfernung desselben die folgenden Feststellungen machen: Seewasser an der Oberfläche pH 7,5, in 3 m landeinwärts betrug das Quetschwasser aus dem *Sphagnum*-Moos pH 5 bis 4,8 und in 6 m Entfernung, *Sphagnum* mit viel *Polytrichum strictum* untermischt, pH 4,5 bis 4. Also zunehmend saure Reaktion in dem Maß,

---

[25] Charles Meylan, 1868—1941, einer der besten Kenner der schweizerischen Moosflora, lebte in La Chaux bei Ste-Croix, wo er Lehrer war.

[26] Die saure Reaktion der Hochmoore ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen:

1. Das Regenwasser, durch welches die Hochmoore ausschließlich versorgt werden, ist an und für sich schon mehr oder weniger sauer.
2. Torfwässer sind durch Zersetzungsprozesse, die sich im Torf abspielen, meist stark CO_2-haltig, wodurch die saure Reaktion begünstigt wird.
3. Es kommt weiter hinzu, daß die Membranen der lebenden Sphagnumzellen die Eigenschaft haben, aus gelösten Salzen die Base zu absorbieren und Säure in Freiheit zu setzen.

Die *Sphagnaceen* wirken also nicht etwa sauer durch eine im Zellsaft gelöste Säure, sondern diese Reaktion wird durch das Basenabsorptionsvermögen herbeigeführt.

Zahlreiche Beobachtungen in der Natur weisen darauf hin, daß von den *Sphagnaceen* direkt eine mehr oder weniger starke Säurewirkung ausgeht. Auf die hohe Acidität des Quetschwassers haben wir bereits hingewiesen. Kotilainen (15, p. 9) konnte an *Sphagnum-fuscum*-Bülten folgendes feststellen: Bülten, deren Standboden pH 7,3 betrug, zeigten in ihrer torfigen Zwischenschicht ein pH von 5,3, während die Kuppe des Bültes mit lebendem *Sphagnum* ein pH von 3,9 aufzuweisen hatte.

Auch die von Cornu (4) im Hochmoor von Tenasses-Prantins (Waadt) beobachtete Erscheinung, daß Regen- und Schneeschmelzwasser durch das *Sphagnum* in verhältnismäßig kurzer Zeit um etwa 1,5 pH-Einheiten angesäuert wird, ist im Sinn einer vom *Sphagnum*-Moos direkt ausgehenden Säurewirkung zu interpretieren.

als man sich vom offenen Wasser entfernt. Das Wasser der Schlenken [27] wies eine Reaktion von pH 5,5 bis 6 auf; Quetschwasser aus dem *Sphagnum* erweist sich meist saurer als die umgebenden Moorpartien.

Als typische Begleitpflanzen des S p h a g n e t u m s am Geistsee haben wir nur zu nennen: *Rhynchospora alba,* der Schnabelsame und *Drosera rotundifolia* sowie *Drosera anglica,* die beiden Sonnentau-Arten, die hauptsächlich in den feuchten Partien der sogenannten *Sphagnum*-«Bülten» vorkommen, die hier auch innerhalb des meist etwas lockeren Röhrichts mächtig ausgebildet sind. «Bülten» von 40 bis 50 cm Höhe und einem Durchmesser von 50 bis 70 cm findet man häufig. Der obere, etwas trockenere Teil derselben ist mit *Polytrichum strictum* reichlich durchsetzt, dagegen vermissen wir hier die für die *Bültenflora* sonst so charakteristischen *Ericaceen,* wie: *Andromeda* und *Oxycoccos,* mit Ausnahme vereinzelter *Calluna-vulgaris*-Stauden, die aber nur in trockenen randlichen Partien des Moores anzutreffen sind. Es fehlt namentlich auch *Eriophorum vaginatum,* das Scheidige Wollgras. In den nassen Mulden zwischen den Bülten, den sogenannten Schlenken, ist das Blutauge, *Comarum palustre,* sehr häufig, wo es mit seinen langen, verholzten Wurzelstöcken weithin kriecht.

Ferner finden wir zwischen den Bülten, innerhalb des Röhrichts, an verschiedenen Stellen den in größeren oder kleineren Verbänden auftretenden Sumpffarn, *Dryopteris Thelypteris.* Besonders schön sind diese Sumpffarn-Kolonien am Ost- und Südufer ausgebildet, wo ich im Herbst 1950 auch einige Stöcke des Kammfarns, *Dryopteris cristata (L.) A. Gray,* feststellen konnte.

Im S p h a g n e t u m des Geistsees sind außerdem noch die folgenden Arten vertreten: das lockere Horste bildende Haargras, *Trichophorum alpinum,* die Kriechweide, *Salix repens L., Polygala amarella, Potentilla erecta, Lotus uliginosus,* der Sumpfschotenklee, *Cirsium palustre,* die Sumpfkratzdistel und *Menyanthes trifoliata,* der Fieberklee, der in großen Mengen in den flacheren Stellen des Torfmooses vorkommt. Das Sumpfläusekraut, *Pedicularis palustris,* und *Pinguicula vulgaris,* das Fettkraut, sind nur vereinzelt und selten.

Dieses sind alles Pflanzen, die sowohl auf dem eigentlichen Hochmoor als auch auf dem sogenannten Zwischen- oder Übergangsmoor, ja auch

---

[27] Weder in den Schlenken noch in dem aus den *Sphagnum*-Polstern ausgepreßten Wasser konnte eine *Desmidiaceen*-Flora nachgewiesen werden. Dagegen fanden wir *Rotatorien, Rhizopoden* und einige Euglenen.

zum Teil sogar auf dem Flachmoor gedeihen. Dementsprechend sind es auch Arten, die hinsichtlich der Bodenacidität mehr oder weniger indifferent, auf jeden Fall nicht ausgesprochen acidophil sind (Kotilainen 14, pag. 61—68). Die floristischen, speziell auch die bryologischen Verhältnisse des Sphagnetums am Geistsee weisen darauf hin, daß es sich hier nicht um ein eigentliches Hochmoor, sondern um ein Zwischenmoor [28] handelt. Besser noch wäre für den vorliegenden Fall die Bezeichnung « Überwachsungsmoor ». Am Geistsee bestehen offenbar ganz ähnliche Bedingungen, wie sie von Warnstorf (26, pag. 29) an einigen kalkreichen Kleinseen Norddeutschlands (in der Gegend von Neuruppin: Werbelinsee, Molchowsee und Teufelssee) angetroffen wurden, bei denen sich in den umgebenden Flachmooren eutraphente *Sphagnaceen* angesiedelt haben.

Am äußeren Rand des *Sphagnetums,* zum Teil auch in dieses eindringend, finden wir das Pfeifengras, *Molinia coerulea.* In diesem Molinietum kommt die Trivialflora des Flachmoores deutlich zum Ausdruck. *Eriophorum latifolium,* das breitblättrige Wollgras, und *Carex flava,* die Gelbe Segge.

Ferner *Cardamine pratensis, Lychnis flos cuculi, Geum rivale* und *Valleriana dioica,* welche den Frühlingsaspekt bestimmen, während *Parnassia palustris,* das Studentenröschen, *Epilobium angustifolium,* das Weidenröschen, *Succisa pratensis,* das Abbiskraut, und *Cirsium palustris,* die Sumpf-Kratzdistel, jenen vom Hochsommer und Herbst bestimmen.

Besonders zu erwähnen bleibt noch der am Nord- und Nordwestufer des Sees, hinter dem *Cladietum,* sich anschließende Kopfbinsen-Bestand, Schoenetum *(Schoenus ferrugineus L.)* mit *Tofieldia* und *Primula farinosa.* Auch diese Assoziation steht wieder vollständig unter dem Einfluß des mineralreichen Bodens.

Die einzeln oder in Gruppen stehenden Gebüsche der Verlandungszone des Geistsees sind: Die Schwarzerle, *Alnus glutinosa,* die Birke, *Betula alba,* verschiedene *Salix*-Arten und der Faulbaum, *Frangula Al-*

---

[28] Hochmoorbildung setzt ein, sobald in einem Flachmoor unter besonderen klimatisch-edaphischen Bedingungen der abwärts dringende Strom des atmosphärischen Wassers stärker wird als der kapilar aufwärts gerichtete, der durch längere Berührung mit dem Boden nährstoff- und insbesondere kalkreicher geworden ist. Da wo das nährstoffarme Wasser überhand nimmt, siedeln sich zunächst weniger spezialisierte *Sphagnum*-Arten an, die durch Basenabsorption (siehe die vorige Fußnote) ein weiteres Sinken des pH bewirken und dadurch den Boden für die anspruchsvolleren, Bülten bildenden *Sphagnaceen* des Zwischen- und Hochmoores vorbereiten.

nus. Die Erlen- und Faulbaum-Sträucher sind mitunter von großen Seggenhorsten, *Carex elata* und *Carex rostrata,* umstanden.

Faunistische Beobachtungen am Geistsee

Im Laufe der limnologischen Untersuchungen am Geistsee habe ich auch Beobachtungen über die Fauna gesammelt. Herr Dr. W. Schoenmann, jetzt in Biel, hatte die Freundlichkeit, die Bestimmungen zu überprüfen. Außerdem begleitete er mich auf meine Bitte hin seinerzeit einige Male an den See, um das Beobachtungsmaterial zu ergänzen, wodurch die Beiträge zur Faunistik noch wesentlich vervollständigt werden konnten. Für die Mitarbeit auf zoologischem Gebiet danke ich hier Herrn Schoenmann bestens.

Coelenteraten, Hohltiere:

Spongiliden, Sußwasserschwämme. *Euspongilla lacustris L.,* lebende Stöcke dieses Süßwasserschwammes fand ich im Ausflußgraben des Sees an toten Ästen. Das häufige Vorkommen von Skelettnadeln, nebst den feingedornten, aber viel selteneren Nadeln aus dem Belag der Gemulae im Grundschlamm, lassen darauf schließen, daß auch am Seeufer Schwammstöcke vorkommen, ohne daß es mir allerdings jemals gelungen wäre, solche dort nachzuweisen.

Cnidarien, Nesseltiere:

Hydrozoen: *Hydra vulgaris Pall.* und *Chlorohydra viridissima Pall.*

Vermes, Würmer.

Rotatorien: Außer den planktischen *Rotatorien* gibt es bekanntlich auch eine große Zahl solcher, die im Moos leben. So konnte Schreyer (21) im *Sphagnetum* des Geistsees eine ganze Anzahl von moosbewohnenden Gattungen nachweisen (etwa 23). Neben den ausgesprochen sphagnophilen Formen, wie *Dissotrochia macrostyla (Ehrb.), Dinocharis tetractis (Ehrb.), Monostyla bulla (Gosse),* sind es Vertreter der Gattungen *Habrotrocha, Callidina, Diglena* und anderen.

Hirundinea Egel. *Herpobdella atomaria Carena = Nephelis vulgaris (Moq.-Tand.)* ist eine allgemein sehr häufige Art. — *Protoclepsis tesselata O. F. Müller.*

Heinrichs (9) hat die *Hirudineen* der Umgebung von Bern untersucht. Dieser Autor hat den Amsoldinger-, Gerzen-, Uebeschi- und Ditt-

lingersee in sein Untersuchungsgebiet einbezogen, nicht aber den Geistsee.

Tentaculaten.

Bryozoen, Moostiere: *Plumatella fungosa (Pall.)* auf Holzästen, *Plumatella polymorpha (Krplin.)* var. *repens L.* auf der Unterseite von Seerosenblättern.

Mollusken, Weichtiere.

Gastropoden, Schnecken.

Landlungenschnecken: *Succinea putris L.* über Wasser am Schilf.

Wasserlungenschnecken: *Limnea auricularia L.* — *Limnea peregra O. F. Müller.* — *Aplexa hypnorum L.* — *Planorbis planorbis L.* (mit Kiel). — *Planorbis albus O. F. Müller* (ohne Kiel) meist an untergetauchten Wasserplanzen, *Myriophyllum.*

Prosobranchia, Vorderkiemer: *Bythinia tentaculata L.*

Bivalva, Muscheln: *Anodonta cygnea L.*, die Teichmuschel.

Arthropoden.

Crustaceen.

Phyllopoden: *Simocephalus vetulus O. F. Müller.* — *Ceriodaphnia pulchella Sars.* im Litoral des Sees.

Decapoden: *Potamobius astacus L.*, der Edelkrebs, sehr häufig im Gurzelenmoosbach (Gr. Müsche).

Insekten:

Agnatha, Eintagsfliegen: *Cloëon*-Larven, häufig an den Ufern.

Odonaten, Libellen: (von Dr. W. Schoenmann gesammelt und bearbeitet).

Zygoptera.

Agrionidae: *Agrion pulchellum v. d. Lind.*, typische Sommerform, entfernt sich nur wenig vom Seeufer.

Agrion puella L., 1 Larve [29].

Lestes barbarus Fbr., 1 Larve (?), Sommerform.

Platycnemis pennipes Pall., typische Sommerform, sehr häufig, die hellfarbenen Weibchen deutlich erkennbar an ihrem schwerfälligen Flug, der nie hoch führt. 3 Larven.

---

[29] Die meisten Larven fanden sich unter der Brücke am Seeabfluß und am Steilufer.

Ischnura elegans v. d. Lind. ist das ganze Jahr hindurch häufig. 1 Larve.
Enallagma cyathigerum Charp., nur in einem Stück in der Sammlung vorhanden, 2 Larven.
Pyrrhosoma nymphula Sulz., im Hochsommer.
Anisoptera.
Aeschnidae: *Gomphus pulchellus Selys.*, häufig, Sommerform.
Aeschna cyanea Müll., 1 Stück tot gefunden, mehrere aber auf ihrer Jagd gesehen, fliegen übers offene Wasser und auch weit ins Land hinein.
Cordulia aenea L., eine häufige Form.
Libellula fulva Müll., bei adulten Tieren ist der Hinterleib blau bestäubt, typische, nicht seltene Sommerform.
Libellula quadrimaculata L., die Vierfleckige Libelle, dadurch charakterisiert, daß jeder Flügel am Nodulus mit je einem schwarzen Fleck versehen ist. Hinterleib bräunlich.
Orthetrum cancellatum L., Sommerform, nicht selten.
Sympetrum striolatum Charp. Striolatum ist nur wenig von
Sympetrum vulgatum L. verschieden, die beide am Geistsee zu treffen sind, erstere häufiger.
Sympetrum sanguineum Müll. unterscheidet sich von den beiden vorigen Formen durch seine gänzlich schwarzen Beine. Herbstform.

Durch die schöne Arbeit von Liniger (16) sind wir über die *Odonaten*-Fauna des bernischen Mittellandes, speziell des Burgäschisees, Moosseedorfsees und Hofwilsees sowie des Lobsigensees, gut unterrichtet. Da Liniger den Geistsee nicht in sein Untersuchungsgebiet einbezogen hatte, bringen die Aufsammlungen von Dr. W. Schoenmann an diesem See eine wünschenswerte Ergänzung der Kenntnisse über die Libellen unserer kleinen Gewässer. Es zeigt sich, daß die *Odonaten* am Geistsee mit 12 Gattungen und 16 Arten recht gut vertreten sind, wenn man in Betracht zieht, daß Liniger für das ganze Gebiet 14 Gattungen feststellte.

Zweifellos werden sich durch weitere, kontinuierlich über mehrere Jahre sich erstreckende Beobachtungen die Zahl der Odonaten noch wesentlich vermehren.

Trichoptera, Köcherfliegen: *Limnophilus flavicornis F.*, im Abflußgraben des Sees.

Heteroptera, Wanzen: *Mesovelia furcata (Ruf.)* — *Notonecta glauca L.* — *Ranatra linearis (L.)* — *Naucoris cimicoides L.* — *Microvelia pigmaea L.* — *Sigara striata L.*, letztere häufig.

Diptera, Fliegen: *Corethra*, Büschelmücke, Larven und Puppen. — *Chironomus*, Zuckmücke, Larven im Erdgehäuse, auf dem Grund im Seeabfluß. *Culicinae* — Puppen an seichten Uferstellen beim Bootsanlegeplatz. *Psectocladius* — Larven mit Gallerthülle in untergetauchtem *Sphagnum*.
Neuroptera, Netzflügler: *Sialis flavilatea L.*, sogenannte Schlammfliege, Imago.

Arachnoidea.

Hydrachniden, Wassermilben.

Was wir über die wasserbewohnenden Milben *(Hydracarinen)* aus dem Geistsee wissen, verdanken wir den Aufsammlungen, die Dr. Th. Steck in den Jahren 1891 bis 1895 vorgenommen hat. Die Bestimmungen dieses Materials sind von Dr. F. Koenike in Bremen vorgenommen worden. Später hat dann Walter (25) das von Steck gesammelte Material in seiner Monographie über die *Hydracarinen* der Schweiz ausgewertet. Was den Geistsee betrifft, so sind dort 16 Formen gefunden worden, wie aus der Verbreitungstabelle der von Steck im Kanton Bern gesammelten *Hydracarinen* hervorgeht, die auf Seiten 564 und 565 des oben genannten Werkes von Walter veröffentlicht ist.

Außerdem hat Schoenmann noch: *Pionia nodata (O. F. Müller)* und *Hydrachna globosa (de Geer)* gefunden, die erstere war im Frühjahr sehr häufig.

Pisces, Fische.

Nach Aussage des Besitzers, der den See befischt, sind hier die folgenden Fischarten vertreten:

Cypriniden: *Cyprinus carpio L.*, der Karpfen. Im besondern auch der seinerzeit eingesetzte Spiegelkarpfen *(C. rex cyprinorum)*, eine Spielart mit sehr großen, in unregelmäßigen Reihen angeordneten Schuppen. Im Geistsee sind zwölf- bis vierzehnpfündige Karpfen gefangen worden. — *Tinca tinca L.*, die Schleie, sie ist hier sehr häufig. — *Scardinus erytrophtalmus L.*, die Rotfeder oder Röteli. — *Alburnus lucidus Heck*, die Laube oder auch Ukelei, hier Winger genannt.

Anguilliden: *Anguilla vulgaris L.*, der Aal, welcher in den letzten Jahren stark im Rückgang begriffen ist.

Esociden: *Esox lucius L.*, der Hecht.

Perciden: *Perca fluviatilis L.*, Egli.

Literatur

1. Brandt, A. von: Hydrographische Untersuchungen an kleinen Waldgewässern, unter besonderer Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen. — *57.* Bericht d. Westpreuß. Botanisch-Zoologischen Vereins. Danzig 1935 (61 bis 154).

2. Brönstedt, J.N., und Wesenberg-Lund, C.: Chemisch-physikalische Untersuchungen der dänischen Gewässer. — Internationale Revue d. gesamten Hydrologie. *IV*, 1911 (251—290 und 437—492).

3. Büren, G. von: Der Amsoldingersee. — Mitteil. d. Naturf. Gesel. Bern a. d. Jahre *1937*, 1938 (50—132).

4. Cornu, Pierre: Contribution à la flore algologique de la tourbière des Tenasses-Prantins (Vaud). — Thèse Faculté des sciences Lausanne 1939.

5. Desor, E.: Le paysage morainique, son origine glaciaire. Avec deux cartes. Neuchâtel 1875.

6. Früh, J.: Schwimmende Inseln. — Hettners Geogr. Zeitschrift 2. Jahrg. 1896 (216—218).

7. Früh, J., und Schröter, C.: Die Moore der Schweiz 1904.

8. Heer, Oswald: Die Urwelt der Schweiz. 1. Auflage, 1864.

9. Heinrichs, Bruno: Hirudineen der Umgebung von Bern. — Diss. phil., Bern 1905 (48 S.).

10. Huber-Pestalozzi, G.: Morphologische Beobachtungen an Ceratium hirundinella O. F. M. in einigen Alpenseen. — Archiv f. Hydrobiologie. *XVIII*, 1927 (100—116).

11. — Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie. 1. Teil, Allgem. Teil Blaualgen, Bakterien, Pilze. — In A. Thienemann, Die Binnengewässer. *XVI*, 1. Teil, Stuttgart 1938 (342 S.).

12. — Das Phytoplankton des Süßwassers. 2. Teil, 1. Hälfte. Chrysophyceen, Farblose Flagellaten, Heterokonten. — In A. Thienemann, Die Binnengewässer. *XVI*, 2. Teil, 1. Hälfte, Stuttgart 1941 (356 S.).

13. Kolbe, R.W.: Grundzüge einer allgemeinen Oekologie der Diatomeen. — Ergebn. d. Biologie, *8*, 1932 (221—348).

14. Kotilainen, M.J.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. — Wissenschaftl. Veröffentl. des Finnischen Moorkulturvereins, Nr. 7, 1928 (219 S.).

15. — Zur Frage der pH-Amplitude einiger Moorpflanzen, Kritische Bemerkungen. — Wissenschaftl. Veröffentl. des Finnischen Moorkulturvereins, Nr. *13*, 1933 (31 S.).

16. Liniger, E.: Die Odonaten des bernischen Mittellandes. — Mitteil. d. Schweiz. Entomolog. Gesel. *6*, 1881 (215—230).

17. Linser, H.: Biochemische Untersuchung von natürlichen Gewässern. — In Klein, Handbuch d. Pflanzenanalyse. *4*, 3. Teil, 1933.

18. Münster-Strom, Kaare: Die Farbe der Gewässer und die Lundquist-Skala. — Archiv f. Hydrobiologie *XL*, 1943 (23—30).

19. Nußbaum, F.: Das Moränengebiet des diluvialen Aaregletschers zwischen Thun und Bern. — Mitteil. d. Naturf. Gesel. Bern. a. d. Jahre *1921*, 1922 (42 bis 84).

20. Sauberer, Fr.: Beiträge zur Kenntnis des Lichtklimas einiger Alpenseen. — Internat. Revue d. gesam. Hydrobiologie und Hydrographie. *39*, 1939 (22—55).

21. Schreyer, Otto: Die Rotatorien der Umgebung von Bern. — Internat. Revue d. gesam. Hydrobiologie und Hydrographie. *9*, 1921 (107 S., 2 Taf.).

22. Thienemann, A.: Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse eisbedeckter Seen des Plöner Gebietes am Ende des Winters 1923/24. — Archiv f. Hydrobiologie. *18*, 1927 (1—21).

23. Tillmans, J.: Über die quantitative Bestimmung der Reaktion in natürlichen Wässern. — Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel etc., *38*, 1919 (1 bis 16).

24. Waldvogel, T.: Das Lautikerried und der Lützelsee. Ein Beitrag zur Landeskunde. — Inaug. Diss., Zürich 1900 (74 S.), auch Vierteljahrsschr. d. Naturf. Gesel. Zürich. *XLV*, 1900.

25. Walter, Charles: Die Hydracarinen der Schweiz. — Revue Suisse de Zoologie. *15*, 1907 (401—573), T. 59—62.

26. Warnstorf, C.: Sphagnales-Sphagnaceae. — In Engler: Das Pflanzenreich (Heft 51), 1911 (546 S.), Wilh. Engelmann, Leipzig.

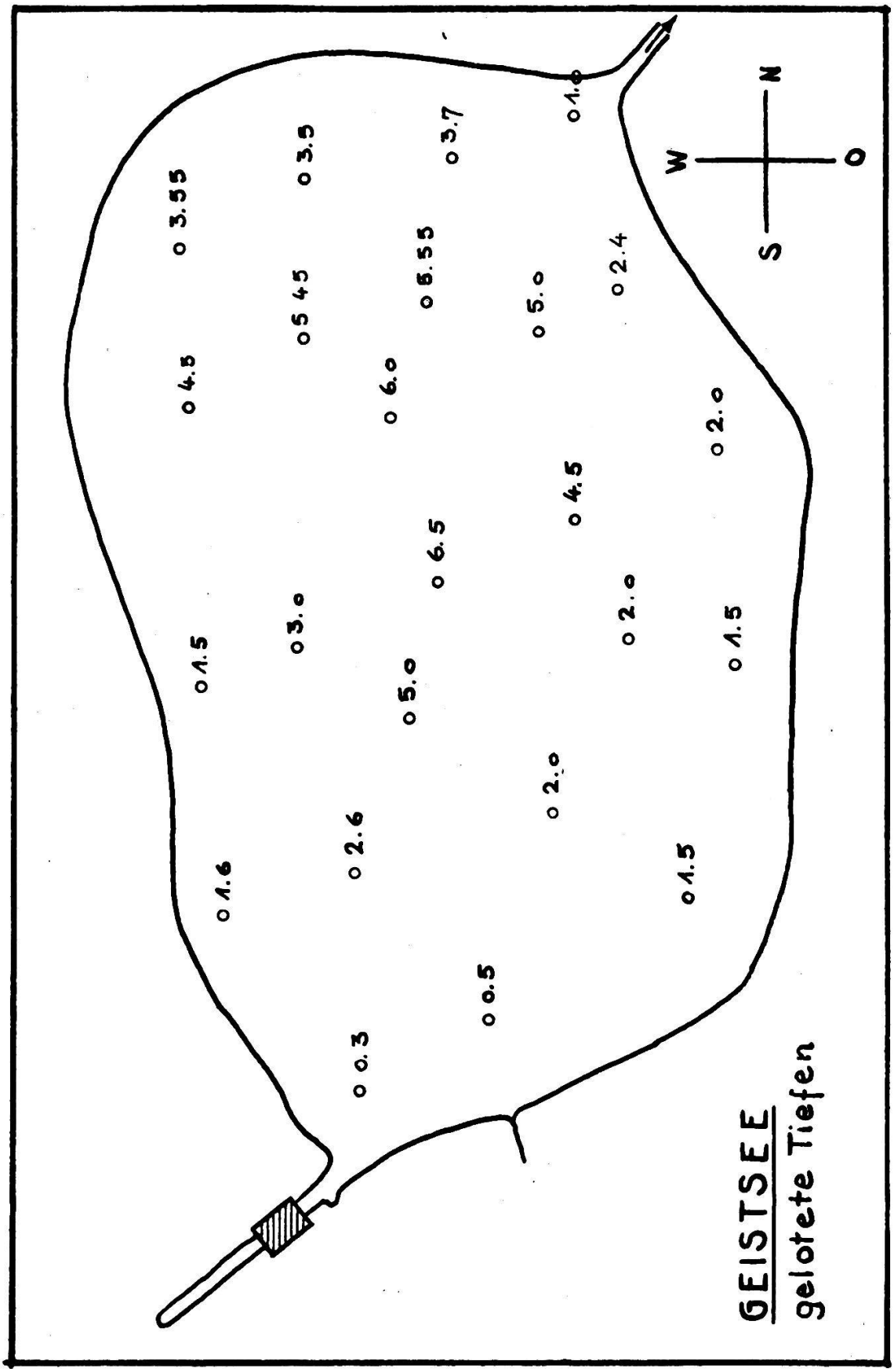
Karten

Topographischer Atlas der Schweiz (Siegfriedatlas), Blatt Nr. 352.

Wattenwil 1 : 25 000, 1929.

Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000, Blatt 253, Gantrisch (Blatt 507, Gantrisch E).

Geologische Karte Thun-Stockhorn von P. Beck und Ed. Gerber, 1 : 25 000 (Geol. Karte der Schweiz, Spezialkarte Nr. 96).


GEISTSEE
gelotete Tiefen
N
O
S
W
1.0
3.7
3.5
3.55
2.4
5.55
5.45
5.0
6.0
4.5
2.0
4.5
6.5
2.0
3.0
1.5
1.5
5.0
2.0
1.5
2.6
1.6
0.5
0.3

Die Moränenlandschaft Längenbühl—Forst

Im Vordergrund der Dittlingersee, im Mittelgrund rechts der Geistsee, über den Riedhubel im Hintergrund Blick in das obere Gürbetal

Links auf der Höhe Schloß Burgistein

Fliegeraufnahme der «Alpar» am 5. April 1937 aus 400 bis 500 m Höhe