Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1942)

Artikel: Der Moosseedorfsee : neue Beiträge zur Kenntnis seiner Physiographie und Biologie mit Einbezug des Kleinen Moosseedorfsees (Hofwilsee)

Autor: Büren, G. von

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319412

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: 10.10.2025

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

Blick gegen Norden auf den Moosseedorfsee und seine Umgebung
Im Vordergrund Moosseedorf, jenseits des Sees der Bubenlohwald
(Aufgenommen im August 1935 aus einer Höhe von ca. 300 m)
No. 7267 BRB 3. 10. 1939. — Luftbild „Alpar"

G. von Büren

Der Moosseedorfsee

Neue Beiträge zur Kenntnis seiner Physiographie und Biologie mit Einbezug des Kleinen Moosseedorfsees (Hofwilsee)

Mit zwei Bildtafeln, zwei Kurventafeln, zahlreichen Zahlentabellen, zwei Profilen und einem Uebersichtsplan.

(Arbeit aus dem Botanischen Institut der Universität Bern)
Ausgeführt mit Hilfe der „Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der bernischen Hochschule".

Vorwort

Die Untersuchungen zur vorliegenden Abhandlung begann ich im März 1938, um sie im Herbst 1941 abzuschliessen. Im Jahre 1892 hatte schon STECK (61) den Moosseedorfsee erforscht und seine Ergebnisse in den „Beiträgen zur Biologie des Grossen Moosseedorfsees" niedergelegt. Seit dem Erscheinen jener Publikation, also in einem Zeitraum von fast 50 Jahren, hat sich manches verändert. Durch die in den Jahren 1917—1920 im Münchenbuchsee-Moos durchgeführte Melioration ist der Seespiegel des Moosseedorfsees seit 1919 um zirka 90 cm abgesenkt, seine Zu- und Abflussverhältnisse sind verändert. Die Verlandung des Kleinen Moosseedorfsees hat weiter grosse Fortschritte gemacht. Die Folge davon dürfte sein, dass sich seither wahrscheinlich auch im Stoffhaushalt des Sees Veränderungen im Sinne einer zunehmenden Eutrophierung vollzogen haben. Andererseits sind die Methoden der limnologischen Forschung verbessert und erweitert worden. Insbesondere versucht man heute durch Analyse der im Wasser gelösten Mineralsalze und Gase (Sauerstoff und Kohlensäure) den Stoffwechsel eines Gewässers zu erfassen; auf dieser wiederum gründet sich die moderne Seetypenlehre.

Es schien nun wünschenswert, diese neuen, heute gebräuchlichen Untersuchungsmethoden auch hier in Anwendung zu bringen.

Die vorliegende Bearbeitung des Moosseedorfsees ist mit

einem ähnlichen Arbeitsprogramm und unter Berücksichtigung der gleichen Gesichtspunkte durchgeführt worden, wie einige Jahre zuvor die Untersuchungen des Amsoldinger- und des Gerzensees. Ebenso konnte ich hier die gleichen Methoden und Apparate verwenden. Somit sind die besten Voraussetzungen zu vergleichenden Betrachtungen gegeben, d. h. die genannten Seen sowohl in physiographischer als auch in biologischer Hinsicht zu vergleichen.

In der Monographie von STECK (61) sind besonders die faunistischen Verhältnisse des Moosseedorfsees zur Darstellung gekommen, und ausserdem ist seither auch das Rotatorien-Plankton dieses Sees von SCHREYER (57) eingehend bearbeitet worden. Es erscheint daher durchaus gerechtfertigt, wenn ich dem Phytoplankton, der Diatomeenflora und der Floristik des Gebietes meine besondere Aufmerksamkeit zugewendet habe.

Ich hoffe somit durch die „Neuen Beiträge zur Kenntnis des Grossen und Kleinen Moosseedorfsees" eine Ergänzung und Erweiterung des bis jetzt Bekannten zu bringen. Es gereicht mir zur besonderen Freude, diese „Neuen Beiträge" dem Andenken Dr. THEODOR STECKs (* 6. II. 1857, † 4. I. 1937) dem ersten Erforscher des Moosseedorfsees zu widmen, mit dem mich die besten Beziehungen verbanden.

Allen denen, die meine Arbeit draussen und im Laboratorium gefördert haben, möchte ich hier meinen besten Dank sagen. Besonderer Dank gebührt Herrn ROBERT UTIGER in Moosseedorf, der mir mit steter grosser Bereitwilligkeit sein Boot zur Verfügung gestellt hat und mir sehr oft auch persönlich bei den Terminuntersuchungen behilflich war. Herr UTIGER, der schon STECK bei seinen Arbeiten auf dem See behilflich war, hat leider den Abschluss meiner Untersuchungen nicht erlebt, der noch rüstige Mann starb nach kurzer Krankheit am 29. Dezember 1941. Herr Dr. TH. v. FELLENBERG hatte auch diesesmal, wie bei meinen früheren Untersuchungen, die Freundlichkeit, die Ausführung der Gesamt-Wasseranalyse zu übernehmen, wofür ich ihm hier meinen besten Dank sage.

Auch dem Stiftungsrat der „Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Bernischen Hochschule", der mir einen namhaften finanziellen Beitrag zur Durchführung dieser Untersuchung zugesprochen hat, sage ich meinen besten Dank.

Die geographischen Verhältnisse der Umgebung des Grossen und Kleinen Moosseedorfsees [1])

Ungefähr 10 km nördlich von Bern liegt das Moosseetal, das sich als breite Talebene vom Fuss des Grauholzberges in einer Länge von zirka 9 km in westnordwestlicher Richtung bis gegen das Dorf Schüpfen hinzieht. Inmitten dieser aus Torferde bestehenden, heute aber fruchtbar gemachten Tallandschaft liegt der Grosse und der Kleine Moosseedorfsee. [2]) Seitlich wird dieses ziemlich gleichmässig 1 km breite Tal von weichgeformten Hügelzügen begleitet, die sich nur im Südwesten etwas stärker erheben. Der Talgrund des Moosseetales weist zwischen Schüpfen und den Moosseen eine ganz flache Schwelle auf und bildet so eine eigentliche Talwasserscheide (Punkt 533). Infolgedessen fliesst das Wasser, welches aus den Bachtälchen der beidseitigen Talhänge austritt, nicht nach einer Richtung ab, sondern es wird einerseits in nordwestlicher Richtung als Lyssbach der Aare zugeführt, andererseits durch die Urtenen zunächst dem Kleinen und Grossen Moossee zugeführt, um von da gegen Nordosten der Emme zuzustreben.

Südöstlich des Sees liegt auf breitem Alluvionskegel das habliche Bauerndorf Moosseedorf. Vom See aus, links vom Dorf, in der Richtung vom „Sand" gegen den Grauholzberg blickend, erkennt man, als Wahrzeichen ernster Tage aus der Vergangenheit Berns, die weisse Marmorsäule des Grauholzdenkmales (Gefecht

[1]) Für alle Einzelheiten betreffend die geographischen und geologischen Verhältnisse des Moosseetales sei auf die vorzüglichen Arbeiten von FR. KÖNIG (27) und F. NUSSBAUM (46), sowie die, ebenfalls von NUSSBAUM geologisch bearbeitete Exkursionskarte der Umgebung von Bern 1 : 75 000, 1922, verwiesen. Ferner auf die Blätter 141 Schüpfen (1932) und 144 Hindelbank (1933) des Topogr. Atlasses der Schweiz 1 : 25000.

[2]) Der Moosseedorfsee oder auch Moossee (Topogr. Atlas der Schweiz, Blatt Nr. 144, Hindelbank) wird auf zahlreichen geographischen Kartenwerken, ebenso im Geogr. Lexikon der Schweiz, Bd. 5, pag. 471, als Seedorfsee bezeichnet. Will man sich dieser letzteren Bezeichnung bedienen, so erscheint es unbedingt notwendig, Kanton Bern beizufügen, um Verwechslungen mit dem gleichnamigen See im Kanton Freiburg zu vermeiden, der sich im Bezirk Saane 1 km südöstlich Noréaz befindet.

So musste ich einige Angaben aus der älteren Literatur und auch aus Herbarien betreffend diese Seen unberücksichtigt lassen, weil nicht mit Sicherheit zu ermitteln war, auf welchen der beiden Seen sie Bezug hatten. Der Kleine Moosseedorfsee wird auch häufig Hofwilsee genannt.

im Grauholz am 5. März 1798) auf dem dunkeln Hintergrund des Tannenwaldes herüber schimmern.

Auf der Höhe südwestlich des Kleinen Moosseedorfsees liegt, weit über das Land hinschauend, das mächtige Gebäude von Hofwil, in welchem seit 1848 das bernische Lehrerseminar untergebracht ist. An der gegenüberliegenden Talseite gruppieren sich die Häuser von Wiggiswil. Hier führt auch die Strasse durch, welche zwischen Bubenlohwald und dem nördlichen Seeufer sich hinziehend, Schönbühl über Schönbrunnen, unweit der Talwasserscheide, mit Schüpfen und weiter gegen Nordnordwesten mit Lyss verbindet. Das Moosseetal ist als breite offene Tallandschaft den Luftströmungen ziemlich ausgesetzt. Sowohl der Westwind (Regenwind) als auch der Nordostwind (Bise) haben freien Zutritt auf die Seefläche. Ausserdem weht zuweilen, besonders am Nachmittag schöner Sommertage, von der Talwasserscheide her, also aus Nordnordwesten, ein Lokalwind, die sogenannte „Aarbise".

Wenn auch von einem eigentlichen Wellengang auf dem Moosseedorfsee, entsprechend der relativ kleinen Seefläche, nicht gesprochen werden kann, so macht sich bei starkem Wind die Wasserunruhe gelegentlich doch so stark geltend, dass ich bei meinen Arbeiten oft stark behindert wurde, sogar die Untersuchungen einige Male abbrechen musste, besonders dann, wenn die Verankerung des Bootes dem Winddruck nicht mehr standhielt.

Wie sich einerseits aus alten Seeterrassen (Aufschüttungsterrassen), die da und dort an den beiden Längsseiten des Moosseetales auftreten, ergibt, und andererseits sich aus der Verbreitung von Seeablagerungen, hauptsächlich der Seekreide[3]) nachweisen lässt, erstreckte sich der frühere Seespiegel vom Sand bis Schönbrunnen auf einem Niveau, das zwischen 530—532 m lag und damals eine Länge von zirka 6 km und eine Breite von zirka 1—0,5 km gehabt haben muss.

In den seither verflossenen Jahrtausenden waren auch Zuschüttung und Verlandung gewaltig am Werk, um das Areal des

[3]) Ueber die Seekreideablagerungen, deren Ausdehnung durch zahlreiche Bohrungen sehr genau festgestellt ist, vergleiche NUSSBAUM (44, pag. 151—158), sowie die Kartenskizze auf der Seite 130 und das geologische Profil, Seite 149.

postglacialen Sees zu verringern. Das fliessende Wasser brachte Schutt und Schlamm in den See, die sich hauptsächlich in den Randpartien ablagerten. Die Seekreide dagegen, die vorzugsweise im offenen, ruhigen Wasser unter chemischen und biogenen Einflüssen zur Ausscheidung gelangt, sedimentierte mehr in den mittleren Teilen des Sees. So finden wir im Gebiet unseres Sees zum Teil sehr mächtige, meist über Sand liegende, Sedimente dieses lakustren Kalkes, der ausserdem enorme Mengen von Schneckenschalen[4]) enthält.

Zu dieser minerogenen kommt dann noch die phytogene Sedimentation, d. h. die eigentliche Verlandung, worunter die Eroberung eines stehenden Gewässers durch die umgebende Ufer- und Landvegetation zu verstehen ist. Diese engt durch konzentrisches Fortschreiten nach Innen die Wasserfläche mehr und mehr ein. Die absterbenden Pflanzenreste und Sinkstoffe werden im ruhigen, meist sauerstoffarmen Wasser, nur zum geringsten Teil oxydiert und zersetzt, zum grössten Teil aber werden sie durch Reduktion unter Anreicherung von Kohlenstoff und Bildung von Humussäure der Vertorfung entgegengeführt. Die weiten, heute meist urbar gemachten Torfflächen im Moosseetal sind Zeugen, dass die Verlandung auch hier im Lauf der Zeiten sehr wirksam gewesen ist. So finden wir die, das heutige Seeareal umgebenden Seekreideablagerungen von einer Torfschicht sehr wechselnder Mächtigkeit und Struktur überlagert.

Kurze Uebersicht über die geologischen und urgeschichtlichen Verhältnisse im Gebiet der Moosseen

Das Moosseetal war schon vor der Eiszeit in die weichen, aus leicht bröckelnden Sandsteinen und bunten Mergeln bestehenden Schichten der unteren Süsswassermolasse eingeschnitten, also den ältesten in unserem Gebiet vorkommenden Gesteinsschichten.

Im Lauf der Eiszeit drang zunächst der Aaregletscher in das Moosseetal ein. Später bemächtigte sich der grössere Rhonegletscher des ganzen Gebietes, um bis in die Gegend von Wangen vorzustossen.

[4]) See- und sumpfbewohnende Arten, vergleiche hierzu die Artenliste bei NUSSBAUM (44, pag. 157).

Als nun am Ende der letzten grossen Eiszeit (Würmeiszeit) infolge klimatischer Aenderungen die Temperatur stieg, schmolz das Gletschereis. Der Rhonegletscher zog sich, dann und wann wieder leicht vorstossend, in verschiedenen Phasen gegen die Alpen zurück, während dieser Rückzugsphasen auf den Hügeln und in den Talungen gewaltige Geschiebemassen liegen lassend. Findlinge, Rand- und Endmoränen, Sand- und Lehmlager sind die Zeugen dieser einstigen ausgedehnten Vereisung.

In die letzte Rückzugsphase des Rhonegletschers fällt nun auch die Bildung des grossen Moränenwalles der zwischen Urtenen und Schönbühl eine Talsperre bildete. Hinter diesem Moränenwall, der sich bis auf die Höhe zwischen 530 und 540 m Meereshöhe erhob, kam es in dem durch den Rhonegletscher übertieften Moosseetal zur Wasserstauung und Seebildung. Der Moosseedorfsee ist also seiner Entstehung nach ein Moränenstausee.

Bevor sich der Seeausfluss, die Urtenen, gegen Nordosten hin entsprechend tief in die glazialen Ablagerungen eingeschnitten hatte, war die Seefläche des ursprünglichen, postglazialen Moossees von bedeutend grösserer Ausdehnung als die heutige.

Schon aus der frühesten Periode der jüngeren Steinzeit (Neolithikum) sind Spuren menschlicher Siedelungen am Moossee bekannt geworden. Es handelt sich um zwei Pfahlbaustationen, wovon sich die eine an der Ostseite des Sees, einige Schritte südlich vom Ausfluss der Urtenen befand, die andere auf der Westseite des Sees, in der Nähe des Urtenenkanal-Einflusses. Sie wurden im Jahre 1856 von UHLMANN, damals Arzt in Münchenbuchsee, entdeckt, nachdem im gleichen Jahr, am 9. März, der Seespiegel um 2,40 m, als Folge von Entsumpfungsarbeiten und Kanalarbeiten, abgesenkt worden war.

UHLMANN (64) und JAHN haben das Material dieser Pfahlbaustationen gesammelt und verarbeitet. Auf Grund der zahlreichen archeologischen Funde, die in weiteren Publikationen (KÖNIG, 26, p. 173—179) und GUMMEL (20) beschrieben und ausgewertet worden sind, können die Stationen vom Moossee in das Ende des Neolithikums und den Anfang der Bronzezeit gesetzt werden, HEER und später NEUWEILER (43, p. 112—113) haben speziell die Pflanzenreste dieses Pfahlbaues untersucht.

Einige bemerkenswerte Pflanzen, deren Samen oder Früchte bereits im Pfahlbau gefunden worden sind und noch heute am

See vorkommen, sind z. B. u. a. *Cladium mariscus* die Schneide, *Menyanthes trifoliata* der Fieberklee, *Mentha aquatica* die Wassermünze und *Lycopus europaeus* der Wolfsfuss. Andere dagegen, wie z. B. *Chara,* die Laichkräuter, *Potamogeton perfoliatus* [5]) und *compressus, Ranunculus aquatilis* der Wasserhahnenfuss und hauptsächlich *Trapa natans* die Wassernuss, sind heute nicht mehr zu finden. Letztere, die eine einjährige, wärmeliebende Wasserpflanze ist, dürfte möglicherweise schon der grossen subatlantischen Klimaverschlechterung zum Opfer gefallen sein.

Wertvolle Hinweise auf die Wald- und Klimageschichte der Moosseegegend haben wir durch die pollenanalytischen Untersuchungen von P. KELLER (24) erhalten. Aus der Analyse des am Rand der Pfahlbausiedlung entnommenen Bohrprofiles, das bis in eine Tiefe von 8 m getrieben wurde, seien hier nur kurz die folgenden Ergebnisse erwähnt. Unter kultiviertem Wiesenboden und Caricestorf liegt in einer Tiefe von 155—165 cm die obere Kulturschicht, während sich die untere zwischen 190 bis 200 cm befindet. Die Seekreide ist hier über 6 m mächtig.

Aus dem Pollendiagramm (siehe dieses bei KELLER l. c., pag. 56) geht u. a. hervor, dass zu Beginn der Moorbildung, die im Profil durch die Ablagerungen von Seekreide gekennzeichnet ist, die Birke vorherrschend war, während die Fundschichten des Pfahlbaues in den Zeitabschnitt des Buchenmaximums fallen, so dass auch hier die Annahme eine Stütze gewinnt, dass das neolithische Zeitalter bis zur Vorherrschaft der Buche gereicht hat.

Lage und Morphometrie des Moossees

(Vergleiche hierzu die Fliegeraufnahme, den Uebersichtsplan, sowie die Längs- und Querprofile.)

Der Moossee liegt unter 47° 1' 21" nördlicher Breite und 5° 8' 41" östlicher Länge von Paris in 520,5 m Meereshöhe, nordnordwestlich des Bauerndorfes Moosseedorf [6]) im Moosseetal. Er

[5]) P. perfoliatus dürfte vor zirka zwei Jahrzehnten noch im Moossee vorgekommen sein, wenigstens wird diese Potamogeton-Species in der 9. Auflage der Flora von Bern als dort vorkommend erwähnt, während ich dieselbe bei meinen wiederholten Nachforschungen nicht mehr finden konnte.

[6]) 8,5 km nord-nord-östlich von Bern. Der Moosseedorfsee ist Eigentum des Staates, der ihn 1528, nach der Reformation, dem in München-

stellt eine in west-nord-westlicher—ost-süd-östlicher Richtung gestreckte Wanne von 1,2 km Länge und 256 m mittlerer Breite dar, die sich etwas unterhalb der Mitte auf eine schmale, nur 184 m breite Stelle einengt, wodurch schon äusserlich der See in zwei Teile gegliedert ist. Diese äussere Gliederung wird auch durch die Tiefenverhältnisse betont, indem sich an dieser engsten Stelle der Seeboden als Schwelle bis in zirka 10 m unter die Wasseroberfläche erhebt und so den See in zwei deutlich getrennte Becken, ein oberes, geräumiges, 21,5 m tiefes und ein kleineres, unteres, 19 m tiefes scheidet. Der unterste, zungenförmig nach Südosten gerichtete Seeteil ist flacher, nur 4,5—7 m tief.

Die Uferböschungen sind allenthalben ziemlich steil.

In der beifolgenden Tabelle sind alle den See betreffenden morphometrischen Werte [7]) zusammengestellt.

Meereshöhe (neuer Horizont)	520.5 m
Oberfläche	309 700 m²
Grösste Tiefe im oberen Becken	21.5 m
Grösste Tiefe im unteren Becken . . .	19.0 m
Mittlere Tiefe aus Längsprofil	14.0 m
Mittlere Tiefe aus Volumen und Oberfläche .	10.9 m
Grösste Länge aus Mittellinie	1 215 m
Grösste Breite aus Querprofil	346 m
Mittlere Breite aus Oberfläche und Länge . .	256 m
Schmalste Stelle	184 m
Uferumfang	2 900 m
Uferentwicklung	1.5
Gesamtvolumen	3 388 900 m³
Anzahl Lotungen	86

Als Grundlage zur Aufstellung der morphometrischen Werte

---

buchsee niedergelassenen Johanniterorden konfiszierte. Die Bewirtschaftung und Aufsicht über die Fischerei steht gegenwärtig dem, im Jahre 1935 gegründeten, Fischereiverein Moossee zu.

[7]) Die in der Tabelle enthaltenen Werte sind zu meinen Handen von der Eidg. Landestopographie, Sektion I, überprüft und bearbeitet worden. Ebenso sind von diesem Amt die Längs- und Querprofile durch das Seebecken, sowie der Situationsplan hergestellt worden. Für diese wertvollen Beiträge zu meiner Arbeit und das mir dadurch erwiesene Entgegenkommen möchte ich dem Chef der Sektion I der Eidg. Landestopographie und seinen Mitarbeitern meinen allerbesten Dank aussprechen.

des Moosseedorfsees diente einerseits der Kurvenplan 1:8000, der auf Grund der im Jahre 1891 von Ingenieur HÜRLIMANN vorgenommenen Lotungen hergestellt worden ist. Anderseits konnte auch von Neuvermessungen der im Jahre 1935 erstellte Gemeindeübersichtsplan 1:10 000 von Moosseedorf benutzt werden.

Die Seespiegelhöhe: sie ist im Uebersichtsplan mit rund 521 m ü. M. angegeben. Die alte Höhe von 523,78 m vermindert um die Horizontaldifferenz von 3,26 m ergibt eine neue Seehöhe von 520,52 m ü. M., also auch in dieser Beziehung Uebereinstimmung zwischen alter und neuer Aufnahme. Diese gute Uebereinstimmung bezüglich der Seespiegelhöhe zwischen der alten (1891) und der neuen (1935) Aufnahme ist insofern bemerkenswert, als daraus hervorgeht, dass trotz der Absenkung von angeblich 90 cm im Jahre 1919, der Seespiegel heute effektiv nicht wesentlich tiefer liegt, als 1856, in welchem Jahr er um 2,40 m abgesenkt worden war. Dies wird weiter auch durch die Tatsache bestätigt, dass ich bei meinen sehr zahlreichen Terminuntersuchungen die Lotungen am Grund meistens bei einer Tiefe von 21,5 m ausführen konnte.

Der Grund, weshalb die letzte Korrektion der Urtenen auf den mittleren Wasserstand des Sees einen so geringen und auf jeden Fall nicht nachhaltigen Einfluss gehabt hat, ist einerseits wohl darauf zurückzuführen, dass die Sohle der in Seekreide-Untergrund gegrabenen Kanäle sich nachträglich, infolge des Seitendruckes von den Uferböschungen her, langsam wieder gehoben hat, so dass sich allmählich ein Wasserrückstau geltend machen musste. Anderseits ist auch in Betracht zu ziehen, dass sich als Folge der Entsumpfungen im ganzen Gebiet, der Wasserspiegel und damit die ganze Erdoberfläche gesenkt haben.

In diesem Zusammenhang seien hier nur kurz die im Lauf der Zeit im Gebiet der Moosseen durchgeführten Entsumpfungs-Projekte erwähnt. Ein erstes grosses Entsumpfungsprojekt gelangte in den Jahren 1780/81 zur Ausführung, wobei das Bett der Urtenen und damit auch der Seespiegel um zirka 2,35 m tiefer gelegt wurden. Diese erste Etappe der Melioration brachte zunächst die Torfausbeutung im Münchenbuchseemoos zur Blüte. In den Jahren 1855/59 wurde eine zweite umfangreiche Entsumpfung des Moosseetales durchgeführt, so dass nach einer abermaligen Tieferlegung der Urtenen im März 1856 das Wasser

um 8 Fuss = 2,40 m abgelassen werden konnte. Durch diese beiden Korrektionen hat der Moossee in seinen Dimensionen eine sehr empfindliche Einbusse erlitten. Die letzten, d. h. in den Jahren 1917 bis 1920 im Münchenbuchseemoos vorgenommenen Meliorationsarbeiten waren, wie wir oben schon auseinandergesetzt haben, in Hinsicht auf die Wasserstandsverhältnisse des Sees die am wenigsten einschneidenden.

Die Vorgeschichte, sowie auch der Gang und der Umfang der Arbeiten, die bei dieser letzten Entsumpfung dieses Gebietes vorgenommen worden sind, hat RUFER (52) in ausgezeichneter Weise geschildert.

Die Seeoberfläche ist sowohl nach dem alten Plan 1:8000, als auch nach dem neuen Uebersichtsplan 1:10 000 planimetriert worden. Die festgestellte Differenz wurde bei den hypsometrischen Flächen entsprechend berücksichtigt.

Das Seevolumen ist nach verschiedenen Methoden berechnet worden, woraus sich ein Mittelwert von 3 388 900 m^3 ergibt, der um 1,8 % kleiner als der von STECK mit 3 447 600 m^3 angegebene ist.

Die grösste Seelänge wurde längs einer, durch in den Seeumriss eingeschriebenen Kreise konstruierte, Mittellinie gemessen (im Situationsplan 1:8000 strichpunktierte Linie).

Die grösste Seebreite ergab sich aus einem Querprofil, senkrecht zu der Mittellinie gelegt, die mittlere Seebreite wurde aus Oberfläche durch Länge ermittelt.

Die mittlere Seetiefe wurde errechnet aus dem Längsprofil und aus dem Quotient Volumen durch Oberfläche.

Die Berechnung des Wärmehaushaltes eines Sees, ebenso die richtige Beurteilung seiner Sauerstoffverhältnisse werden erst unter der Voraussetzung möglich, dass die Inhalte seiner Teilvolumen einigermassen sicher bekannt sind. Es muss hierbei nämlich berücksichtigt werden, dass sich das Seevolumen nach der Tiefe verjüngt, und dass infolgedessen den tiefer liegenden Schichten ein bedeutend geringerer Anteil am Gesamtvolumen zukommt als den mittleren und oberen.

In der hier folgenden Tabelle finden sich die Areale der Isobathenflächen (Flächen gleicher Tiefe in Abständen von 2,5 m),

und der sie einschliessenden Volumen, sowie deren prozentualer Anteil des Gesamtvolumens, zusammengestellt.[8])

Seetiefe m	Isobathenflächen m²	Tiefendiff. m	Teilvolumen m³	% Gesamtvolumen
0	310 670			
		2,5	733 500	22
2,5	276 420			
		2,5	651 600	19
5,0	245 120			
		2,5	557 500	16
7,5	201 580			
		2,5	461 400	14
10,0	168 030			
		2,5	376 700	11
12,5	133 850			
		2,5	291 700	9
15,0	100 310			
		2,5	203 300	6
17,5	63 660			
		2,5	98 000	3
20,0	19 070			
		1,0	13 600	0,5
21,0	8 720			
		0,5	1 600	0,05
21,5				
			3 388 900	

Hydrologie (Wasserhaushalt)

Der Moosseedorfsee hat einen Flächeninhalt von 0,03 km², sein Einzugsgebiet hat einen solchen von 26,4 km²[9]) und ist somit 88-mal grösser als die Seefläche.

Der Hauptzufluss des Sees ist die an seinem nord-westlichen Ende einmündende Urtenen. Dieser Wasserlauf sammelt alle Bäche östlich der Talwasserscheide[10]) und führt sie den Moosseen zu. Zwischen den beiden Seen, dem Kleinen Moosseedorfsee (oder Hofwilsee) und dem Grossen Moosseedorfsee, durchfliesst die Urtenen eine Strecke von 370 m, deren Uferböschungen natürliche sind. Je nach dem Wasserstand hat der Bach hier eine Breite von 3—4 m und eine Tiefe von 0,50—1,20 m. Zur Ermittlung der Wassermengen, welche hier dem See zugeführt werden, haben wir wiederholt und bei verschiedenen Wasserständen dies-

[8]) Auch die Berechnungen dieser Werte sind in verdankenswerter Weise von der Eidg. Landestopographie, Sektion I, durchgeführt worden.

[9]) Diese Zahl verdanke ich der freundlichen Mitteilung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft.

[10]) Die Talwasserscheide des Moosseetales liegt 4 km nordwestlich der Moosseen bei Punkt 533 (siehe Topographischer Atlas der Schweiz, Blatt 141, Schüpfen).

bezügliche Messungen [11]) vorgenommen, die eine mittlere Wasserführung von 400 l pro Sekunde, also 0,4 m^3 ergaben.

Die am Südufer des Sees mündenden kleinen Bäche sind die Abflüsse von Quellen, die am Terrassenrand des ursprünglichen Sees zu Tage treten und in kurzem, raschen Lauf die Seematten durchquerend den See erreichen. Ausserdem sind noch der Dorfbach, der an der Südostseite des Sees mündet, zu erwähnen, sowie ein weiterer kleiner Bach, der vom „Sand" herkommend, sich im Gebiet der Badeanstalt in den See ergiesst. Beides sind Quellbäche, von denen der erstere dem See zirka 1000 Minutenliter zuführt.

Den Abfluss bildet wiederum die Urtenen, die den See am Südost-Ende verlässt. Hier wurde bei den Korrektionsarbeiten im Jahre 1918 eine Schleuse [12]) erstellt, deren Durchlassbreite drei Meter beträgt. Der Urtenenkanal seeabwärts ist mit armierten Betonschalen von 50 cm Radius, deren Schenkel verlängert sind, gesichert. Die obere Breite der Schale ist 1,40 m. Die mittlere Abflussmenge habe ich auf zirka 400 Sek./Liter bestimmt. [13]) Die Urtenen fliesst aus dem See kommend nach Nordosten, nachher gegen Norden, um nach einem 14 km langen, auf grosse Strecken

[11]) Die Anweisungen zur Durchführung solcher Messungen verdanke ich Herrn C. GHEZZI, Ingenieur am Eidg. Amt für Wasserwirtschaft.

[12]) Die Schleuse ist für ausserordentliche Fälle vorgesehen, ich habe sie während der Dauer meiner Untersuchungen nie in Tätigkeit gesehen, der Abfluss war immer ein natürlicher.

[13]) Aus dem Quotient: Seevolumen durch Abflussmenge ergibt sich die zur vollständigen Erneuerung des Wassers im Seebecken erforderliche Zeit. Sie beträgt demnach für den Mosseedorfsee:

$$\frac{3\,388\,900\ m^3}{0{,}42 \times 86\,400} = 93 \text{ Tage} = \text{drei Monate und zwei Tage,}$$

so dass das Wasser im See jährlich viermal erneuert werden könnte.

Selbstverständlich ist das eine approximative und theoretische Annahme, denn nicht jedes Wasserteilchen verbleibt gleich lange im See. Grössere Wassermassen, meist solche der Oberfläche, die etwas leichter als das Seewasser sind, werden über die Seefläche hinweggleiten, ohne sich je mit tieferen Wasserschichten zu vermischen. Andererseits werden wir sehen, dass das Tiefenwasser aus thermischen Gründen nur zu bestimmten Zeiten die Möglichkeit hat, an die Oberfläche zu gelangen. Somit ist ohne weiteres ersichtlich, dass die Schnelligkeit, mit welcher sich die Wassererneuerung in einem Seebecken vollzieht, hauptsächlich von den thermischen Verhältnissen abhängig ist, und dementsprechend örtlich und zeitlich sehr wechselnd ist.

hin kanalisierten Lauf, unterhalb Bätterkinden von links in die Emme zu münden.

Die Wasserstandsänderungen (Limnimetrie)

Schon STECK erwähnt, dass der Wasserstand des Moosseedorfsees nicht immer in der gleichen Meereshöhe liege, und dass auch jeder anhaltende Regen im Stande sei, den See zu schwellen.

Ich habe versucht, mir ein möglichst genaues Bild über das Fallen und Steigen des Seespiegels während dem Jahresverlauf zu verschaffen. Da am See kein Pegel vorhanden ist, musste zunächst am Ufer ein Fixpunkt festgelegt werden, auf welchen die jeweilige Seespiegelhöhe bezogen werden konnte. Als einziges, namentlich in bezug auf Stabilität und Unveränderlichkeit auf längere Dauer geeignetes Objekt, erschienen mir die senkrechten Wände des Betonkanals, in welchem die Urtenen den See verlässt. Dort ist an der rechtseitigen Kanalmauer an der höchsten Stelle unmittelbar neben der Schleuse, 32 cm unter der Maueroberkante der 0-Punkt angenommen, also 0 = — 32 cm. Da diese Stelle etwas abseits liegt und ausserdem mit dem Boot nicht zugänglich ist, sah ich mich genötigt, den Pegelnullpunkt auf einen, vor dem Bootshaus UTIGER tief in den Seegrund gerammten Pfahl durch eine entsprechend angebrachte Kerbe zu kennzeichnen. Hier konnten rasch und ohne viel Zeitverlust, auch zwischen den Terminuntersuchungen, Wasserstandsbeobachtungen vorgenommen werden. Gelegentliche Kontrollen bestätigten die Uebereinstimmung der Pegelnullpunkte. Im Folgenden sind die Beobachtungen, die sich über einen Zeitraum von drei Jahren, 8. März 1938 bis 17. März 1941, erstrecken, in tabellarischer Form niedergelegt. Das Zahlenmaterial entspricht den Ablesungen am „Pfostenpegel" beim Bootshaus. Um nun die in der Tabelle enthaltenen Werte auf den oben gekennzeichneten 0-Punkt an der Kanalmauer zu beziehen, müssen die mit negativen Vorzeichen versehenen Zahlen zu — 32 zugezählt, jene mit positiven Vorzeichen versehenen dagegen von — 32 abgezählt werden. Der so erhaltene Betrag gibt dann an, wie viele Zentimeter der Seespiegel unter (—), bei ausserordentlichem Hochwasser, wie z. B. am 16. November 1941, über (+) der Maueroberkante gestanden hat.

Zusammenstellung der während der Zeit vom 8. März 1938 bis 17. März 1941 registrierten Wasserstandsschwankungen

Datum	Wasserst. cm	Datum	Wasserst. cm	Datum	Wasserst. cm
1938		18. Okt.	—47,5	11. Nov.	+21,5
8. März	—37	26. „	—49,5	16. „	+ 8,0
11. „	—39	9. Nov.	—47,0	28. „	+ 1,0
14. „	—40,5	12. „	—48,0	10. Dez.	+ 9,5
22. „	—44,0	17. „	—50,0	19. „	— 4,5
7. April	—48,5	26. „	— 6,0		
24. „	—52,0	5. Dez.	—29,0	**1940**	
11. Mai	—55,0	8. „	—29,0	14. Jan.	—23,5
25. „	—52,5			7. Febr.	— 2,0
8. Juni	—50,5	**1939**		8. März	—28,0
11. „	—40,0	5. Jan.	—42,5	26. „	—18,0
13. „	+ 6,0	23. „	+30,0	19. April	—12,0
15. „	+ 8,0	6. Febr.	—18,0	1. Juni	—34,0
17. „	+ 5,0	23. „	—33,5	11. „	—42,5
19. „	—17,0	6. März	—49,0	3. Juli	—32,5
21. „	—30,0	11. „	—45,0	20. „	— 2,0
22. „	—33,0	14. „	0,0	30. „	— 9,0
26. „	— 43,0	31. „	+ 5,0	6. Aug.	—28,0
2. Juli	—35,0	8. April	+ 7,0	19. „	—38,5
6. „	— 2,0	12. „	— 2,0	31. „	—33,0
11. „	—18,0	16. „	—14,0	17. Sept.	+18,0
21. „	— 35,0	22. „	— 24,0	20. „	— 2,0
27. „	—31,0	10. Mai	+ —	22. Okt.	—18,0
4. Aug.	—30,0	16. „	+21	16. Nov.	+60,0
9. „	—37,0	30. „	— 4,0	25. „	+ 1,0
21. „	—30,0	20. Juni	—25,0	30. „	—12,0
26. „	—28,0	13. Juli	—30,0	16. Dez.	+11,0
14. Sept.	—39,5	20. „	—25,0	31. „	—23,0
21. „	—44,5	31. „	—22,0		
26. „	—38,0	8. Aug.	—11,0	**1941**	
1. Okt.	—38,0	15. „	—25,0	18. Jan.	—25,0
3. „	—35,0	20. Sept.	—12,5	24. Febr.	— 5,0
7. „	— 34,0	10. Okt.	+13,0	17. März	— 8,0
10. „	— 38,0	17. „	+22,0		

Auswertung der Wasserstandsbeobachtungen mit Bezugnahme auf die meteorologischen Verhältnisse

Gleich zu Beginn meiner Untersuchungen fand ich den Seespiegel des Moosseedorfsees in der ersten Märzdekade 1938 auf einer sehr niedrigen Quote. Nach Aussage der Anwohner bestand damals schon ein ausserordentlich niedriger Wasserstand. Der Seespiegel fiel aber noch weiterhin während des ganzen Monats April und auch noch in der ersten Maidekade; am 11. Mai 1938 registrierte ich mit — 55 cm den tiefsten Wasserstand. Dieser aussergewöhnlich tiefe Wasserstand war die unmittelbare Folge des ganz besonders trockenen Vorfrühlings 1938, in welchem die Monate Februar, März und April zusammen eine Niederschlagsmenge von nur 53 mm aufzuweisen hatten, während der Normalwert für diesen Zeitraum 116 mm beträgt. Der März allein hatte weniger als 40 % des Normalbetrages an Niederschlagsmenge. Vom 17. Mai hinweg brachten von Westen herkommende Zyklone stärkere Niederschläge, besonders auch starke Regenfälle zu Beginn der zweiten Junidekade liessen den Seespiegel rasch steigen, so dass am 15. Juni das Wasser 8 cm über dem Pegelnullpunkt stand. Ebenso verursachten heftige Regengüsse in den ersten Julitagen ein abermaliges starkes Ansteigen des Seespiegels (— 2 cm am 6. Juli 1938). Entsprechend den Niederschlagsverhältnissen der Monate August-Dezember, hielt sich der Wasserspiegel verhältnismässig tief, d. h. zwischen — 28 bis — 50 cm, mit Ausnahme von Mitte November, zu welcher Zeit er stark und rasch, aber nur vorübergehend gestiegen war. Sämtliche Monate bis zum Jahresschluss, ausser August, hatten Niederschlagsdefizite aufzuweisen. Bemerkenswert ist noch der am 23. Januar 1939 beobachtete Hochstand von + 30 cm, verursacht durch Schneeschmelze und Regenwetter, die um die Monatsmitte eingesetzt hatten.

Bei Tauwetter, verbunden mit starken Niederschlägen, namentlich nach einer längeren Frostperiode, ist in moorigem Gelände ganz besonders mit rasch eintretendem Hochwasser zu rechnen, weil in den stark und tief gefrorenen, wasserhaltigen Böden sozusagen kein Oberflächenwasser einsickern kann und infolgedessen alles an der Oberfläche abfliessen muss. Meiner Ansicht nach scheint dieser Umstand auch der Grund der gelegentlich am Moosseedorfsee vorkommenden Winterhochwasser zu

sein. Schon RUFER (53, p. 29 und 33) spricht in seinem Bericht über die in den Jahren 1917—1920 durchgeführte Melioration des Münchenbuchsee-Mooses (p. 29) von einem in den Weihnachtstagen des Jahres 1918 eingetretenen, selten grossen Hochwasser, das am damals im Bau begriffenen Urtenenkanal unterhalb des Sees Schaden zu stiften drohte.

Im zweiten Beobachtungsjahr 1939/40 war ebenfalls im Frühjahr ein ausgesprochenes Niederwasser mit einem Minimalstand von — 45 cm am 11. März 1939.

Im Herbst des nämlichen Jahres kam es vorübergehend, infolge anhaltender Niederschläge, zu einem Hochwasser. Ich registrierte am 17. Oktober + 22 cm. Während einiger Tage konnte der Uferrand des Sees nicht betreten werden.

Die Niederschlagsmengen des Oktobers 1939 waren ganz ausserordentlich gross, manche Stationen registrierten seit der Eröffnung des Wetterdiestes im Jahre 1864, die grössten Oktobermengen. Die Niederschlagsmengen im Mittelland betrugen ungefähr das Doppelte des Normalbetrages, für Bern 174 mm. Die durch Tauwetter bedingten Winterhochwasser waren nur wenig ausgeprägt. Ebenso zeigte diese Beobachtungsperiode eine relativ geringe Wasserstandsamplitude.

Im dritten Beobachtungsjahr 1940/41 trat der grösste Tiefstand erst im Spätfrühling ein, nämlich am 11. Juni 1940 mit — 42,5 cm.

Infolge anhaltender Regengüsse zu Beginn der zweiten Novemberdekade, der 14. und der 15. November hatten allein 49,4 mm Niederschlag aufzuweisen, trat am 16. November und den folgenden Tagen ein aussergewöhnliches Hochwasser ein, das Wasser stand + 60 cm über dem Pegelnullpunkt.

Dieses Hochwasser hatte zur Folge, dass der Abfluss der Mineralquelle („Alpensprudel"), der zirka 40 m vom Seeufer entfernt ist, rückläufig wurde, und so den Kellerraum des Gebäudes, in welchem diese Quelle gefasst ist, unter Wasser setzte. Innert zehn Tagen hatte sich das Wasser wieder auf das Seebecken zurückgezogen.

Wie sich die Hoch- und Niederwasserstände während der Beobachtungsjahre verteilen, wie sich ferner in diesem Zeitraum

der mittlere Wasserstand, sowie die Wasserstandsamplituden gestalten, ist aus der beifolgenden Tabelle [13a]) ersichtlich.

	1938/39	1939/40	1940/41
Hochwasserstände:	— 2 cm 23. I. 39	—10 cm 17. X. 39	+28 cm 16. XI. 40
Tiefwasserstände:	—87 cm 11. V. 38	—77 cm 11. III. 39	—74,5 cm 11. VI. 40
Mittelwasserstände:	—65 cm	—39,5 cm	—44,0 cm
Amplitude:	85 cm	67 cm	102,5 cm

Ueber die Wasserstandsverhältnisse des Moosseedorfsees kann allgemein folgendes gesagt werden:

Der Wasserstand ist sehr schwankend und unregelmässig, von Niederschlags- und Schönwetterperioden unmittelbar beeinflusst. Der Seespiegel kann infolge nur weniger Regentage rasch um 10—30 cm steigen, um ebenso rasch wieder zu fallen.

Rasches Fallen und Steigen des Seespiegels

8. bis 11. Juni 1938	in 2 Tagen um 10 cm gestiegen.
2. bis 6. Juli 1938	in 3 Tagen um 33 cm gestiegen.
18. bis 20 Januar 1941	in 1 Tage um 18 cm gestiegen.
17. bis 20. September 1940	in 2 Tagen um 20 cm gefallen.
16. bis 25. November 1940	in 8 Tagen um 60 cm gefallen.

Ausgesprochenes Niederwasser kann besonders im frühen Frühjahr einige Wochen dauern, während Hochwasser meist nur vorübergehend bestehen bleibt, um sehr bald wieder auf ein normales Niveau zurückzuweichen. Bei Hochwasser können gewisse ufernahe Geländestreifen, die sonst ganz trocken liegen, auf einige Tage überflutet werden. Im Flachmoor an der Nordseite des Sees (Stanglibucht) ist das Gelände schon bei mässigem Hochwasser 10—15 m landeinwärts überschwemmt, der Höchststand, den das Wasser dort jeweilen erreicht, ist nachträglich an den abgesetzten Schwemmguirlanden zu erkennen. Sowohl die Häufigkeit, als auch die Dauer dieser Uferüberschwemmungen sind jedoch nicht von dem Ausmass, als dass dadurch die Vegetation in der unmittelbaren Umgebung des Sees in nennenswerter Weise beeinflusst würde.

[13a]) Die Werte dieser Tabelle sind auf den Nullpunkt an der Kanalmauer bezogen, und geben also an wie viele Zentimeter der Wasserspiegel des Sees unter (—) respektive über (+) der Mauerorberkante gestanden hat.

Die Verdunstung

Ausser den Niederschlägen, sowie den Zu- und Abflussverhältnissen, ist auch die Verdunstung der freien Wasserfläche für den Wasserhaushalt eines Sees ein mitbestimmender Faktor.

Verdunstungsmessungen sind meines Wissens auf kleinen Seen des schweizerischen Mittellandes noch nicht ausgeführt worden. Die klassischen Untersuchungen über die Verdunstungsgrösse von Wasserflächen in der Schweiz sind von MAURER (34 und 35) und LÜTSCHG (32) ausgeführt worden und beziehen sich auf den Aegeri- und Zugersee, den Greifen- und Zürichsee, ferner auf hochalpine Seen, den Mattmark- und den Hopschensee, in den Walliseralpen. Die Forscher, die sich mit diesen interessanten, aber schwierigen Problemen befasst haben, sind sich darüber einig, dass der auf hydrometrischem Wege (d. h. aus der Bilanzgleichung: Niederschlag + Zufluss = Abfluss + Verdunstung + Speicherung), gefundene Wert die zuverlässigsten Zahlen über die wahre Verdunstungsgrösse ausgedehnter Wasserflächen ergibt. Mit Verdunstungsgefässen oder anderen Evaporimetern ermittelte Werte liefern nicht unbedingt einwandfreie Resultate, sie lassen sich namentlich nicht ohne weiteres auf die gesamte Wasseroberfläche übertragen. Die Anwendung der hydrometrischen Methode hat aber zur Voraussetzung, dass die Zu- und Abflüsse des in Frage stehenden Gewässers registriert werden, ferner dass gleichzeitig entsprechende Pegelbeobachtungen und Niederschlagsmessungen vorgenommen werden. Diese Voraussetzungen sind am Moosseedorfsee nicht erfüllt, könnten jedoch bei einer entsprechenden Organisation und Mitwirkung von Wasseringenieuren zweifellos befriedigend erfüllt werden. Die Durchführung einer solchen Untersuchung kann aber nicht mehr von einem Einzelnen bewältigt werden.

In einem Aufsatz von MAURER und PEPPLER (37), in welchem das gesamte Verdunstungsproblem freier Wasserflächen behandelt wird, und in welchem auch im Ausland vorgenommene Verdunstungsuntersuchungen ausgewertet sind, lesen wir folgendes: „Die Verdunstung beträgt bei den mitteleuropäischen Seen im Mittel längerer Jahresreihen ziemlich übereinstimmend 50—70 % der jährlichen Regenhöhe; 60 % scheint für Mitteleuropa charakteristisch zu sein. In Trockenjahren ergibt sich ein wesentlich höherer Prozentsatz, so 107 % im Jahre 1921."

Im Gebiet des Moosseedorfsees beträgt die jährliche Niederschlagsmenge zirka 964 mm, bei der Annahme, dass 60 % derselben der jährlichen Verdunstung entspricht, ergibt sich für den Moosseedorfsee eine Jahresverdunstung von 578 mm, im Mittel 1,89 mm pro Tag, wenn man annimmt, dass der See zirka 60 Tage gefroren ist.

Gang der Untersuchungen auf dem See

Die Seeuntersuchungen, deren Termine in möglichst gleiche Zeitabstände gelegt waren, sind monatlich einmal durchgeführt worden. Bei jeder Terminuntersuchung gelangten vom Boot aus, welches über der tiefsten Stelle des Sees verankert war, die folgenden Operationen zur Ausführung: 1. Temperaturlotungen, 2. Fassen von Wasserproben für die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes, 3. Fassen weiterer Wasserproben für verschiedene chemische Analysen, 4. Bestimmung der Durchsichtigkeit des Seewassers, 5. Fischen verschiedener Planktonproben.

Alle diese Manipulationen liessen sich bei einigermassen günstigem und ruhigem Wetter in zirka drei Stunden erledigen.

Die Wasserproben gelangten bis zum folgenden Tag, an welchem ihre Verarbeitung erfolgte, in einen kühlen, dunklen Raum zur Aufbewahrung. Die Planktonproben dagegen wurden noch am gleichen Tag einer ersten Durchsicht unterworfen.

Solche Terminuntersuchungen habe ich sozusagen lückenlos während 36 Monaten, d. h. vom März 1938 bis Juli 1941 ausgeführt, nur in den Monaten Januar und Februar mussten diese, je nachdem, ob die Eisdecke betreten werden konnte oder nicht, entweder eingeschränkt [14]) oder auch ganz fallen gelassen werden, ebenfalls musste die Untersuchung vom Mai 1940 der politischen Verhältnisse wegen unterbleiben.

Ausser den Terminuntersuchungen habe ich den See noch ein oder auch mehrere Male jeden Monat besucht. Im Sommerhalbjahr hauptsächlich zur Erhebung der floristischen Verhältnisse, der Untersuchung des Seebodens, der Bäche u. a. mehr. Im Winterhalbjahr um das Werden und Vergehen der Eisdecke zu verfolgen.

[14]) Immerhin ist hervorzuheben, dass diejenigen Lotungsserien, die von der Eisdecke aus durchgeführt werden konnten, mit zu den interessantesten und wertvollsten der Untersuchung gehören.

Durch die Verarbeitung und die Auswertung des auf dieser Basis gewonnenen Beobachtungs- und Tatsachenmaterials wird es möglich, den Einfluss des Jahreszeitenwechsels auf den See zu erfassen, besonders den Wechsel zwischen Stagnations- und Zirkulationsperioden, der für den limnischen Lebensraum von so ausserordentlich einschneidender Bedeutung ist.

I. Die physikalischen und chemischen Verhältnisse

Optik

Dem Licht, d. h. der direkten Sonnenbestrahlung, als auch dem diffusen Tageslicht, kommt sowohl auf dem Lande als auch im Wasser eine hervorragende Bedeutung zu, indem es direkt und indirekt alle Lebensvorgänge beherrscht.

Von dem auf die Wasseroberfläche auffallenden Licht wird im Mittel 6 % reflektiert, während von dem in das Wasser eindringenden Strahlungsanteil ein Teil zerstreut, ein anderer absorbiert und in andere Energie, hauptsächlich Wärme, umgewandelt wird.

Von der in Wärme umgewandelten Strahlung werden die Temperaturverhältnisse, und damit auch die temperaturbedingten Schichtungsverhältnisse in den Gewässern geregelt, welche ihrerseits die Umschichtung der Wassermassen verursachen. Der transmittierende Strahlungsanteil dagegen, d. h. die in das Wasser eindringenden Strahlen, liefern die Energie für die Kohlensäureassimilation, dem lebenswichtigsten Prozess der grünen Organismen. Nun wird aber die Strahlung schon beim Durchgang von Wasserschichten geringer Mächtigkeit quantitativ und qualitativ stark verändert, wobei die im Wasser gelösten Stoffe und die anorganischen Suspensionen noch wesentlich beitragen.

Heute verfügt man bereits über gut durchgebildete Methoden, um die Strahlungsverhältnisse im Wasser quantitativ und qualitativ zu messen. Neben den kalorimetrischen und physiologischen stehen heute die photoelektrischen Methoden im Vordergrund des Interesses. Mit sogenannten Sperrschichtphotozellen[15]) ist es möglich, nicht nur die Intensität, sondern auch die spektrale Zusam-

[15]) Sperrschichtphotozellen liefern bei Bestrahlung, ohne Hilfsspannung, einen elektrischen Strom, indem hier eine direkte Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrischen Strom stattfindet.

mensetzung der in verschiedenen Seetiefen herrschenden Beleuchtung zu ermitteln, was besonders für die Erforschung der Schichtungsverhältnisse der Planktonorganismen und auch ganz allgemein in biologischer Hinsicht von ausserordentlich grosser Bedeutung ist.

Bezüglich der Erforschung des Strahlungsklimas unter den oben angedeuteten Gesichtspunkten, und unter Benutzung der neuen Methoden, speziell der photoelektrischen, bieten die schweizerischen Gewässer noch ein reiches Arbeitsfeld, das besonders Forschern, die über gute mathematische und physikalische Kenntnisse verfügen, empfohlen sein möge. Leider musste ich mich meinerseits, hauptsächlich der Zeitumstände wegen, bei der Untersuchung der Sichttiefe ebenfalls auf die althergebrachte, weniger exakte Methode der Seccischeibe beschränken.

Die Sichttiefe

Unter Sichttiefe versteht man bekanntlich jene Tiefe, bei welcher eine weisse Scheibe von 30 cm Durchmesser verschwindet. Um störende Spiegelungsreflexe bei der Beobachtung der Scheibe zu vermeiden, versenkte ich diese stets im Schatten des Bootes, bei windgekräuselter Seeoberfläche ebenfalls das Schiff als Windschatten benutzend.

Durchsichtigkeitstabelle

1938/39		1939/40		1940/41	
8. März	0,71	14. März	0,90	8. März	1,05
7. April	1,00	22. April	1,20	19. April	1,80
11. Mai	0,95	16. Mai	1,00	Mai	—
8. Juni	0,58	20. Juni	1,20	11. Juni	**0,40**
11. Juli	0,90	13. Juli	0,80	20. Juli	1,20
9. August	1,85	15. August	0,93	19. August	1,20
14. September	2,10	20. September	1,40	20. September	2,15
10. Oktober	1,53	17. Oktober	1,20	22. Oktober	1,42
9. November	1,85	11. November	0,86	25. November	1,48
5. Dezember	1,72	10. Dezember	2,30	16. Dezember	2,00
23. Januar	1,86	Januar	—	18. Januar	**2,70 Eis**
6. Februar	2,00 Eis	7. Februar	0,70	24. Februar	1,20
Mittelwerte	1,42		1,13		1,50
Sichtamplitude	1,34		1,60		2,30

Als Durchsichtigkeitswerte sind in der beifolgenden Tabelle das Mittel von je sechs, bei jeder Terminuntersuchung ausgeführten Beobachtungen eingetragen.

Die maximale im Moosseedorfsee beobachtete Durchsichtigkeit betrug 2,70 m, die minimale 0,40 m, im Mittel während der ganzen Beobachtungsperiode 1,34 m. Im Gerzensee stellte ich als Maximum der Durchsichtigkeit 3,25 m fest, als Minimum ebenfalls 0,40 m, während im Amsoldingersee die entsprechenden Werte 5,40 und 1,25 m betrugen.

Aus dieser Zusammenstellung geht also hervor, dass der Moosseedorfsee in seiner Wasserdurchsichtigkeit hinter den beiden letztgenannten Seen zurücksteht. Fügen wir diesen Durchsichtigkeitswerten noch einige aus anderen Seen bei, denen, da ich dieselben innert Monatsfrist erhoben habe, als Vergleichswerte eine gewisse Bedeutung zukommt.

Moosseedorfsee	20. September 1940	2,15 m	stark eutroph
Baldeggersee	29. September 1940	1,60 m	stark eutroph
Hallwilersee	29. September 1940	3,40 m	eutroph
Sempachersee	28. September 1940	4,50 m	Uebergang zu oligotroph
Aegerisee	30. September 1940	4,70 m	Uebergang zu oligotroph
Genfersee	13. Oktober 1940	9,20 m	oligotroph

Die extremen Verhältnisse zwischen einem eutrophen und einem oligotrophen Gewässer hinsichtlich ihrer Durchsichtigkeitsverhältnisse sind aus den beifolgend zusammengestellten Beobachtungsreihen ersichtlich.

Moosseedorfsee			Genfersee		
Datum	Sichttiefe m	$KMnO_4$-verbrauch mg/l	Datum	Sichttiefe m	$KMnO_4$-verbrauch mg/l
10. X. 38	1,65		12. X. 38	8,0	
24. II. 41	1,20	16,55—17,82	16. II. 41	16,20	4,45
15. V. 41	1,40	15,01	10. V. 41	5,70	4,36—5,30
19. VI. 41	0,75		15. VI. 41	5,70	

Die starke Wassertrübung im Moosseedorfsee ist hauptsächlich auf die intensive Planktonproduktion zurückzuführen, ferner auch auf Humusstoffe, die aus dem angrenzenden Moorgebiet eingeschwemmt werden, während mineralische Partikel hier nur eine untergeordnete Rolle spielen. Auch die relativ hohen Permanganatwerte weisen darauf hin, dass organische Suspensionen im Moosseedorfsee eine sehr wesentliche Ursache der geringen Was-

serdurchsichtigkeit sind. Der Kaliumpermanganatverbrauch beträgt im Durchschnitt 17,3 mg/l.

Nach dem eben Gesagten sollte man nun erwarten, dass Planktonmenge und Durchsichtigkeit umgekehrt proportional sind. Vergleiche zwischen der Menge des sedimentierten Planktons und den Durchsichtigkeitswerten zeigen aber, dass dies nicht unbedingt zutrifft. Es ist eben auch zu berücksichtigen, dass es nicht nur auf die Menge, sondern auch auf die Beschaffenheit der Organismen ankommt inwiefern diese die Durchsichtigkeit und die Färbung ihres Milieus beeinflussen.

Immerhin konnte festgestellt werden, dass in den Wintermonaten, hauptsächlich während der Eisbedeckung des Sees, das Phytoplankton quantitativ ganz bedeutend zurückgehen kann und dann dementsprechend, sogar unter der Eisdecke, verhältnismässig grosse Durchsichtigkeitswerte erhoben werden können. Dies war besonders auffallend, als ich am 18. Januar 1941, bei einem ausgesprochenen Minimum an Plankton, die während der ganzen Beobachtungsperiode grösste Durchsichtigkeit von 2,70 m mass. Ausserdem sind bei der absoluten Wasserruhe, die unter der Eisdecke herrscht, die besten Voraussetzungen zu einer ungestörten Sedimentation toter Suspensionen gegeben.

Wollen wir jetzt auf Grund dieser Ergebnisse die Strahlungsverhältnisse unseres Sees beurteilen, so müssen wir zunächst in Betracht ziehen, dass vergleichende Untersuchungen vermittelst der Seccischeibe einerseits und photoelektrischen Apparaten anderseits gezeigt haben, dass Sichttiefe und Lichtdurchlässigkeit des Wassers in keiner unmittelbaren Abhängigkeit voneinander sind. SAUBERER (55, p. 49—51).

In trübem Wasser verschwindet die Seccischeibe ziemlich rasch, indem die Suspensionen die Strahlen diffus zerstreuen (Okkultation) und das Bild der Scheibe bald unscharf wird. Trotzdem können die Lichtverhältnisse in einem solchen Gewässer noch recht gut sein. In gelblich gefärbten Wässern dagegen ist die Sichttiefe im Vergleich zur Lichtdurchlässigkeit immer sehr gross. Die im Wasser gelösten Substanzen (Humusstoffe) wirken aber stark absorbierend auf die eindringenden Lichtstrahlen, so dass auch in einem klaren Gewässer in jener Tiefe, in welcher die Seccischeibe verschwindet, nur noch eine geringe Lichtintensität herrscht.

Sowohl Trübungen als auch Färbungen des Wassers durch Humusstoffe, namentlich die letzteren, haben eine besonders starke Transparenzverminderung für Blau, Violett und Ultraviolett, also dem kurzwelligen Bereich des Spektrums zur Folge. Dagegen ist der Einfluss dieser Faktoren auf die Durchlässigkeit für langwelliges Licht viel geringer.

Wenn also nach dem oben Auseinandergesetzten die geringe Durchsichtigkeit des Moosseedorfsees infolge der Suspensionen nicht auf ein entsprechend schlechtes Eindringungsvermögen des Lichtes schliessen lässt, so ist anderseits anzunehmen, dass ziemlich viel Licht von den im Seewasser gelösten Stoffen [16]) schon in den oberen Schichten absorbiert wird. Im Moosseedorfsee dürfte schon in einer geringen Wassertiefe der prozentuale Anteil der Gesamtstrahlung ein recht geringer sein.

Ich hoffe später, auf Grund vorgesehener lichtelektrischer Messungen, über das Lichtklima des Moosseedorfsees und anderer Seen genauere Angaben mitteilen zu können.

Um die Eigenfarbe (Wasserfarbe) des Moosseedorfseewassers möglichst objektiv festzustellen, habe ich das von OHLE (47) angegebene kolorimetrische Verfahren angewendet. Aus verschiedenen Seetiefen entnommene Wasserproben werden im Lunzer Kolorimeter (Röhren von 30 cm Länge, 1,5 cm Durchmesser und 50 cm^3 Inhalt) gegen eine Methylorange Lösung verglichen, deren Gehalt 0,01 mg/l als Einheit beträgt. Die Wasserfarbe findet ihren Ausdruck zweckmässig in absoluten Zahlen. So bedeutet beispielsweise 5 den Farbton, der einer Lösung entspricht, die $^5/_{100}$ mg Methylorange im Liter enthält. Durch dieses Verfahren sind wir in der Lage, die Wasserfarbe verschiedener Gewässer zu vergleichen, sowie Farbveränderungen festzustellen, die im jahreszeitlichen Verlauf eintreten können.

OHLE teilt die Gewässer auf Grund der so bestimmten Wasserfarbe in drei Gruppen:

Gruppe I = 0— 5 oligotroph—schwach eutroph
Gruppe II = 5—15 eutroph
Gruppe III = > 15 eigentliche Braunwasserseen.

In den oligotrophen Seen gehören die Farben aller Wasser-

[16]) Vergl. den folgenden Abschnitt.

schichten zu jeder Jahreszeit in die Gruppe I.[17]) In den Uebergangsseen leiten die Farben der bodennahen Wasserschichten, nur selten in schwachem Grade auch diejenigen geringerer Tiefen, über zu der Gruppe II. Dagegen gehören am Ende des Sommers die hypolimnischen Proben in den Seen schwacher Eutrophie zu der Gruppe II, in jenen stärkerer Eutrophie reichen die Farben sogar bis in die III. Gruppe.

Für die Oberflächenproben fand ich im Moosseedorfsee die entsprechenden Methylorange-Werte 5—13, der am häufigsten vorkommende Wert betrug 9. In 10 m Tiefe war der Durchschnittswert 12, während er in den bodennahen Schichten in den Monaten August, September und Oktober auf über 20 stieg. Die Auswertung meiner Farbenbestimmung nach der von OHLE gegebenen Einteilung und Deffinition weist darauf hin, dass der Moosseedorfsee in die Gruppe der stark eutrophen Seen einzureihen ist.

In Ergänzung dieser Farbenbestimmung habe ich auch Wasserproben ebenfalls im Kolorimeter-Komparator untersucht und mit den Farbskalen des Code Universel des Couleurs von SEGUY (60) verglichen. Die meisten auf diese Weise geprüften und verglichenen Proben aus dem epilimnischen Seeraum zeigten eine sehr gute Uebereinstimmung mit dem Farbton 270, der ein lichtes Gelb darstellt.

Die Eigenfarbe eines Seewassers wird nicht nur von den darin gelösten organischen Substanzen (Gelbstoffe) und anorganischen Suspensionen bestimmt, sondern auch die Schwebeorganismen sind oft mitbestimmend, zeitweise sogar ausschlaggebend für die Wasserfarbe. Zahlreiche Planktonorganismen sind zwar farblos und durchsichtig, andere dagegen, besonders die Phytoplankter, sind stark pigmentiert. Treten diese in grosser Menge auf, so kann die Eigenfarbe des Wassers durch die Planktonsuspensionen über-

[17]) Die Wasserfarbe oligotropher Seen ist zuweilen so gering, dass sie im Kolorimeter-Komparator vom reinen destillierten Wasser kaum zu unterscheiden ist. Das war z. B. der Fall bei Wasser aus dem Genfersee, von dem ich am 16. Februar 1941 Proben im Pelagial entnommen und untersucht habe, deren Methylorangewert 1 nicht erreichte, während am 24. Februar 1941 die Färbung des Wassers im Moosseedorfsee den Wert 13 hatte. Wasserproben aus dem Genfersee von Mitte Mai und Juni des gleichen Jahres hatten die Farbe 1—1,5, die entsprechenden Färbungen im Moosseedorfsee waren 7 und 9.

tönt oder auch verstärkt werden, was zu Vegetationsfärbungen führt. Eine Vegetationsfärbung ist um so intensiver, je näher die Algenansammlung an der Wasseroberfläche liegt. Bei massenhafter Ansammlung der Organismen an der Wasseroberfläche kommt es zu eigentlichen Wasserblüten. Beide Erscheinungen habe ich Gelegenheit gehabt, im Lauf der Jahre im Moosseedorfsee zu beobachten.

Eine Verstärkung der Eigenfärbung des Seewassers (Methylorangewert 9) in den oberen Schichten wird besonders durch *Synedra* und auch *Stephanodiscus* herbeigeführt, die dort im frühen Frühjahr, Februar und März, gelegentlich auch noch später, zu einer enormen Entfaltung gelangen. Die braun bis braungelben Assimilationspigmente dieser Diatomeen verstärken die gelbliche Eigenfarbe des Wassers gelegentlich so stark, dass der entsprechende Methylorangewert fast einen Betrag erreicht, der sonst nur eigentlichen Braunwässern zukommt. Der Beweis, dass diese Farbenverstärkung wirklich von den Organismen herrührt, ergibt sich aus der Tatsache, dass Filtrate solcher Wasserproben, die ein Porzellanfilter passiert haben, eine leicht gelbliche Farbe haben, deren Methylorangewert der durchschnittlichen Eigenfarbe des Wassers entspricht.

Auch in der Tiefe des Sees kann, besonders am Ende der Stagnationsperiode, als Folge einer intensiven Vegetation von Eisenorganismen *(Leptothrix)* die Eigenfarbe des Wassers ganz bedeutend verstärkt werden.

Eine gelbgrüne Wasserfarbe erzeugen *Uroglena volvox* und *Dinobryon,* wenn sie zur Massenentwicklung gelangen. Auffallend ist bei letzterem Organismus, dass er zugleich auch eine milchige Trübung des Wassers hervorruft. Eine ausgesprochen grüne Wasserfarbe habe ich nur selten beobachtet, sie scheint durch das starke Auftreten der Chrysomonadine *Mallomonas* hervorgerufen zu werden, besonders dann, wenn zugleich etwa die sonst stark vorherrschende Diatomeenflora im Rückgang begriffen ist. In diesen Fällen ist die Ueberlagerung der gelblichen Eigenfarbe durch grün so stark, dass die Bestimmung der Wasserfarbe mit der Methylorangemethode vollständig versagt. Im Kolorimeter, bei einer Schichthöhe von 30 cm geprüft, zeigen dann die Wasserproben eine gute Uebereinstimmung mit Nr. 395 der SEGUYschen Farbenskala.

Diese von gelb und gelbbraun abweichenden Wasserfarben habe ich, wie gesagt, nur selten und sehr vorübergehend beobachtet. Sowohl durch die im Wasser gelösten Gelbstoffe, als auch durch die Assimilationspigmente der Planktonorganismen, besonders wenn diese in grösserer Dichte auftreten, wird nicht nur die Strahlungsintensität, sondern auch die spektrale Zusammensetzung des Lichtes im Wasser wesentlich beeinflusst. Ausser im Rot, durch das Chlorophyll a und b, hat das Gesamtpigment im Blau und Blauviolett eine besonders stark absorbierende Wirkung. (Vergl. hierzu auch die Untersuchungen von HANDKE (23) über Produktionsmessung mittelst Pigmentanalysen.)

Von der echten oder wahren Farbe des Gewässers ist die scheinbare zu unterscheiden. Diese wird nicht allein von der Beschaffenheit des Wassers, sondern ebensosehr von jener seiner Umgebung bestimmt, wobei die Reflexionserscheinungen an der Wasseroberfläche von grösster Bedeutung sind. Ausser dem spektral veränderten, aus der Umgebung zugestrahlten Licht, spielt die, je nach Tageszeit und Bewölkungsgrad des Himmels sehr wechselnd zusammengesetzte, diffuse Strahlung eine sehr wichtige Rolle. Bei seichten Gewässern ist auch die Farbe des Grundes von mitbestimmendem Einfluss auf die scheinbare Farbe. Diesem letzteren Faktor kommt allerdings im Moosseedorfsee keine Bedeutung zu, da flache Uferpartien von nennenswerter Ausdehnung hier nicht vorhanden sind. Die scheinbare Farbe dieses Sees ist als dunkelgrün (SEGUY 428 u. 430) zu bezeichnen. Leider musste auf die bei diesen Bestimmungen sonst übliche Benutzung der Farbenskala von FOREL-ULE ganz verzichtet werden, da sich eine befriedigende Uebereinstimmung der Seefarbe mit keiner ihrer Nummern finden liess.

Die Erscheinung, dass auch gelegentlich einmal der Moosseedorfsee aus der Ferne blau erscheinen kann, hat mit der Farbe des Wassers nichts zu tun, hier handelt es sich lediglich um einen Spiegelungseffekt. Ist z. B. die Wasserfläche von einer leichten Brise gekräuselt, dann spiegelt sich das blaue Himmelsgewölbe in den Fazetten der unzähligen Wellchen, und der Seespiegel erscheint blau.

Fluoreszenz

MERKER (39) hat darauf aufmerksam gemacht, dass Wasser aus stark belebten Gewässern die Eigenschaft besitzt, bei Bestrahlung mit Ultraviolettstrahlen in bläulich weissem Licht aufzuleuchten, während reines Quellwasser oder frisch hergestelltes destilliertes Wasser nicht fluoreszieren. Ueber die Natur der Stoffe, welche die Fluoreszenz erzeugen, lässt sich noch wenig sagen, immerhin ist festgestellt, dass es sich um Zerfallstoffe handelt, die von pflanzlichen und tierischen Organismen, besonders von letzteren, herrühren. Ueber die Fluoreszenz des Moosseedorfseewassers (und Genferseewassers) konnte ich die folgenden Beobachtungen [18]) machen.

Wasserproben vom 25. November 1940 aus Tiefen von 2,5, 5 und 15 m Tiefe zeigten ohne Unterschied eine starke [19]) Fluoreszenz. Bei Wasserproben vom 30. Juli 1940 war diese Erscheinung im Oberflächenwasser bedeutend schwächer als im Wasser aus 10 und 20 m Tiefe. Diesen Unterschied stellte ich in gleicher Weise auch am 24. Februar 1941 fest. Dagegen zeigte Wasser aus dem Genfersee, das am 16. Februar 1941 dem Tiefenraum zwischen 0 und 20 m entnommen war, gar keine Fluoreszenz. Im Mai und Juni 1941 zeigte sich wiederum in allen Tiefen des Moosseedorfsees eine intensive Fluoreszenz, während diese Erscheinung im Genfersee (Tiefenraum 0—20 m) nur äusserst schwach festzustellen war. Die Intensität der Fluoreszenz kann also auch mit als Mass für die Reinheit des Wassers herangezogen werden. In biologischer Hinsicht ist die Fluoreszenz insofern von Bedeutung, als fluoreszierendes Wasser das Licht spektral in der Weise verändert als die kurzwelligen Strahlen (blau und violett) stark absorbiert werden.

---

[18]) In Quarzröhren abgefüllte Wasserproben wurden, nebst Kontrollproben frisch hergestellten destillierten Wassers, im Licht einer Quarzglas-Quecksilberlampe (Ultravisor) betrachtet, indem ultraviolette Strahlen in hohem Mass die Eigenschaft haben, die Fluoreszenz zu erregen.

[19]) Vorläufig müssen wir uns mit dieser allgemeinen und subjektiven Schätzung begnügen, da es mir leider nicht gelungen ist, mit Chininsulfat und anderen organischen Stoffen Standartlösungen herzustellen, die geeignet wären, die verschiedenen Intensitätsgrade der Fluoreszenz festzuhalten.

Thermik

Ausser dem Licht ist die Wärme der wichtigste Regulator der Lebensvorgänge. Die Temperaturverhältnisse beherrschen darüber hinaus, durch die Dichteänderung des Wassers, indirekt die grossen Vorgänge, die den Wasser- und Stoffhaushalt der Seen steuern. Deshalb ist dem Studium der Wärmeverteilung im See die allergrösste Aufmerksamkeit zugewendet. Bei der Auswertung der Temperaturbeobachtungen habe ich auch grossen Wert darauf gelegt, die meteorologischen Verhältnisse, die während der entsprechenden Beobachtungsperioden herrschten, zu diesen in Beziehung zu bringen. Hierzu dienten mir, neben eigenen meteorologischen Beobachtungen und fortlaufenden Witterungsnotizen, Beobachtungen vom Observatorium Bern [20]) und die von der meteorologischen Zentralstation in Zürich herausgegebenen monatlichen Witterungsberichte.

Technik und Ort der Messungen

Die Temperaturlotungen sind vom 8. März 1938 bis zum 19. Juni 1941 monatlich, über der tiefsten Stelle vom See, d. h. ungefähr in der Mitte des oberen Seebeckens, ausgeführt worden. Somit stützen sich die hier niedergelegten Ausführungen über die thermischen Verhältnisse des Moosseedorfsees auf Messungsserien, die sich über eine Zeitspanne von drei Jahren erstrecken.

Für die Messungen benutzten wir das Friedingersche Kipp-thermometer ($^1/_5{}^0$ Teilung, welches bereits bei meinen früheren Untersuchungen am Amsoldingersee und Gerzensee gedient hatte.

Die Ablesung des Thermometers fand vermittelst einer Lupe statt, wobei darauf geachtet wurde, den parallaktischen Fehler möglichst zu vermeiden.

Die Abstände der Lotungen richteten sich nach den thermischen Schichtungsverhältnissen. Im Hypo- und Metalimnion waren sie im allgemeinen 1 m, nötigenfalls gelangten noch Zwischenmessungen zur Ausführung.

Die Ergebnisse der Temperaturserien von März 1938 bis März 1940 sind in den beifolgenden Zahlentabellen niedergelegt, wäh-

[20]) Ich möchte an dieser Stelle dem Direktor des Berner Observatoriums, Herrn Prof. H. GREINACHER, für die zahlreichen Auskünfte, sowie die Erlaubnis, in die Witterungsanalen Einsicht nehmen zu dürfen, meinen besten Dank erstatten.

rend die Temperaturserien des dritten Beobachtungsjahres (Juni 1940 bis Juni 1941) in Kurven dargestellt sind.

Jahreszeitlicher Gang der Temperatur

(Vergleiche hierzu die Zahlen- und Kurventabellen.)

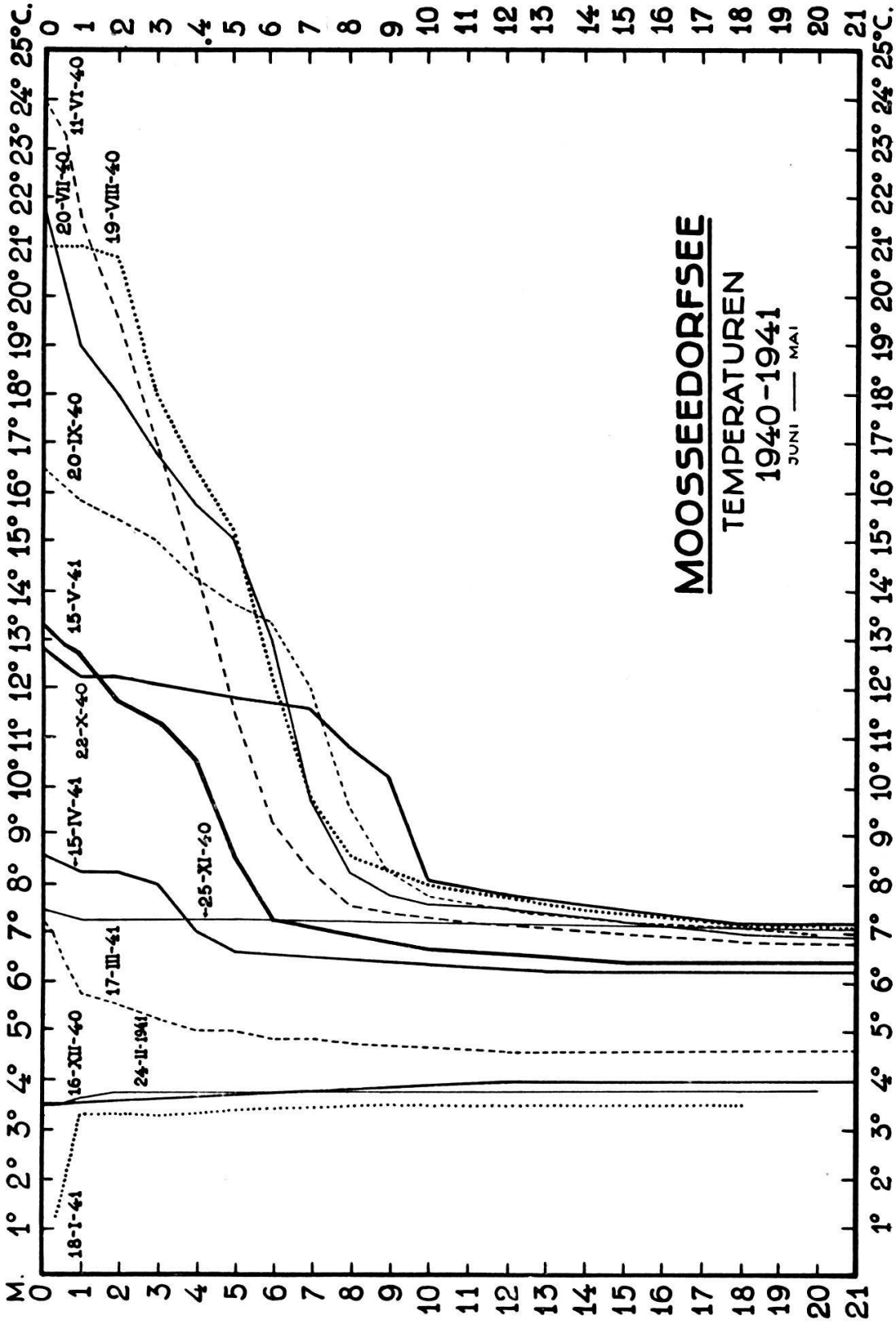
Im Vorfrühling, kurz nach dem Auftauen der Eisdecke, erwärmt sich zunächst das Oberflächenwasser auf 4°, dieses wird,

Temperaturen

1938/39	8. III. 1938	7. IV. 1938	11. V. 1938	8. VI. 1938	11. VII. 1938	9. VIII. 1938	14. IX. 1938	10. X. 1938	26. X. 1938	9. XI. 1938	5. XII. 1938	9. I. 1939 unter Eis	6. II. 1939 unter Eis
m													
0	8,4	11	15	23,4	19	23,3	20	14,3	11,3	9,2	7	0,4	3,0
0,5	6,1	10,3	—	21,4	—	—	18,0	14,4	—	—	—	3,1	4,0
1	6,0	9,3	14,3	20,1	18,3	22,4	17,4	13,3	—	9,1	—	3,3	4,0
1,5	—	—	—	19,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	17.1	—	—	—	—	—	—	—	3,3	—
2,5	5,0	8,3	—	16	17,1	20,3	16,4	13,2	11	—	6,4	3,3	4,0
3	4,3	—	14,1	14,4	16,0	18,2	16,2	13,2	—	—	—	3,3	4,0
4	—	—	13 3	—	15,1	16,3	—	—	—	—	—	3,3	—
5	4,2	7,0	10,2	12,3	14,1	14,1	15	13,2	11	9,0	6,4	—	—
6	—	—	9,4	11,3	12,3	—	13,1	13,1	—	—	—	—	4,0
7	—	—	—	—	10,4	—	—	12,1	—	—	—		
7,5	4.1	—	8,3	9	9,3	9,4	10,1	11,3	11	9,0	—		
8	—	—	—	—	—	—	—	10,1	—	—	—		
8,5	—	—	—	8,2	—	—	9,1	9.0	—	—	—		
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
10	—	6,0	8.0	7,4	8,3	8,1	8,3	8,2	8,3	8,4	6,4		
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
12	—	—	7,3	7,3	7,4	8,0	8,0	8,1	8.1	8,1	—		
12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
13	—	—	—	—	—	—	—	8,0	—	—	—		
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
15	4,0	5,4	6,4	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	6,4		
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
17	—	5,3	—	7.0	7,1	7,3	7,3	7,2	7,2	—	—		
18	4,0	—	—	7,0	—	—	—	7,2	—	—	—		
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2	6,4		
20	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2	—	—		
21	4,0	5,1	6,4	7,0	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	6,4	—		
21,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,4	—		

1939/40	14. III. 1939	22. IV. 1939	16. V. 1939	20. VI. 1939	13. VII. 1939	15. VIII. 1939	20. IX. 1939	17. X. 1939	11. XI. 1939	10. XII. 1939	19. XII. 1939	23. I 1940 unter Eis	8. III. 1940	26. III. 1940	29. III. 1940
Luft	14°	20°		15°	23°	21,3°				+4°	−1,5°	−6°	+1°	+14°	+3°
m															
0	5,0	11,1	10,4	18	23,3	21	16,4	13,2	9,1	5,4	4,35	1,0	4,1	11	7,15
0,5	—	—	10,4	17,3	23,0	20,15	—	12,4	8,4	—	—	2,4	4,1	10	7,25
1	—	—	10,3	17,4	21,1	20	16,2	12,2	8,2	—	—	3,1	—	8,2	—
1,5	—	—	—	17,4	20,4	19,3	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2
2	—	—	—	15 4	19,2	—	16,1	12,0	—	—	—	—	—	7,2	7,1
2,5	—	10,3	10,2	15,1	18,0	17,4	—	—	—	—	—	—	—	—	6,3
3	—	—	10,1	13,4	16,1	17,0	15,2	11,4	8,1	—	—	3,3	—	6,4	6,1
4	—	—	9,3	12,1	13,3	15,0	—	—	—	—	—	3,4	—	6,2	6,1
5	—	8,3	9,1	11,1	11,3	13,4	14.3	11,2	7,4	5,4	—	—	4,0	6,1	6,0
6	—	—	—	10,0	9,4	11,0	12,0	—	—	—	—	—	—	5,4	6,0
7	—	6,4	—	8,3	—	—	9,3	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	—	—	7,2	7,4	7,4	8,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	6,4	—	—	—	8,0	10,1	7,3	—	—	—	—	—	—
8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	7,0	—	8,4	—	—	—	—	—	5,2	5,4
10	4,3	5,2	6,2	6,1	6,3	6,4	7,0	7,1	7,2	5,4	4,35	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	7,0	—	—	—	—	4,0	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2	—	—	—	—	—	—
12,5	—	—	5,3	6,0	6,1	6,25	6,35	6,4	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,1	5,3
14	—	—	—	—	—	—	—	—	6,25	—	—	—	—	—	—
15	—	—	5,2	5,3	5,4	6,1	6,3	6,2	—	—	—	—	—	5,0	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	5,0	—	—	5,4	6,0	—	—	6,1	—	—	3,4	—	—	—
18	—	—	—	5,2	—	—	6,1	6,1	—	—	—	3,4	—	4,4	—
19	4,3	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	4,3	—	—	5,2	5,4	5,4	—	—	—	5,4	—	—	—	—	—
21	—	—	5,1	5,2	5,3	5,4	—	6,1	6,1	—	4,35	—	4,0	—	—
21,5	—	—	—	—	—	—	6,0	—	—	—	—	—	—	4,4	—

weil spezifisch schwerer, untersinken und dabei sämtliche Schichten passieren müssen, so dass der See zu einem bestimmten Zeitpunkt in seinem gesamten Wasserkörper, von oben bis unten, die gleichförmige Temperatur des Dichtemaximums von 4° annehmen wird. Es ist die Frühlings-Vollzirkulation, ein Zustand, der wegen der geringen Abkühlung des Tiefenwassers von nur kurzer Dauer ist. Je nach den Witterungsverhältnissen wird die Temperatur


MOOSSEEDORFSEE
TEMPERATUREN
1940-1941
JUNI — MAI
M.
25°C.
18-I-41
16-XII-40
24-II-1941
17-III-41
15-IV-41
22-X-40
15-V-41
25-XI-40
20-IX-40
20-VII-40
19-VIII-40
11-VI-40

des Dichtemaximums etwas früher oder später erreicht werden, im Moosseedorfsee Ende Februar oder Anfang März. Im Jahre 1940 z. B. haben wir diese am 8. März festgestellt.

Es folgt nun die Erwärmung von 4° C. bis zum Jahresmaximum, was im Moosseedorfsee von Anfang März bis August dauert. Der See befindet sich in diesem Zeitraum im Zustand der sogenannten Sommerstagnation, er ist dadurch charakterisiert, dass immer das wärmere, leichtere Wasser über kälterem, schwerem liegt. Eine Wasserzirkulation findet in dieser Periode, abgesehen von Durchmischungen, die etwa gelegentlich durch kräftige Winde verursacht werden, nicht statt.

Im März setzt nun rasch die Erwärmung der Oberflächenschichten ein, und zwar ganz vorherrschend unter dem Einfluss der im Wasser absorbierten Sonnenstrahlung, während die Abgabe der Wärme von der Luft an das Wasser eine nur ganz untergeordnete Rolle spielt.

Zu Beginn der Sommerstagnation sind allerdings die Temperaturen noch niedrig, und infolgedessen ist auch die Stabilität[21]) der nur oberflächlichen Temperaturschichtung sehr gering. Verhältnismässig schwache Windstärken vermögen die bereits entstandene Schichtung durch Mischung teilweise wieder zum Verschwinden zu bringen. So hatten sich beispielsweise im Jahre 1940 bis zum 26. März die Oberflächenschichten bis in eine Tiefe von 2,5 m schon wesentlich erwärmt, als am 27. März schlechtes Wetter eintrat. Ein Schneesturm am folgenden Tage führte einen empfindlichen Kälterückfall herbei. Am Nachmittag des 29. März, also 72 Stunden nach der ersten Temperaturerhe-

[21]) Stabil, d. h. beständig, im Gleichgewicht sich befindend, ist die Schichtung eines Sees, wenn die oberen, mehr oder weniger stark erwärmten Schichten desselben, allmählich mit zunehmender Tiefe in kühlere und schliesslich kältere übergehen, wenn dieser also thermisch geschichtet ist. Infolge der nach unten abnehmenden Temperatur und zunehmenden Dichte des Wassers liegt der Schwerpunkt der Wassermasse in einem thermisch geschichteten See immer tiefer als in einem solchen, dessen Wasser sich in durchmischtem Zustand befindet. W. SCHMIDT (56) hat eine Methode ausgearbeitet, um die Energiemenge zahlenmässig zu erfassen, die notwendig ist, um eine Schichtung zu erzeugen oder zu zerstören. Dieser Arbeitsaufwand kann auch als Mass für die „Stabilität" der Schichtung in einem See verwendet werden. In einem nach Temperatur und Dichte geschichteten See ist somit nicht nur ein Wärmeinhalt, sondern auch ein Inhalt an mechanischer Energie gespeichert.

bung, konnte ich feststellen, dass die Oberflächentemperatur von 11° auf 7,6° zurückgegangen war. Wie aus den Kurvenbildern in Fig. 1 ersichtlich ist, hat sich die Oberflächenabkühlung bis in eine Tiefe von 6 m ausgewirkt. Das Temperaturgefälle war

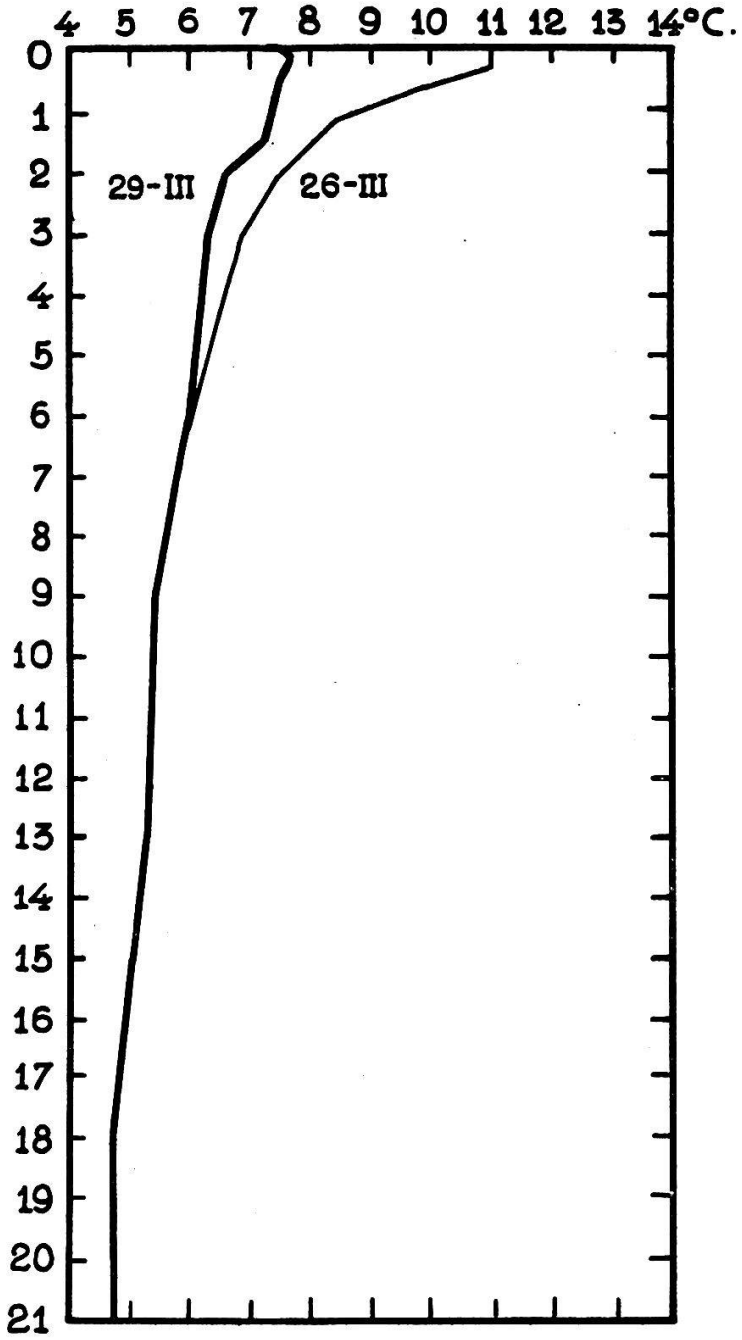


Fig. 1
Temperaturrückgang in den oberen Wasserschichten des Moosseedorfsees zu Beginn der Sommerstagnation, bei noch geringer thermischer Stabilität, als Folge eines Kälterückfalles am 27. März 1940.

dementsprechend wieder steiler geworden. In dieser kurzen Zeitspanne von drei Tagen war die mittlere Seetemperatur (mittlere Temperatur des gesamten Wasserkörpers) von 6,28° auf 5,74° gefallen, also um etwas mehr als einen halben Grad. Der Wärmeverlust betrug 589 gr./cal. pro cm^2.

Infolge von Durchmischungsvorgängen — Diffusionsvorgänge spielen hier nur eine ganz untergeordnete Rolle — schreitet die Erwärmung langsam von der Oberfläche nach der Tiefe fort, wobei die Wirkung immer geringer wird. Diese Erscheinung kommt besonders deutlich zum Ausdruck, wenn wir für einzelne Tiefenstufen die Maximalschwankungen der Seewassertemperaturen zusammenstellen. Diese betragen im Mittel:[22])

an der Oberfläche		18,3°
in	2,5 m	13,8°
in	5 m	10,4°
in	7,5 m	7,0°
in	10 m	3,7°
in	15 m	3,2°
in	21 m	2,9°

Aus dieser Zahlentabelle geht hervor, dass die sommerliche Erwärmung im Moosseedorfsee in erheblichem Mass nur bis in eine Tiefe von 7,5 m eindringt. Das sind immerhin noch 57 % der gesamten Wassermasse, so dass also über die Hälfte des Seevolumens von der Erwärmung erfasst wird. Auffallend ist aber auch hier, wie langsam und unvollkommen die Erwärmung stattfindet, verglichen mit einem grossen Klarwassersee von rein oligotrophem Charakter wie z. B. dem Genfersee.

Nach eigenen Temperaturmessungen aus dem Sommer 1941, und solchen von BAUDIN (4) aus dem Jahre 1916, sowie früheren von FOREL und DELEBEQUE, die alle durchaus übereinstimmend sind, ergeben sich für die entsprechenden Tiefenstufen im Genfersee die folgenden jährlichen Temperaturschwankungen:

in	0 m	17,5°
in	5 m	14,2°
in	10 m	13,3°
in	15 m	11,2°
in	20 m	9,4°

[22]) Mittel aus dreijährigen Temperaturbeobachtungen. Die Maximalschwankungen sind vom Dichtemaximum, also von 4° an gerechnet.

BIBLIOTHEK der E. T. H.

Diese Werte sind ebenfalls vom Dichtemaximum (bei 4°) an gerechnet. Demnach hat also die mehr oder weniger homogen erwärmte Oberflächenschicht im Genfersee eine Mächtigkeit von zirka 15 m. Das Eindringen der sommerlichen Erwärmung bis in eine so beträchtliche Tiefe ist hauptsächlich auf die intensive Winddurchmischung des Oberflächenwassers zurückzuführen. Dabei ist nicht ausser acht zu lassen, dass sich hier grössere Windwellen bis in eine Tiefe von 9 m auswirken können.

Dagegen scheint es eine ganz allgemeine Erscheinung zu sein, dass sich die kleinen Mittellandseen nur bis in eine relativ geringe Tiefe erwärmen, wie wir das bereits für den Amsoldinger- und Gerzensee festgestellt haben (v. BÜREN, 11 und 12). Aehnliche Verhältnisse finden wir ebenfalls im Rotsee bei Luzern. In diesem 16 m tiefen Gewässer vermag die Erwärmung des Wassers im Laufe des Sommers nur bis gegen 8 m vorzudringen, um dort 9,7° zu erreichen. Am Grund registriert man im September als Maximaltemperatur 5,8°, 6° und nur ausnahmsweise 7,2° (BACHMANN, 3).

Ein weiteres Beispiel, um die Tatsache zu belegen, dass in kleinen Seen im allgemeinen die Erwärmung nur wenig in die Tiefe dringt und das Wasser in den tieferen Teilen des Seebeckens relativ kalt bleibt, bietet uns der Glamkesee (Landkreis Danziger-Höhe). Dieser norddeutsche See erscheint mir im Hinblick auf den Vergleich mit dem Moosseedorfsee von besonderem Interesse zu sein, da diese beiden Seen in morphometrischer Hinsicht, insbesondere ihre Tiefenverhältnisse, sowohl mittlere als auch maximale Tiefe, eine grosse Uebereinstimmung aufweisen.

In den Sommermonaten erwärmt sich der Glamkesee bis in eine Tiefe von 9—10 m, während auch hier die am Grund (21 m) erhobenen Temperaturen im Maximum (Oktober) 7,6° erreichen. (LAKOWITZ, 20). (Vergleiche hierzu auch das über die Grundtemperaturen des Moosseedorfsees weiter unten Ausgeführte.) Die Tatsache, dass meist in kleinen Seen die annähernd homogen erwärmte Oberflächenschicht nur eine geringe Mächtigkeit erreicht, und dass das Wasser der tieferen Teile des Seebeckens sogar das ganze Jahr hindurch relativ kalt bleibt, ist hauptsächlich auf den Umstand zurückzuführen, dass auf diesen kleinen Gewässern der Wind nur eine geringe Angriffsfläche findet und

dementsprechend seine wasserdurchmischende Wirkung nur unbedeutend bleibt.

Wären allein die Konvektionsströmungen bei der Durchmischung des Wassers am Werk, so müssten sich diese bei annähernd gleicher Oberflächentemperatur bei verschiedenen Seen auch ungefähr gleich auswirken. Das ist aber nicht der Fall. Hier spielt der Wind eine wichtige Rolle und es zeigt sich, dass eben dieser Faktor für das Ausmass der Wasserumwälzung nach der Tiefe während der Sommerstagnation ausschlaggebend ist. In dem Mass, als sich im Lauf des Frühjahrs und Vorsommers grössere Wassermassen erwärmen, wird auch die Stabilität der thermischen Schichtung grösser, und dementsprechend gegen äussere Einflüsse widerstandsfähiger. Zugleich bildet sich auch die sogenannte Temperatursprungschicht aus, die sich während des Sommers immer deutlicher ausprägt. Wir werden diese Erscheinung in einem besonderen Abschnitt behandeln.

Im Juli oder Anfang August werden auf dem Moosseedorfsee in den Oberflächenschichten die Maximaltemperaturen erreicht.[23]) Hierauf setzt die herbstliche Abkühlung ein, durch die jetzt überwiegende Wärmeabgabe beginnt auch der Abbau der Temperaturschichtung und eine entsprechende Verminderung der Stabilität. Durch den Wind bedingte Mischungsvorgänge können sich jetzt besser auswirken.

Der See gelangt nunmehr in die Periode der Herbstteilzirkulation, sie dauert bis zum Moment, in welchem die gesamte Wassermasse die Temperatur des Grundes angenommen hat, dabei muss das an der Oberfläche sich abkühlende Wasser bis zu Schichten gleicher Dichte absinken.

Im Moosseedorfsee ist die Herbstteilzirkulation Ende November oder Anfang Dezember soweit fortgeschritten, dass die ganze Wassermasse des Sees die Temperatur des Seegrundes angenommen hat, also 6—7° C.; der See befindet sich nunmehr im Zustand der Homothermie. Bei zunehmender Abkühlung muss nun das Oberflächenwasser, da es spezifisch schwerer ist, durch sämtliche Schichten absinken, wodurch die Herbstvollzirkulation herbeigeführt ist, die ihr Ende erreicht, wenn das Seewasser von der Oberfläche bis zum Grund die Tempera-

[23]) Siehe den Abschnitt über die Oberflächentemperaturen auf pag. 123 bis 127.

tur von 4° C. hat; in unserem See meist um die Mitte Dezember. Durch eine weitere Wärmeabgabe in diesem Zustand kann sich bei Eintritt einer Frostperiode die Wasserfläche innert wenigen Tagen soweit abkühlen, dass Eisbildung stattfindet. Auf dem Moosseedorfsee ist dies oft um den Anfang der dritten Dezemberdekade der Fall. (Siehe den Abschnitt über die Vereisung.) Unter der Eisdecke ist die Seeoberfläche gegen jede Einwirkung des Windes geschützt, so dass sich hier wieder eine dauernde Schichtung, die Winterstagnation, ausbilden kann. Ausschlaggebend für die Temperatur, die der See in diesem Zustand annimmt, sind die Verhältnisse unmittelbar vor dem Ueberfrieren. Durch Sinken der Oberflächentemperatur unter 4° kommt es zur sogenannten inversen, umgekehrten Schichtung, da jetzt kälteres, leichteres Wasser über wärmerem schwererem liegt. Infolge des geringen Dichteunterschiedes des Wassers zwischen 0 und 4°, ist aber dieser Zustand sehr wenig stabil, sodass schon geringe Windströmungen genügen, um eine Durchmischung des kälteren Oberflächenwassers mit dem etwas wärmeren, darunter liegenden herbeizuführen. (Vergl. hierzu die Fussnote auf pag. 137, wo die Entstehung der inversen Schichtung am Beispiel einer, zu dieser Zeit ausgeführten, Temperaturmessung geschildert ist.) Die Wintertemperatur des Moosseedorfsees beträgt 3,4—3,3° C., abgesehen von den unmittelbar unter dem Eis liegenden Wasserschichten, die ein sehr steiles Temperaturgefälle aufweisen.

Die Temperatursprungschicht

In den meisten Seen bildet sich, unter dem Einfluss der Sonnenbestrahlung am Tage und der darauffolgenden nächtlichen Abkühlung [24]) der oberen Wasserschichten, die sogenannte Temperatursprungschicht. Auf einen verhältnismässig geringen Temperaturabfall in den oberen Wasserschichten erfolgt in einer, allerdings nicht beständig gleichbleibenden, Tiefe ein plötzlicher, starker Absturz der Temperatur, auf den in den weiteren Tiefen wieder eine fast gleichmässige Wärmeabnahme folgt. Die Sprungschicht, die oft mehrere Grade betragen kann, erleidet im Lauf

[24]) An Stelle der nächtlichen Abkühlung können hier auch längere Kälteperioden im Sommer, oder die allgemeine Temperaturabnahme im Herbst, wirksam sein.

des Sommers ein Absinken in die Tiefe. Ihre Tiefenlage hängt ab von der Tiefe des Eindringens der Sonnenstrahlung, aber auch von der Tiefe der Wirkung mechanischer Durchmischung des Wassers durch den Wind. Ausserdem bestehen, wie THIENEMANN (63, p. 262) gezeigt hat, Beziehungen zwischen der Tiefenlage der Sprungschicht und der Durchsichtigkeit des Wassers, sie stehen in direktem Verhältnis zueinander. Je durchsichtiger ein Gewässer, umso tiefer liegt im allgemeinen die Sprungschicht und umgekehrt.

Um die genaue Lage der Sprungschicht festzulegen, ist es unbedingt notwendig, Temperaturlotungen in sehr kurzen Abständen, mindestens einem Meter, durchzuführen.

Im Sommer und Herbst 1940 habe ich entsprechende Temperaturmessungen [25]) ausgeführt und dabei folgendes gefunden:

Während zu Beginn der Sommerstagnation die Sprungschicht nicht charakteristisch zu erkennen war, fanden wir dieselbe Anfang Juni scharf ausgeprägt, und zwar zwischen 3 und 4 m Tiefe mit einer Temperaturdifferenz von fast 3° C. Von Monat zu Monat sank sie tiefer, nach Mitte Juli zwischen 4 und 5 m mit 3°, im August zwischen 5 und 6 m mit wiederum 3°, im September zwischen 7 und 8 m mit 2,8° und im Oktober endlich zwischen 9 und 10 m mit nur noch 2° Temperaturdifferenz. Das sind verhältnismässig geringe Gradienten. Am 25. November war die Sprungschicht aufgehoben, da durch den Temperaturausgleich die ganze Wassersäule von 0—21 m 7,3° hatte (Homothermie).

Es muss hier ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass sowohl die Art der Ausbildung, als auch die Tiefenlage der Sprungschicht in ein und demselben See von Jahr zu Jahr bedeutende Verschiedenheiten aufweisen kann, was hauptsächlich auf meteorologische Faktoren zurückzuführen ist (RIVIER, 52, LAKOWITZ, 29).

Um das Ausmass dieser Verschiedenheiten zu erfassen, wären

[25]) Die Temperaturlotungen, die dem Kurvenmaterial dieser Untersuchung zugrunde liegen, sind in Abständen von 2,5 m ausgeführt. Wenn auch zahlreiche Zwischenlotungen gemacht wurden, so sind sie doch nicht geeignet, die Lage der Sprungschicht mit der wünschenswerten Deutlichkeit zum Ausdruck zu bringen.

diesbezügliche Temperaturlotungen in kleinen Abständen, die sich über mehrere Sommerhalbjahre erstrecken, notwendig.

Die Sprungschicht wird in der limnologischen Terminologie auch als Metalimnion bezeichnet, (gr. meta = zwischen, inmitten, limne = See). Das Metalimnion scheidet den Wasserkörper in zwei, hinsichtlich der Thermik und Mechanik grundsätzlich verschiedene Teile. In dem oberen Teil, dem Epilimnion (gr. epi = auf, limne = See), welcher unter dem direkten Einfluss der Atmosphäre steht, werden durch den Wind turbulente Strömungen ausgelöst, und infolgedessen nur vorübergehende thermische Schichtungen sich ausbilden können. Der unter der Sprungschicht liegende Teil des Sees, der bis zum Grunde reicht, heisst Hypolimnion (gr. hypo = unter) und ist den Oberflächeneinwirkungen fast vollständig entzogen.

Die Sprungschicht gewinnt, von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet, auch Bedeutung hinsichtlich des Stoffwechsels und der Lebensvorgänge im See, in dem Sinne, dass sie gewissermassen als Sperrschicht für die Austauschströme wirkt, die sich von der Oberfläche her ausbreiten. Im Epilimnion können sich die Wasserteilchen zwischen Oberfläche und Sprungschicht in sehr verschiedenen Niveaus bewegen, so auch die im Wasser passiv schwebenden Teilchen, also besonders das Phytoplankton. Im Meta- und Hypolimnion machen sich dagegen vertikale Verlagerungen von Wasserteilchen nicht, oder doch nur in untergeordnetem Ausmasse, geltend. Dementsprechend vermögen auch die in ihnen suspendierten Organismen, sofern sie keine Eigenbewegung besitzen, nicht in die oberen Wasserschichten zu gelangen. Bei einer sehr tiefen Lage der Sprungschicht können infolgedessen die Organismen, je nach der Lichtdurchlässigkeit des Wassers, teilweise oder ganz vom Lichtgenuss ausgeschlossen werden.

Bemerkungen zu den Temperaturmessungen von Th. Steck aus dem Jahre 1892

Konstruierte man aus den von STECK gemessenen Temperaturwerten entsprechende Kurven, so würde sich zeigen, dass diese ein wesentlich steileres Gefälle haben, als diejenigen, die sich aus meinen Messungen ergeben. Die Erwärmung des Seekörpers hätte

sich also damals offenbar viel rascher und intensiver nach der Tiefe hin vollziehen müssen, als es gegenwärtig der Fall ist.

Vergleichen wir die Temperaturwerte der Jahre 1892 und 1938 in den verschiedenen Tiefenstufen, so ergeben sich von 5 m an abwärts zum Teil erhebliche Unterschiede, in dem Sinne, dass die Werte von 1892 um mehrere Grade höher sind, als diejenigen von 1938. Noch in 18 m Tiefe registrierte STECK schon Mitte Juli 1892 eine Wassertemperatur von 10,3°. Im August und September desselben Jahres stieg sie auf 10,5°, während wir dagegen im Jahre 1938 in der nämlichen Tiefe und den entsprechenden Monaten nur 7,2°, 7,5° und 7,5° feststellen konnten, also eine Differenz von 3°. STECK sagt, dass im Sommer 1892 die Temperatur am Seegrund[26]) nur wenig über 10,5° gestiegen sein dürfte. Im Herbst (September und Oktober) 1938 hat die Höchsttemperatur in 21 m (Grund) nur 7,2° erreicht. Das Mittel der Höchstwerte der Temperaturen am Seegrund betrug für die drei Beobachtungsjahre (1938—1940) nur 6,9°.

Wodurch mögen nun diese Veränderungen im Temperaturgang des Sees bedingt sein?

Zunächst könnte man an besondere meteorologische Verhältnisse denken, die im Jahre 1892 geherrscht hätten und als Ursache für diese Temperaturabweichungen des Seewassers verantwortlich gemacht werden könnten. Im Hinblick auf die Beantwortung dieser Frage haben wir die Analen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt eingesehen. Dabei haben wir feststellen können, dass im Vorfrühling und Frühling, den Zeitperioden, die für die Erwärmung des Tiefenwassers eines Sees entscheidend sind, also zu Beginn der Sommerstagnation, keineswegs besondere meteorologische Verhältnisse in dem in Frage stehenden Jahre bestanden haben. Die Hochsommermonate Juli und August waren allerdings verhältnismässig warm. Besonders der August zeichnete sich durch eine grosse Zahl heller Tage und eine längere Periode trockener und warmer, z. T. ungewöhnlich heisser Tage aus. Das Monatstemperatur-Mittel war 18,2° mit einer positiven Abweichung von 1,2°.

Die Witterungsverhältnisse des Sommers 1892 können aber unmöglich allein die Ursache für die in Frage stehenden Tempe-

[26]) Die Messungen von STECK reichen nur bis in die Tiefe von 18 m.

raturabweichungen sein. Anderseits war auch die Frage zu prüfen, ob vielleicht die von STECK angewendete Messtechnik hier eine Rolle spielen könnte. Dieser Autor hatte nämlich die Temperatur von Wasserproben untersucht, die vermittelst der Schöpfflasche dem See in Abständen von 2 m bis in die Tiefe von 18 m entnommen worden waren.

Diesbezügliche vergleichende Messungen [27]) mit dem Kippthermometer einerseits und mit geschöpften Wasserproben anderseits, überzeugten mich nun, dass die mit den beiden Methoden gewonnenen Resultate durchaus nicht ohne weiteres vergleichbar sind. Müssen nämlich die Temperaturlotungen bei schon fortgeschrittener Wärmeschichtung und an warmen, sonnigen Tagen mit Schöpfproben vorgenommen werden, so gelingt es nicht, trotz raschen Arbeitens und sorgfältiger Isolierung durch schlecht wärmeleitende Umhüllung der Schöpfflasche, Temperaturwerte zu erhalten, die mit jenen übereinstimmen, die unmittelbar vorher mit dem Kippthermometer erhoben wurden. Die vermittelst der Schöpfflasche gewonnenen Temperaturen sind meist zu hoch, besonders dann, wenn sie aus grösseren Tiefen herausgeholt werden. Als Beispiel einer vergleichenden Temperaturmessung sei hier nur diejenige vom 19. Juni 1941 angeführt. [28])

In Wasserproben aus 5 und 10 m Tiefe waren die Temperaturen in der Schöpfflasche um 0,8°, in solchen aus 21 m um 1,35° zu hoch gegenüber den unmittelbar vorher mit dem Kippthermometer festgestellten. Diese kleine experimentelle und vergleichende Betrachtung zeigt nur, wie wertvoll der Kippthermometer für die Erforschung der Temperaturverhältnisse unserer Gewässer ist.

Was nun die Temperaturabweichungen zwischen den von STECK und mir gefundenen Temperaturwerten, besonders im Hypolimnion des Moosseedorfsees betrifft, so bin ich der Auffassung, dass diese hauptsächlich auf die von beiden Autoren angewandte verschiedene Messtechnik zurückzuführen ist. Auf jeden Fall wäre es durchaus unrichtig aus diesen Abweichungen auf eine seit dem

[27]) Die Durchführung solcher vergleichenden Messungen war schon deshalb von Interesse, weil gelegentlich heute noch in Ermangelung von Kippthermometern Temperaturmessungen in geschöpften Wasserproben vorgenommen werden müssen.

[28]) Der 19. Juni 1941 war ein sonniger, warmer Sommertag mit einem Temperaturtagesmittel von 21,2°, am Spätnachmittag zog am nordöstlichen Horizont ein Gewitter herauf.

Jahre 1892 erfolgte Veränderung der Temperaturverhältnisse im Moosseedorfsee schliessen zu wollen.

Oberflächentemperaturen

Die Temperaturen der Seeoberfläche sind naturgemäss sehr grossen zeitlichen und auch örtlichen Schwankungen unterworfen, so dass Temperaturbeobachtungen der Oberfläche die nur bei den Terminuntersuchungen erhoben werden, nur als Zufallswerte gelten können, auf jeden Fall sind sie nicht geeignet, einen Einblick in den Temperaturgang der Oberfläche zu vermitteln. Dazu müssten tägliche und fortlaufende Beobachtungen ausgewertet werden können, zu deren Durchführung uns die Möglichkeit nicht gegeben war. Hierzu kommt noch, dass es im allgemeinen viel schwieriger ist, mit der gleichen Genauigkeit Temperaturen der Oberflächenschicht zu messen, als aus den tieferen Schichten.

Diese Schwierigkeiten sind um so bedauerlicher, als gerade die Temperaturen der Wasseroberfläche von besonderem Interesse sind, denn durch die Oberfläche wird die Erwärmung und Abkühlung vermittelt. Auch ist die Oberflächentemperatur von grösster Bedeutung für die Verdunstung.

Im Lauf der Sommermonate 1941 habe ich versucht, einige positive Angaben über die folgenden Fragen, welche die Oberflächentemperatur betreffen oder mit dieser in engem Zusammenhang stehen, beizubringen:

1. Welches sind die höchsten Temperaturen (wenigstens annähernd) die das Oberflächenwasser im Moosseedorfsee nach länger anhaltenden sommerlichen Schönwetterperioden erreicht?
2. Wie verhalten sich die Oberflächentemperaturen des offenen Wassers zu jenen der Uferzone?
3. Wie gross ist die nächtliche Abkühlung der Seeoberfläche?
4. Nachweis örtlicher Temperaturunterschiede an der Oberfläche infolge Strömungen, die durch den Wirnd verursacht sind.

Zur Durchführung dieser Untersuchungen habe ich ausser dem üblichen Oberflächenthermometer (Modell Friedinger) in Metallfassung, einen eigens hierfür konstruierten Schwimmthermometer (ohne Holzfassung) verwendet. Dieses Schwimmthermometer, das mit einer sehr klaren, gut leserlichen Gradteilung ($^1/_5{}^0$) versehen

ist, kann auf dem Wasser liegend direkt abgelesen werden. Ausserdem ist das ausgezogene Ende dieses Thermometers so abgebogen, dass das Quecksilbergefäss zirka 1—1,5 cm unter die Oberfläche taucht, wodurch die Gewähr gegeben ist, dass auch wirklich die Oberflächentemperatur erfasst wird. Bei Sonnenschein ist darauf zu achten, dass das Instrument im Bootschatten liegt. Hier ist nun gleich zu bemerken, dass es mir bei meinen Messungen in keinem Fall möglich gewesen ist, zwischen der Temperatur an der eigentlichen Wasseroberfläche und jener in zirka 25 cm Tiefe gemessenen (mit dem gewöhnlichen Oberflächenthermometer in Metallfassung) einen deutlichen Unterschied festzustellen. Die beiden zur Untersuchung verwendeten Thermometer waren aufs sorgfältigste geprüft und verglichen worden.

Diese Feststellung weist darauf hin, dass also meist in den obersten Lagen der Oberflächenschicht die Temperaturgradienten kleiner als $^1/_5{}^0$ sind. Zur Ermittlung dieser feinsten thermischen Schichtung müsste das von MERZ (40) konstruierte Präzisions-Oberflächenthermometer zur Anwendung gelangen. Es handelt sich da um ein Thermometer, dessen Quecksilbergefäss 12 cm lang und 1 mm dick ist und bei der Messung horizontal in das Wasser eingetaucht werden muss.

Im Sommer 1941 habe ich nach einer längeren Schönwetterperiode an Spätnachmittagen warmer Julitage, deren Temperaturterminmittel [29]) 20^0—23^0 erreichten, die folgenden Oberflächentemperaturen registriert: 24,3—25^0 im oberen grossen Seebecken, 25^0 in der Mitte des mittleren, schmaleren Seeteiles und $25{,}2^0$ bis $25{,}4^0$ in der Mitte des kleinen unteren Seebeckens. Diese Temperaturen dürften für den Moosseedorfsee so ziemlich die höchsten sein, die das Oberflächenwasser während der Sommerstagnation erreicht. Sie entsprechen, soweit sich dieses aus den wenigen Angaben beurteilen lässt, die über Höchsttemperaturen der Oberfläche der Seen unserer geographischen Breiten in der limnologischen Literatur zu finden sind, der Grössenordnung des Gewässers. In grossen, tiefen, oligotrophen Seen scheint im allgemeinen im Pelagial die Oberflächentemperatur 23^0 nicht zu übersteigen.

[29]) Oder einfach „Tagesmittel", das erhalten wird durch Mittelbildung der drei Terminbeobachtungen, nämlich um 7 ½ Uhr, 13 ½ Uhr und 21 ½ Uhr mitteleuropäische Zeit.

Hier sei noch erwähnt, dass ich im gleichen Zeitraum, in welchem ich die oben erwähnten Messungen auf dem Moosseedorfsee durchführte, auf dem Genfersee im Pelagial (mit den selben Instrumenten) 21,5° feststellen konnte.

Je nach dem Witterungscharakter der einzelnen Jahre, werden die maximalen Oberflächentemperaturen im Juli (1940, 1941) oder in der ersten Augusthälfte (1938) erreicht. Den grössten Wärmeinhalt dagegen hat unser See erst im August. (Siehe das Kapitel über die Wärmebilanz.)

Ein wiederholt durchgeführter Vergleich zwischen den Temperaturen der oberen Wasserschichten der Uferzone [30]) und des offenen Wassers haben recht geringe Unterschiede ergeben. So konnte ich zuweilen in freien Wasserstellen inmitten der Seerosenblätter an warmen und ruhigen Tagen, um 1—1,5° höhere Temperaturen messen, als im offenen Wasser. Die Ursache dieser geringen Temperaturunterschiede in den oberen Wasserschichten zwischen Litoral und Pelagial sind die relativ steilen Uferböschungen des Moosseedorfsees. Einzig am Südost-Ende des Sees beim Badeplatz ist ein schmales seichtes Ufer. Diese Stelle steht aber bezüglich der Wassertemperaturen stark unter dem Einfluss des Dorfbaches, der das ganze Jahr hindurch eine sehr gleichmässige, relativ niedrige Temperatur hat (Quellbach).

Im Sommer ist das Wasser am Badestrand und in der Hüttlisbucht meist etwas kühler, während sich dort im Winter die Wasserfläche nur bei anhaltendem Frost mit einer dünnen und sehr vergänglichen Eisdecke überzieht.

Bezüglich der Abkühlung der Seeoberfläche über Nacht konnte ich leider nur eine Beobachtung durchführen. Das Oberflächenwasser im grossen oberen Seebecken hatte sich z. B. von 19 Uhr am 24. Juli 1941 bis zum folgenden Morgen 7.30 Uhr um 0,4° abgekühlt. Im unteren kleinen Seebecken war in der gleichen Nacht die Abkühlung eine wesentlich stärkere gewesen. Die Oberflächentemperatur war nämlich dort von 25,2° am Vorabend auf 22,3° gefallen, also um 2,8°. In den Uferpartien konnte sogar ein Temperaturrückgang von 3,3° seit dem Vorabend festgestellt werden. Die Nacht vom 24./25. war klar, windstill und

[30]) Wir verstehen hier unter Uferzone den Seerosengürtel, der sich in einer Breite von 2—3 m dem gegen das Wasser wandartig abschliessenden Röhricht vorlagert.

sehr warm gewesen. Die in Frage stehenden Tage wiesen auch relativ hohe Tagesmittel auf, nämlich 21,3° am 24. und 23,7° am 25. Juli.

Eine stärkere Abkühlung der Seeoberfläche über Nacht ist im Spätsommer zu erwarten, zu einer Zeit, wo die Nächte länger geworden sind und eine entsprechend intensivere Wärmeausstrahlung stattfindet. Dagegen wird mutmasslich später, nach dem kräftigen Einsetzen der herbstlichen Teilzirkulation und dem damit einhergehenden Abbau der Temperaturschichtung, sowie einer Verminderung der Stabilität, mit einem Ausgleich der Oberflächentemperatur zwischen Tages- und Nachstunden zu rechnen sein. Leider konnten diesbezügliche Messungen, die vorgesehen waren, um die Verhältnisse zu dieser Zeit klarzulegen, wegen Erkrankung des Verfassers nicht zur Ausführung gelangen.

Nur selten, etwa bei vollkommener Windstille, ist die Temperatur der Oberfläche in allen Teilen des Sees die gleiche. Misst man an verschiedenen Stellen zu gleicher Zeit, so findet man oft voneinander abweichende Temperaturen. In den meisten Fällen lässt sich nachweisen, dass zur Hauptsache diese örtlichen Temperaturverschiedenheiten auf die Wirkung des Windes, der eine Zeitlang in ein und derselben Richtung geweht hat, zurückzuführen sind. Der Wind treibt das warme Oberflächenwasser an die Luvseite, während an der Leeseite kühleres Auftriebwasser an die Oberfläche gelangt. So habe ich z. B. unter anderen Beobachtungen am Abend des 24. Juli 1941, nachdem tagsüber ein ziemlich starker Nordostwind geweht hatte, auf dem Moosseedorfsee zwischen Luv- und Leeseite eine Temperaturdifferenz von 2,2° C. gemessen. Am Greifensee hat GUYER (21) örtliche Temperaturunterschiede von 2,7° feststellen können, die durch die Wirkung des Windes verursacht worden waren. Diese gemessenen Unterschiede sind freilich verhältnismässig klein, können aber gewiss mitunter auch grössere Werte erreichen. Immerhin ist zu bedenken, dass auf kleinen Gewässern die Angriffsfläche des Windes entsprechend schwächer ist als auf grösseren, wo durch eine kräftigere Windentfaltung auch bedeutend grössere Wasserversetzungen herbeigeführt werden. Hier sind denn auch die damit in Zusammenhang stehenden Temperaturunterschiede der Oberfläche in verschiedenen Seeteilen bedeutend grösser. Im Genfersee konnten FOREL (16, Bd. II, p. 317) und DELEBECQUE (13, p. 154

bis 155), namentlich nach tagelang anhaltendem Südostwind Temperaturunterschiede von 4,4—10,2° zwischen allerdings oft weit von einander entfernten Seeregionen nachweisen.

Temperaturen des Seegrundes

Die Höchsttemperaturen am Seegrund (tiefste Stelle 21,5 m) sind während meiner dreijährigen Beobachtungsperiode immer erst im Oktober erreicht worden und hielten sich während zweier Monate auf gleicher Höhe, d. h. bis die Teilzirkulation gegen Ende November in der ganzen Wassermasse eine gleichförmige Temperatur herbeigeführt hatte (Homothermie).

1938		1939		1940	
26. Oktober	7,4°	17. Oktober	6,2°	22. Oktober	7,1°
9. November	7,4°	11. November	6,2°	25. November	7,1°

Für die drei Beobachtungsjahre betrug also die Temperatur des Seegrundes im Mittel 6,9°.

Am Seegrund scheint sich somit das Wasser nicht wesentlich über 7,4° C. zu erwärmen. Der Eintritt des Temperaturmaximums erleidet also hier gegenüber der Oberfläche eine Verspätung von zwei Monaten. Die Jahrestemperaturamplitude beträgt nur 2,4° bis 3,6° C. Auch im Moosseedorfsee konnten wir feststellen, dass die Temperatur der Tiefe in verschiedenen Jahren keineswegs gleich ist. Die beobachtete Schwankung war zwar verhältnismässig gering, sie betrug 1,2° C.

Bestimmend für die Wassertemperaturen am Seegrund sind, worauf besonders RUTTNER (54) hingewiesen hat, die meteorologischen Verhältnisse vor und zu Beginn der Sommerstagnation. Erfolgt nämlich die Erwärmung der oberen Schichten bei sonnigem und ruhigem Wetter rasch, so wird auch die Stabilität der Schichtung so gross, dass eine Mischung der Wassermassen durch Windströmungen nach der Tiefe hin mehr oder weniger stark gehemmt ist. Herrscht dagegen zu dieser Zeit wechselndes, und besonders windiges Wetter, so werden infolge der Durchmischung grössere Wassermassen, und allmählich auch das Wasser der Tiefe erwärmt bevor sich eine stabile Temperaturschichtung ausbilden kann.

Vereisung des Moosseedorfsees

Der Moosseedorfsee friert jeden Winter zu. Der Zeitpunkt des Einfrierens, sowie die Dauer der Eisbedeckung ist natürlich vom meteorologischen Charakter des Winters ausserordentlich abhängig. Im folgenden seien diese Verhältnisse für die drei Beobachtungsjahre hier kurz zusammengestellt. Am 1. März 1938, bei meinem ersten Besuch am Moosseedorfsee, war der mittlere Teil der Seefläche noch von einer, zwar nur dünnen und morschen, Eisdecke überzogen, die in wenigen Tagen verschwand; am 8. März registrierten wir schon eine Oberflächentemperatur von 8,4° C.

Winter 1938/39

Im Mittelland war der Dezember ziemlich kalt. Am 22. registrierte man die tiefsten Temperaturen des Monats, in Moosseedorf —16° C. Tags darauf begann das Ueberfrieren des Sees vom Westende her, aber langsam und unregelmässig, trotzdem die Kälte bis zum 30. andauerte. Am 9. Januar hatte die Eisdicke 12 cm erreicht, auch Anfang Februar konnte noch die nämliche Eisdicke festgestellt werden. In diesem Winter war also die Eisdecke wenig stark geworden, offenbar hatte sie nach ihrer Bildung keinen nennenswerten Zuwachs mehr erfahren. Januar [31]) und Februar, namentlich der erstere Monat, waren wenig kalt gewesen. Ausserdem war vom 16.—26. Januar eine Tauwetterperiode, verbunden mit starken Niederschlägen, was zur Folge hatte, dass sich schon um den 20. Januar im westlichen Seeteil grosse offene Wasserflächen bildeten. Ende Februar wurde der grösste Teil des oberen Seebeckens endgültig eisfrei, nur über seine Mitte reichte eine schmale Eiszunge bis zu der noch fast intakten Eisfläche im kleinen Seebecken. Am 23. Februar waren die Oberflächentemperaturen ausserhalb der Mündung der Quellbäche 5—6°, am Rande des abschmelzenden Eises nur 3°.

Winter 1939/40.

Das Zufrieren des Sees erfolgte um den 27. Dezember. Im Lauf des ziemlich kalten Januars [32]) bildete sich eine solide Eisdecke, die mit ihrer relativ glatten Oberfläche bis zur Monats-

[31]) Der Januar 1939 hatte ein Monatsmittel von 0,4°, eine Abweichung von der Normalen von + 2,6°, der Februar war mit einem Monatsmittel von 0,6° ziemlich normal, nahe dem Durchschnitt.

[32]) Temperatur-Monatsmittel — 5,3° mit einer Abweichung von der Normalen von — 3,1°.

mitte eine zum Schlittschuhlauf geeignete Bahn bildete. Am Vormittag des 14. Januars konnte ich anlässlich eines Rundganges im Gebiet des unteren Seeteiles eine eigenartige akustische Erscheinung wahrnehmen. Von der Eisfläche her liess sich in unregelmässiger Zeitfolge ein dumpfes Rollen vernehmen. Da die dem Beobachtungstage vorangegangene Nacht sehr kalt war, musste die am Vormittag das blanke Eisfeld bescheinende Sonne offenbar eine starke Ausdehnung der Eismassen herbeiführen. Die hierdurch entstehenden Spannungen, respektive deren Ausgleich, werden deshalb wohl auch die Ursache des vernommenen Rollens gewesen sein. Am 23. Januar war das Eisfeld von einer zirka 5 cm dicken Schneeschicht bedeckt. Der noch aus hartem Eis von muscheligem Bruch bestehende Querschnitt mass 22 cm. Am 7. Februar zeigte sich das Eisfeld als solches in seiner ganzen Ausdehnung noch intakt, war aber vom Ufer aus nicht mehr zugänglich. Zwischen Ufer und Eis hatte sich nämlich ein 3—4 m breiter Streifen nicht mehr tragfähigen Eises gebildet. Durch starke Regenfälle zwischen dem 27. Januar und 1. Februar war das Wasser um etwa 40 cm gestiegen und hatte dadurch die ganze, den See bedeckende Eisfläche um den gleichen Betrag gehoben. [33]) Das zwischen Seeufer und Eis aufquellende Wasser fror infolge der nur wenig intensiven Kälte nicht mehr, oder nur ganz oberflächlich.

Noch am 8. März 1940 bei der ersten Terminuntersuchung des Jahres, die wieder vom Boot aus vorgenommen werden konnte, war das ganze kleine Seebecken noch übereist. Die Dicke dieses natürlich nicht mehr tragfähigen Eises mass, soweit vom Boot aus Messungen möglich waren, nur noch 0,7—2 cm. An dieser dünnen Eisschicht konnte die stengelige Struktur, die morsches Eis kennzeichnet, deutlich wahrgenommen werden.

Das späte Schwinden des Eises in diesem Frühjahr war hauptsächlich auf den Kälterückfall [34]) zurückzuführen, der sich in der ersten Märzdekade ereignete.

---

[33]) Sozusagen das Gegenstück zu dieser Beobachtung ereignete sich im Winter 1917 am Murtensee. Der Seespiegel war unter der Eisdecke stark gefallen, so dass diese hohl über dem Wasser lag und am 11. Februar unter gewaltigem Krachen als Ganzes zusammenbrach. (Vergl. FRÜH. Geogr. der Schweiz, Bd. 1, p. 292).

[34]) In dieser Zeitperiode wurde vom Murtensee die immerhin nicht sehr

Im Winter 1940/41 gelang es mir, den Gang der Vereisung besonders genau zu verfolgen.

Das Einfrieren erfolgte in der Nacht vom 17./18. Dezember, nachdem seit dem 14. Dezember stärkere Kälte eingesetzt hatte, die bis zum Jahresende andauerte. Am 31. Dezember erreichte das Eis eine Dicke von 14 cm. Während der zweiten Kälteperiode, die vom 3.—18. Januar 1941 dauerte, hatte die Eisdecke in 16 Tagen ununterbrochen starken Frostes noch um 11 cm an Dicke zugenommen, sie mass am 18. Januar 25 cm. Im sehr strengen Winter 1928/29 hat Herr R. UTIGER noch im Februar[35]) eine Eisdicke von 35 cm festgestellt!

Trotzdem die dritte Januardekade bedeutend milder war, und ebenso der Februar[36]) bezüglich seiner Temperaturverhältnisse dem Durchschnitt entsprach, blieb die Eisdecke bis Mitte Februar ziemlich vollständig erhalten. Erst gegen Ende Februar zeigten sich bei den Bachmündungen offene Wasserflächen von grösserer Ausdehnung.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Erscheinung der sogenannten congélation lamellaire oder printanière, wie sie von FOREL (Bd. II, p. 389—395) bezeichnet und eingehend beschrieben worden ist, auch hier gelegentlich beobachtet werden kann. So hatten sich z. B. am Morgen des 26.[37]) und 27. Februar nach kalten, klaren und windstillen Nächten am Rand des winterlichen Eisfeldes auf bereits offenem Wasser, wiederum dünne, allerdings rasch vergängliche Eislamellen gebildet. Die Wärmeausstrahlung einer Nacht hatte genügt, um das nur 3,3° C. warme Oberflächenwasser wieder soweit abzukühlen, um eine erneute Eisbildung zu ermöglichen.

---

häufige, vielleicht oft auch übersehene Erscheinung der sog. congélation lamellaire oder printanière gemeldet.

Darunter versteht man die Bildung einer dünnen Eisschicht in einer klaren, kalten Vorfrühlingsnacht infolge starker Wärmeausstahlung, die tags darauf wieder verschwindet.

[35]) Der strenge Februar 1929, der in der Witterungsgeschichte seinesgleichen sucht, hatte in Bern ein Monatsmittel von — 6,9° und eine Abweichung von der Normalen von — 7°, ausserdem ist hervorzuheben, dass das Mittelland nahezu den ganzen Monat hindurch schneebedeckt blieb.

[36]) Meteorologische Daten bezüglich der Wintermonate 1940/41 siehe auch im Kapitel Wärmehaushalt.

[37]) Morgentemperaturen in Bern am 26. Februar —7°, am 27. Februar —8°.

In der Nacht vom 3./4. März wurde die Wasserfläche in ihrer ganzen Ausdehnung eisfrei; seit dem ersten Auftreten des Eises bis zu seinem vollständigen und endgültigen Verschwinden waren somit 72 Tage verstrichen.

Da es mir immer aufgefallen war, dass unter dem Eis verhältnismässig hohe Temperaturen gefunden werden, wo eigentlich 0^0 zu erwarten wäre, habe ich diesen Temperaturmessungen grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Für die Monate Dezember und Januar haben meine Messungen unmittelbar unter dem Eis $0{,}5^0$, 1^0 und $1{,}2^0$ ergeben. Im Februar meist schon $3{,}3^0$, was offensichtlich auf eine Erwärmung, die bereits durch das Eis hindurch stattgefunden hatte, hindeutet.

In der limnologischen Literatur sind Angaben über diese Verhältnisse sehr spärlich, nur RICHTER (50) hat seinerzeit diese merkwürdige Tatsache, dass unter und neben dem Eis relativ hohe Temperaturen registriet werden, hervorgehoben und einlässlich diskutiert und darauf hingewiesen, dass hier noch ein ungelöstes Problem vorliege. Von eigenen Untersuchungen, die besonders an Kärntner Seen ausgeführt wurden, gibt dieser Autor an, unter 20 winterlichen Messungen $1{,}0$—2^0 gefunden zu haben, den letzteren Wert allein 13mal.

Was nun die Tatsache betrifft, dass unter der Eisdecke die Temperatur von 0^0 selten oder nie zu registrieren ist, so dürfte dies hauptsächlich darauf zurückzuführen sein, dass unsere gewöhnlichen Thermometer dazu ungeeignet sind. MERZ (40) hat nämlich durch sehr eingehende Untersuchungen der Oberflächentemperaturen gezeigt, dass der Temperaturgradient mitunter auf einige Zentimeter Tiefenänderung unter gewissen Umständen mehrere Grade betragen kann. Um aber die Temperaturunterschiede solch dünner Wasserschichten mit zuverlässiger Genauigkeit erfassen zu können, sind sogenannte Präzisions-Oberflächenthermometer[38]) von besonderer Konstruktion notwendig. Hier möchte ich nur noch erwähnen, dass bereits SCHUH (58) bei winterlichen Temperaturmessungen am Gmundenersee (Salzkammergut) im Februar 1901 festgestellt hat, dass Seewasser, welches auf 1—3^0 gefallen ist, bei entsprechender Wasserruhe und Kälte der Luft an seiner äussersten Oberfläche, d. h. in einer nur 7—8 mm dicken

[38]) In der Arbeit von MERZ ist das Instrument einlässlich beschrieben.

Schicht auf 0° sinkt. Wird diese Schicht durch einen äusseren Anstoss bewegt, so mischt sie sich sogleich mit darunter befindlichen Schichten höherer Temperaturen und wird infolge dessen durch Beobachtungen, wie sie gewöhnlich beim Oberflächenwasser ausgeführt werden, nicht mehr konstatiert. Diese Mitteilung hat, wie mir scheint, in der limnologischen Literatur nicht die ihr zukommende Beachtung gefunden, um so mehr als diese wichtigen Beobachtungen mit einem relativ sehr einfachen Instrument vorgenommen worden sind. (Vgl. die Beschreibung des Thermometers bei SCHUH.)

Ueber den Einfluss der in den See mündenden Bäche auf die Eisdecke ist folgendes zu sagen:

Selbst zur Zeit intensivster Kälte bleibt der See an den Mündungsstellen der Bäche auf mehr oder weniger grossen Strecken eisfrei. Auf jeden Fall bleibt in diesen Bezirken das Eis dünn und wenig tragfähig, wovor sich die Schlittschuhläufer hüten mögen. An diesen Stellen beginnt auch die Unter- und Abschmelzung des Eisfeldes gegen das Ende des Winters. Daher kann auch fast alljährlich beobachtet werden, dass auf dem Moosseedorfsee die Eisbedeckung da am längsten erhalten bleibt, wo keine Bäche einfliessen, nämlich über dem unteren kleinen Seebecken.

Die zwei kleinen Bächlein, die sich am Südufer in den See ergiessen, ebenso der Dorfbach, der in das süd-östliche Ende des Sees einfliesst, sind Quellbäche, deren Wassertemperaturen ungefähr der mittleren Jahrestemperatur entspricht. Ihr Wasser ist im Sommer, auch an den heissesten Tagen, relativ kühl, im strengsten Winter dagegen noch relativ warm. Einige Zahlen aus meinen vielen Messungen während des ganzen Jahresverlaufes illustrieren das am besten.[39])

Am 23. Januar 1940, an einem kalten Wintertag, bei einer Lufttemperatur von —6° registrierten wir zwischen 15 und 16 Uhr die folgenden Wassertemperaturen: Im Dorfbach 7°, in den kleinen Bächen aus der Seematte, Bach I 8,1° Bach II 7,2°. Die Urtenen, zirka 100 m oberhalb des Einflusses in den See, hatte an diesem Tag 4°, das Seewasser 3,4°. Dieses eine Beispiel zeigt zur Genüge, dass selbst an Wintertagen mit negativen Temperatur-Tagesmit-

[39]) Vergleiche hierzu auch den Abschnitt über die in den See mündenden Bäche, wo ihre Temperaturverhältnisse während des Jahresverlaufes tabellarisch zusammengestellt sind.

teln, dem See Wasser zufliesst, das um 3—4° wärmer ist, und es ist ohne weiteres klar, wie wirksam sich dieser Faktor bei der Unterschmelzung der Eisdecke auswirkt, sobald der strenge Winterfrost nachlässt oder von Tauwetterperioden unterbrochen oder abgelöst wird. Wir haben diese Verhältnisse deshalb hier etwas eingehender erörtert, weil man immer wieder auf die Annahme stösst, es seien warme Quellen im See, die seine Eisdecke besonders gefährlich machen. Meine sehr zahlreichen Temperaturlotungen haben ergeben, dass solche nicht vorhanden sind, ebensowenig konnten relative Thermen, wie etwa Grundwasserauftriebe, nachgewiesen werden.

Die Wärmebilanz des Moosseedorfsees

Unter Wärmebilanz versteht man die Gegenüberstellung der während eines Jahres von einem See aufgenommenen und wieder abgegebenen Wärmemenge. Die kalorische Energie, welche der Wärmeinhalt eines Sees repräsentiert, ist oft bedeutend. Die Abgabe dieses Wärmevorrates, besonders von grossen und tiefen Seen, ist so gross, dass er das Lokalklima günstig zu beeinflussen vermag. Bei kleinen Seen ist naturgemäss der klimatische Einfluss nicht von Belang. Trotzdem schien es mir wünschenswert, auch für ein kleines Gewässer den Versuch zu machen, den Vorgang der Erwärmung und Abkühlung durch die Aufstellung der thermischen Bilanz zur Darstellung zu bringen.

Will man den Wärmehaushalt eines Sees untersuchen, so müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein. Es müssen genügende und zweckmässig über das Jahr verteilte thermische Lotungen vorliegen, und die morphometrischen Verhältnisse des in Frage stehenden Seebeckens bekannt sein. Es gibt nun verschiedene Methoden, um den Wärmeinhalt eines Sees zu berechnen. Wir haben, um den Wärmehaushalt des Moosseedorfsees zu studieren, die von HALBFASS und BIRGE kombinierte Methode zur Anwendung gebracht. Diese Methode trägt weitgehend der Morphometrie des Seebeckens Rechnung und ermöglicht deshalb auch, die Seen in bezug auf ihren Wärmeinhalt untereinander zu vergleichen. Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass sich das Volumen eines Sees nach der Tiefe hin verjüngt, und infolgedessen den verschiedenen Tiefenzonen auch ein sehr verschiedener Anteil am

Gesamtwärmeinhalt zukommt, den oberen eine entsprechend grösseren als den unteren.

Diese Verschiedenheiten können berücksichtigt werden, wenn zur Durchführung der Berechnung des Wärmeinhaltes, der betreffende See in entsprechende Raumzonen von bekannten Dimensionen zerlegt wird. Nach HALBFASS und BIRGE gestaltet sich dann die Berechnung[40]) folgendermassen:

Die Rauminhalte der einzelnen Tiefenzonen des Sees werden mit der Temperatur der Mitte dieser Zone multipliziert. Ist diese Temperatur nicht bekannt, so wird sie mit dem arithmetischen Mittel aus den Temperaturen der Begrenzungszonen ermittelt. Durch Addition sämtlicher Posten kann der gesamte Wärmeinhalt des Sees zu einer bestimmten Zeit gefunden werden. Dividiert man nun diese Zahl durch das Seevolumen, so gelangt man zur Mitteltemperatur des Sees zu einer bestimmten Zeit. Diese ermöglicht die Wärmeinhalte verschiedener Seen miteinander zu vergleichen. Weiter wird nun nach BIRGE (6) die, auf dem oben

Wärmebilanz des Moosseedorfsees
für die Zeitperiode von März 1938—März 1939

Monat	Tag	Wärmeinhalt in Kalorien	Mittel Temp.	gr/cal pro cm² See-fläche	Differenz
1938					
März	8	15 567 230	4,5	5450	
April	7	23 674 260	6,9	8066	+ 2616
Mai	11	34 122 320	10,0	10900	+ 2834
Juni	8	40 275 520	11,8	13298	+ 2389
Juli	11	40 762 580	12,0	13080	— 218
August	9	45 692 890	13,4	14506	+ 1426
September	14	41 983 930	12,3	13407	— 1099
Oktober	10	37 335 435	11,0	12000	— 1407
November	9	29 005 485	8,5	9810	— 2190
Dezember	5	21 725 635	6,4	6976	— 2834
1939					— 3543
Januar	9	10 210 885	3,01	3281	
Februar	6	13 005 475	3,54	3858	+ 577
März	14	14 645 620	4,3	4687	+ 839

[40]) Was die Begründung, besonders auch die Kritik dieser Methode anbelangt, so vergleiche hierzu HALBFASS (22, p. 219—221).

beschriebenen Wege gefundene Mitteltemperatur mit der mittleren Tiefe des Sees in Zentimetern ausgedrückt multipliziert und man findet dadurch, wieviel Wärmeeinheiten jeder Quadratzentimeter (cm^2) der Oberfläche des Sees in einer bestimmten Zeit gewinnt oder verliert.

Zur Durchführung der Berechnung des Wärmeinhaltes vom Moosseedorfsee haben wir den Wasserkörper, wie aus der Tabelle der morphometrischen Werte (pag. 91) hervorgeht, in 10 Teilvolumen zerlegt und für diese, wie oben beschrieben, die entsprechenden Berechnungen ausgeführt.

Erläuterung zur obigen und den folgenden Tabellen:

In der zweitletzten Rubrik sind die Wärmeeinheiten in Gramm-Kalorien verzeichnet, die der See pro Quadratzentimeter Oberfläche in einer bestimmten Zeit gewinnt oder verliert. Soll die Wärmebilanz der gesamten Wassermasse des Sees festgestellt werden, so ist die für einen cm^2 gefundene Anzahl Wärmeeinheiten mit dem Flächeninhalt des Sees in cm^2 zu multiplizieren.

In der letzten Rubrik der Tabelle sind die Aenderungen der Wärmeeinheiten pro cm^2 Seefläche von einer Temperaturlotung zur anderen verzeichnet. Die positiven Zahlen bedeuten eine Zunahme, die negativen eine Abnahme des Wärmeinhaltes. Daraus ist ebenfalls ersichtlich innert wie vieler Tage diese Aenderung erfolgt ist. Dividiert man diese Zahlen durch die Anzahl der Tage, die zwischen den Terminlotungen liegen, so erhält man die mittlere tägliche Aenderung der Wärmeeinheiten.

Der Wärmeverlust von 218 Kalorien pro cm^2, der sich vom 8. Juni bis zum 11. Juli 1938 zeigte, ist darauf zurückzuführen, dass die Temperaturlotung im Juni während einer Schönwetterperiode erhoben worden ist. Damals wurde eine Oberflächentemperatur von 24° C. gemessen, so dass die mittlere Temperatur der obersten 2,5 m Schicht 20° C. erreichte, das sind für diese Jahreszeit ausserordentlich hohe Werte. Allerdings war das Monatsmittel für den Juni 1938 in der ganzen Schweiz um 1—2° über dem Durchschnitt. Der Termin der Temperaturlotung im Juli fiel dagegen in eine Periode bedeckter und kühler Tage, die Oberflächentemperatur war nur 19° C. und die mittlere Temperatur der obersten 2,5 m Schicht nur 18° C. Dieses Beispiel zeigt, wie sehr das Resultat solcher Berechnungen vom jeweiligen Witte-

rungscharakter zur Zeit der Temperaturmessungen beeinflusst wird, und wie unbedingt notwendig es ist, gleichzeitig den meteorologischen Verhältnissen genügende Aufmerksamkeit zu schenken, um die Zahlen richtig auswerten zu können. Für die Monate Mai bis Dezember 1939 habe ich ebensolche Temperaturmessungen und Berechnungen zur Ermittlung des Wärmeinhaltes des Moosseedorfsees vorgenommen. Dem kühleren Sommer entsprechend, fand ich demgemäss auch kleinere Werte, wie aus der beifolgenden Tabelle hervorgeht.

Wärmebilanz des Moosseedorfsees von Mai bis Dezember 1939

Monat	Tag	Wärme-inhalt	Mittel Temp.	gr/cal pro cm² See-fläche	Differenz
1939					
Mai	16	26 570 295	8,3	9047	
Juni	20	34 353 355	10,3	11041	+ 1993
Juli	13	37 382 020	11,5	12545	+ 1504
August	15	39 575 410	11,6	12644	+ 99
September	20	38 150 500	11,2	12262	— 382
Oktober	17	32 149 880	9,4	10333	— 1929
November	11	25 231 305	7,4	8109	— 2224
Dezember	10	18 300 060	5,4	5886	— 2223

Im Verlauf dieser Messperiode fielen die Terminuntersuchungen so, dass in der ständigen Zunahme des Wärmeinhaltes vom Frühjahr bis zum Spätsommer kein Rückschlag zu verzeichnen war.

Was den Zeitpunkt betrifft, zu welchem ein See seinen grössten und seinen geringsten Wärmeinhalt erreicht, so ist derselbe schwer zu erfassen. Es müssten, um diesen festzustellen, zur kritischen Zeit täglich Temperaturlotungen ausgeführt werden. Die oft erheblichen Unterschiede, die sich beim Vergleich der Wärmebilanz verschiedener Jahre ergeben, sind, abgesehen von klimatischen Faktoren, darauf zurückzuführen, dass es meist nicht gelingt, die höchste, bezw. die niedrigste Menge aufgenommener oder abgegebener Wärme zu messen.

Das Maximum des Wärmeinhaltes im Moosseedorfsee finden wir im August, während schon im September ein Wärmeverlust zu verzeichnen ist. Wie in anderen Seen, ist auch hier charakteristisch, dass zur Zeit des grössten Wärmeinhaltes die oberen Schichten des Sees bereits in Abkühlung begriffen sind.

Ueber das Minimum des Wärmeinhaltes, sowie den winterlichen Wärmehaushalt des Moosseedorfsees im allgemeinen, geben die Messungen vom Winter 1940/41 besonders guten Einblick. Diese konnten zu ausserordentlich interessanten Terminen, nämlich zwei Tage vor dem Zufrieren des Sees (am 16. Dezember 1940), dann unter der zirka 25 cm dicken Eisdecke (am 18. Januar 1941) und endlich am Rand des schmelzenden Eisfeldes (am 24. Februar 1941) ausgeführt werden.[41])

Das Minimum an Wärmeinhalt findet sich im Januar, auch der Februar zeigt einen annähernd gleich geringen Wärmeinhalt, trotzdem die Messungen erst in der dritten Dekade des Monats, als der Eisrand in der Seemitte mit dem Boot zugänglich war, ausgeführt werden konnten.

Wärmebilanz des Moosseedorfsees von November 1940 bis Mai 1941

Monat	Tag	Wärmeinhalt	Mittel Temp.	gr/cal pro cm² Seefläche	Differenz
1940					
November	25	24 063 189	7,3	7957	
					— 4360
Dezember	16	11 546 780	3,3	3597	
					— 295
1941					
Januar	18	10 296 517	3,03	3302	
					+ 44
Februar	24	11 431 000	3,07	3346	
					+ 1984
März	17	16 679 377	4,89	5330	
					+ 1417
April	15	20 991 416	6,19	6747	
					+ 2332
Mai	15	28 247 579	8,33	9079	

[41]) Die Temperaturmessung vom 16. Dezember 1940 gelangte nachmittags zwischen 15 und 16 Uhr, bei einer Lufttemperatur von — 6° zur Ausführung, der See dampfte. Das ganze Epilimnion hatte sich auf 3,3° abgekühlt, während das Wasser unter 12 m Tiefe noch eine Temperatur von 4° hatte.

Der See befand sich also in Gefrierbereitschaft und war auch zwei Tage später, infolge des Frostes von — 10° in den Nächten vom 16./17. und 17./18. Dezember, übereist.

Unter der 25 cm dicken Eisdecke konnte ich am 18. Januar 1941, bei einer Lufttemperatur von — 3° und Schneefall, in der Mitte des kleinen Seebeckens über 18 m Tiefe die folgenden Temperaturen feststellen: in 1—4 m Tiefe 3,2°, bei 5 m Tiefe 3,25°, von 9 m Tiefe bis zum Grund (18 m) 3,3°.

Die Temperaturlotung vom 24. Februar 1941 gehört mit zu den

Daraus wird auch ersichtlich, wie stabil die beim Zufrieren des Sees erreichten Wassertemperaturen sich unter der Eisdecke erhalten. Hier ist die durchmischende Wirkung des Windes vollständig aufgehoben, aber ausserdem ist auch in Betracht zu ziehen, dass die Wärmeleitungsfähigkeit des Eises eine sehr geringe ist (0,0052—0,0057 cal/sec). Die Durchlässigkeit für Wärmestrahlung ist auch nur 6 % und naturgemäss bei trübem, undurchsichtigem, oft schneebedecktem Eis, wie das auf dem Moosseedorfsee vorherrschend der Fall ist, noch weit geringer.

Zur richtigen Auswertung des oben über den winterlichen Wärmehaushalt Gesagten, müssen hier noch kurz die charakteristischen Temperaturverhältnisse der Wintermonate mitgeteilt werden.

Der Dezember 1940 war sehr kalt, mit einem Monatsmittel von —4,3° und einer Abweichung des Normalwertes von —3,1°. Der Januar 1941 zeigte bezüglich der Temperaturen zwei ausgesprochene Phasen, eine erste mit strenger Kälte, eine zweite mildere. Das Monatsmittel war —3,1°, die Abweichung vom Normalwert betrug —0,9°. Das Temperaturmonatsmittel des Februars war 0,6° und entspricht ungefähr dem mittleren Wert. Was die Sonnenscheindauer betrifft, so war sie für die Monate Dezember, Januar und Februar zu gering.

Diesem letzteren Faktor kommt für den Wärmegang eines Gewässers, auch unter dem Eis, eine ausschlaggebende Bedeutung zu, da die Erwärmung des Oberflächenwassers ausschliesslich durch die Sonnenstrahlen bewirkt wird, während die Lufttemperaturen sozusagen wirkungslos sind.

Welchen Wert man der Kalorimetrie zur Beurteilung der

interessantesten, die während der Zeit der Untersuchung am Moosseedorfsee ausgeführt werden konnten. An diesem Datum war nur der obere Teil des grossen Seebeckens eben eisfrei geworden, so dass es möglich wurde mit dem Boot beinahe bis über die tiefste Stelle des Sees vorzudringen, wo unmittelbar am Rande des noch bestehenden Eisfeldes die Temperaturmessungen vorgenommen werden konnten. Die zwischen 15 und 16 Uhr, bei starkem Schneegestöber erhobenen Wassertemperaturen, waren bei 0 m Tiefe 3,3°, bei 1 m Tiefe 3,35°, von 2—20 m 3,4°, so dass sich also der See eben gerade noch im Zustand der winterlichen Schichtung befand. Dieser thermische Zustand kann sich nach dem Schwinden der Eisdecke, infolge seiner geringen Stabilität nur sehr vorübergehend halten, und ist deshalb nur selten direkt zu beobachten.

thermischen Verhältnisse eines kleinen Sees auch beimessen will, so ist sie doch die einzige exakte Grundlage zur Erfassung des gesammten Wärmeinhaltes, besonders dann, wenn es gilt, verschiedene Gewässer vergleichend zu untersuchen.

Chemismus

Ueber die allgemeinen hydrochemischen Verhältnisse des Moosseedorfsees geben die folgenden, von Dr. TH. von FELLENBERG [42]) ausgeführten Analysen Aufschluss.

Die Bestimmung des Trockenrückstandes und der weiteren sich daraus ergebenden Werte, ergab für die Wasserprobe vom 8. Dezember 1938 zur Zeit der beginnenden Herbstvollzirkulation (bei 6—7° C.) einen

Trockenrückstand von . . .	326 mg im Liter
Glührückstand von	296 mg im Liter
Glühverlust von	30 mg im Liter

In einer Wasserprobe vom 15. November 1942, ebenfalls aus einer Tiefe von 10 m und einer Temperatur von 7—8° C., also bei schon stark fortgeschrittener Herbstteilzirkulation die folgenden Werte:

Trockenrückstand	297 mg im Liter
Glührückstand	278 mg im Liter
Glühverlust	19 mg im Liter

Die entsprechenden etwas höheren Werte des Trocken- und Glührückstandes zur Zeit der Herbstvollzirkulation (8. Dezember 1938) sind durchaus erklärlich, wenn man in Betracht zieht, dass bei diesem Vorgang stets feste Partikel am Seeboden aufgewirbelt und in das freie Wasser getragen werden.

Das Wasser des Moosseedorfsees hat verglichen mit jenem des Amsoldinger- und Gerzensees einen etwas höheren Trocken- und Glührückstand. Beim Gerzensee sind die, aus der halben Seetiefe gewonnenen Werte zum Vergleich heranzuziehen. (Vergleiche hierzu v. BÜREN, 12, pag. 69/70 und v. BÜREN, 11, pag. 55.)

Die Bestimmung der Einzelbestandteile des Wassers in Proben

[42]) Es ist mir eine angenehme Pflicht auch an dieser Stelle Herrn Dr. TH. von FELLENBERG für seine Bemühungen bestens zu danken.

vom 15. November 1942 aus einer Tiefe von 10 m ergab die folgenden Kennzahlen:

	Millival[43])	mg i. L.
Kationen		
Kalium $K^{\cdot}$	0,062	2,54
Natrium $Na^{\cdot}$	0,335	7,7
Ammonium $HN^{\cdot}_4$	0	0
Calcium $Ca^{\cdot\cdot}$	3,82	76,4
Magnesium $Mg^{\cdot\cdot}$	1,07	13,0
Eisen $Fe^{\cdot\cdot}$	0	0
Aluminium $Al^{\cdot\cdot\cdot}$	0	0
Summe der Kationen	5,287	99,64
Anionen		
Nitrat NO_3'	0,184	11,4
Nitrit NO_2'	0,009	0,4
Chlor Cl'	0,644	22,9
Hydrosulfid SH'	0	0
Sulfat SO_4''	0,021	1,02
Hydrocarbonat HCO_3'	4,429	270,2
Summe der Anionen	5,287	305,92
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)		7,28

Nach dem starken Ueberwiegen des Calcium-, Magnesium- und Hydrocarbonations charakterisiert sich das Wasser des Moosseedorfsees als Carbonatwasser. Kalium- und Natriumion tritt zwar stark zurück, besonders letzteres ist aber doch noch in beachtenswerter Menge zugegen. Auffallend ist der verhältnismässig hohe Gehalt an Nitrat- und Chlorionen. Er deutet darauf hin, dass die Urtenen aus ihrem Einzugsgebiet dem See auch jaucheartige Verunreinigungen zuführt.

Die Gesamt- oder Totalkonzentration

aller anorganischen Stoffe in einem Gewässer kann auch vermittelst des elektrolytischen Leitvermögens bestimmt werden. Diese Methode gibt zwar keinerlei Aufschlüsse über die Natur der in der Lösung befindlichen Mineralsalze, aber sie erlaubt mit grosser Genauigkeit, noch geringe Schwankungen in der Gesamtkonzentration

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

festzustellen. Im allgemeinen ist das Leitvermögen direkt proportional dem Gehalt an gelösten Elektrolyten. Da die in reziproken Ohm ausgedrückte Leitfähigkeit meist eine kleine Grösse darstellt, ist es üblich, den 10 000fachen Wert anzugeben. Da ferner das spezifische Leitvermögen (K) wässriger Lösungen in hohem Mass von der Temperatur abhängig ist, so muss dieser Wert, um vergleichbar zu sein, vermittelst eines Temperaturkoeffizienten auf eine Normaltemperatur bezogen werden (18°). $K_{18} = n \cdot 10^{-4}$

Das Wasser des Moosseedorfsees hat eine spez. Leitfähigkeit von 4,07—4,67, im Mittel ungefähr von $4{,}37 \cdot 10^{-4} \Omega$ was bedeuten will, dass sein Wasser verhältnismässig reich an Elektrolyten ist. Durch Vergleiche mit einigen Gewässern anderer Gebiete wird am besten hervorgehen, wie die Werte der spezifischen Leitfähigkeit unseres Sees einzuschätzen sind.

Der Sakrowersee bei Potsdam weist eine spez. Leitfähigkeit von $3{,}1—3{,}4 \cdot 10^{-4} \Omega$ auf, der Edelbergsee eine solche von 3,8 bis $4{,}5 \cdot 10^{-4}$ auf. Manche Seen Norwegens, besonders solche im westlichen Urgebirge, sind dagegen ausserordentlich arm an gelösten Mineralsalzen und haben eine spez. Leitfähigkeit von nur $0{,}06 \cdot 10^{-4} \Omega$ aufzuweisen. Solche Gewässer verhalten sich dann praktisch fast wie destiliertes Wasser und sind dementsprechend planktonarm.[44])

Nun kann in einem See zu verschiedenen Zeiten, besonders in verschiedenen Tiefen, zuweilen ein sehr erheblicher Unterschied im Gehalt an gelösten Stoffen bestehen. Aus den beiden hier angeführten Zahlenreihen geht hervor, dass z. B. noch zu Beginn der Herbstteilzirkulation die oberen Wasserschichten ärmer an gelösten Mineralsalzen sind, als die unteren, während zur Zeit der Herbstvollzirkulation ein Ausgleich zwischen Epi- und Hypolimnion stattfindet. Durch die Vollzirkulation werden erhebliche Mengen von Stoffen, sogar auch Mikroorganismen, vom Grund in das freie Wasser getragen, wodurch die etwas höheren Werte der spez. Leitfähigkeit im Dezember ohne weiteres verständlich werden.

---

[44]) Vergleiche mit schweizerischen Gewässern sind leider zur Zeit nicht möglich, da ein entsprechendes Zahlenmaterial fehlt. Derartige vergleichende Untersuchungen in dieser Richtung müssten mit der Pleissnerschen Tauchelektrode vorgenommen werden (PLEISSNER 48).

Spezifische Leitfähigkeit[45]) auf die Temperatur von 18° C. bezogen.

Tiefe in m	20. Sept. 1939	10 Dez. 1939
0	$4{,}07 \cdot 10^{-4}\ \Omega$	$4{,}64 \cdot 10^{-4}\ \Omega$
5	$4{,}09 \cdot 10^{-4}$	$4{,}69 \cdot 10^{-4}$
10	$4{,}36 \cdot 10^{-4}$	$4{,}69 \cdot 10^{-4}$
18	$4{,}43 \cdot 10^{-4}$	—
20	$4{,}47 \cdot 10^{-4}$	$4{,}67 \cdot 10^{-4}$

Bestimmung der Oxydabilität

Die Oxydabilität kann Anhaltspunkte über den Gehalt des Wassers an organischen Stoffen geben. Da unfiltriertes Wasser untersucht wurde, sind somit gelöste und suspendierte oxydationsfähige Stoffe erfasst worden,[46]) doch kann auf die Natur der organischen Stoffe, welche den Permanganatverbrauch verursachen kein Rückschluss gezogen werden. Auch ist zu berücksichtigen, dass zwischen der Menge an organischen Stoffen und dem Kaliumpermanganatverbrauch keine unbedingte Proportionalität besteht, da der Permanganatverbrauch nicht nur von der Menge, sondern auch von der Art der organischen Substanzen abhängig ist. Die Bestimmungen sind nach der Methode von KUBEL vorgenommen, und zwar unter genauer Innehaltung der Vorschriften, wie sie im Schweiz. Lebensmittelbuch (59) niedergelegt sind.[47])

Im Moosseedorfsee konnte im allgemeinen von der Oberfläche nach der Tiefe hin eine Zunahme der Oxydabilität nicht festgestellt werden. Nur einmal, im November, fand ich an der Oberfläche einen Permanganatwert von 19,2 mg/l am Grunde des Sees, bei 21 m einen solchen von 21,6 mg/l, welches auch die im Verlauf der Untersuchung festgestellten Höchstwerte waren. Die gering-

[45]) Die Bestimmung der spez. Leitfähigkeit der Wasserproben aus dem Moosseedorfsee verdanke ich Herrn Prof. Dr. FEITKNECHT, Direktor des Chemischen Institutes, Anorgan. Laboratorium, dem ich auch hier meinen besten Dank sage.

[46]) Vergleichende Untersuchungen über die Oxydabilität filtrierter und unfiltrierter Proben haben auffallend geringe Unterschiede ergeben, so dass anzunehmen ist, dass im vorliegenden Fall doch wohl der Permanganatverbrauch durch die im Wasser gelösten organischen Stoffe herbeigeführt wird.

[47]) Herr Dr. TH. von FELLENBERG hatte die Freundlichkeit, mich in die Handhabung der Methode einzuführen, wofür ich ihm hier meinen besten Dank sage.

sten Werte ergaben sich im Mai mit 15—15,9 mg/l, in der übrigen Zeit schwankten sie zwischen 16,4—18,7 mg/l. Der Mittelwert aus sämtlichen durchgeführten Bestimmungen beträgt 17,3 mg/l Kaliumpermanganat, was einer Menge von 4,43 mg/l Sauerstoff entspricht, die zur Oxydation der organischen Stoffe notwendig sein würde.

Hinsichtlich des Permanganatverbrauches gehört somit der Moosseedorfsee zu den saproben Gewässern (Poly-Mesosaprob).

Bekanntlich haben oligosaprobe Gewässer (mit wenig Zersetzung, aber vorherrschend oxydativen Vorgängen) den geringsten, humose dagegen den höchsten Permanganatwert aufzuweisen.

In der beifolgenden Tabelle sind einige diesbezügliche vergleichende Bestimmungen zusammengestellt.

Verbrauch von mg/l $KMnO_4$

	Moosseedorfsee		Genfersee [48])	
Tiefe	24. II. 41	15. V. 41	16. II. 41	10. V. 41
0 m	17,82	15.00	4,13	5,30
10 m	16,65	15,01	4,45	4,36
21 m	17,19	15,01	4,45	4,36

Im Geistsee (ob Wattenwil, Kt. Bern), einem kleinen Moorsee, der zwar noch keineswegs als typisches dystrophes Gewässer gelten kann, habe ich entsprechende Permanganatwerte von 40,89 bis 44,42 mg/l festgestellt.

Die Alkalinität

Die Alkalinitätsbestimmung ergibt bei natürlichen Wassern ein Bild von der Summe der darin vorhandenen kohlensauren Salze, der Erdalkalien, hauptsächlich der an Kohlensäure gebundenen Salze, des Calciums und Magnesiums.

Der Calcium-Bicarbonat-Gehalt eines Gewässers ist für seine wesentlichsten Eigenschaften bestimmend, er entscheidet über die

[48]) Es sei darauf hingewiesen, dass sich meine Bestimmungen auf Rohwasser beziehen, während die von BUFFLE (9) neulich veröffentlichten, wesentlich niedrigeren Werte von 1,8—2,01 mg/l sich nur auf die im Wasser gelösten organischen Substanzen beziehen, und die suspendierten nach einem von diesem Autor ausgearbeiteten Verfahren ausgeschieden sind.

Art der Reaktion, ob sie sauer, neutral oder alkalisch ist, welches der Pufferungsgrad ist usw.

Zur Bestimmung der „Alkalinität" oder besser Titrationsalkalinität wurden 100 ccm zu untersuchendes Wasser mit $^{n}/_{10}$ HCl gegen Methylorange als Indikator bis zum Farbumschlag nach Zwiebelrot titriert. Die Titrationsalkalinität ist also jene Menge von ccm $^{n}/_{10}$ HCl, die zu 100 ccm Wasser hinzugefügt werden muss, um den genannten Farbenumschlag des Methylorange herbeizuführen.

Die Karbonathärte ist ohne Berücksichtigung des Magnesiumgehaltes des Wassers aus der Alkalinität auf deutsche und französische Härtegrade berechnet. Die für den Moosseedorfsee gefundenen Alkalinitätswerte liegen zwischen 3,8 und 5,9.

Alkalinität	$CaCO_3$ mg/l	Karbonathärte deutsche °	Karbonathärte französ. °
3,8 Minimalwert	= 190,0 =	10,6°	19°
4,9 Mittelwert	= 245,0 =	13,7°	24,5°
5,9 Höchstwert	= 295,0 =	16,5°	29,5°

Das Wasser des Moosseedorfsees ist nach der Einteilung von KLUT (25) den mittelharten bis etwas harten Wassern beizuordnen. Es ist härter als das Amsoldingerseewasser. Als Beispiel eines weichen Wassers kann dagegen Genferseewasser mit einer Alkalinität von 1,9 = 5,3 deutschen Härtegraden gelten.

Vergleicht man nun im Moosseedorfsee die Alkalinitätswerte der einzelnen Monate im Laufe des Seejahres, so kann man feststellen, dass diese von Mai bis August an der Oberfläche bis in zirka 3 m Tiefe abnehmen, während sie in der Tiefe entsprechend zunehmen. Die kleinsten Werte an der Oberfläche werden im August mit 3,8—3,9 erreicht, die grössten in der Tiefe im November mit 5,8—5,9.

Die Abnahme des Kalkgehaltes im Oberflächenwasser ist hauptsächlich auf biogene Ursachen zurückzuführen. Durch Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons wird nämlich den Calciumkarbonatmolekülen Kohlensäure entrissen und so das Monokarbonat zum Auskristallisieren veranlasst. Diese Ausfällungen hatten wir die Gelegenheit direkt zu beobachten, so z. B. am 8. Juni 1938, als in den Planktonproben ein zum Teil körniges (13—20 μ), zum Teil

feines Präcipitat (4—6 μ) von Calciumkarbonat eingestreut waren. Durch diesen ausgefällten und absinkenden Kalk wird das stark kohlensäurehaltige Hypolimnion mit diesem angereichert, oft sogar mit solchen Mengen, dass der Kalk aus dem übersättigten Seewasser wieder ausgefällt wird und sich am Boden ablagert.

Alkalinität

Tiefe	8. III. 38	7. IV. 38	11. V. 38	8. VI. 38	11. VII. 38	9. VIII. 38	14. IX. 38	26. X. 38	9. XI. 38	5. XII. 38	5. I. 39	6. II. 39
0	5,26	5,30	4,82	4,34	4,30	3,82	4,76	5,18	5,30	5,00	4,72	4,92
10	5,26	5,30	5,20	5,34	5,32	5,32	5,44	5 60	5,46	5,00	—	5,12
21	5,32	5,32	5,44	5,44	5,32	5,50	5,74	5,90	5,92	5,00	—	5 26

Die Tabelle enthält nur die Alkalinitätswerte vom Jahre 1938/39, während bei der Bearbeitung des diesbezüglichen Textes selbstverständlich sämtliche von März 1938 bis Juni 1941 gewonnenen Werte mit berücksichtigt sind, in welchem auch Bestimmungen zwischen 0 und 5 m Tiefe enthalten sind.

Die Bestimmung der freien Kohlensäure

Sollen die Resultate der Analysen der im Wasser vorhandenen freien Kohlensäure Anspruch auf Genauigkeit erheben, so ist es durchaus notwendig, die an Bord geholten Wasserproben sofort zu titrieren. Zur Durchführung dieser zeitraubenden Untersuchungen mussten besondere Fahrten zwischen die Terminuntersuchengen eingelegt werden, wodurch sich verhältnismässig nur wenige solcher Bestimmungen ermöglichen liessen. Die Titration erfolgte mit einer gemessenen Lösung von Natriumkarbonat unter Benutzung von Phenolphtalein (nach KLUT, 25).

Ganz allgemein kann gesagt werden, dass im Seewasser die Vermehrung der CO_2 und die Verminderung des O_2 parallel gehen.

Im Epilimnion, wo durch den Assimilationsprozess des Phytoplanktons O_2 produziert, aber CO_2 konsumiert wird, war freie Kohlensäure in 0 bis zirka 3 m Tiefe vom Frühjahr bis zum Spätherbst nicht nachweisbar.[49]) Dagegen ist bereits im Metalimnion, da wo die plötzliche starke O_2-Abnahme einsetzt,[50]) eine ver-

[49]) Bei der Kohlensäure Ausscheidung im Epilimnion spielt natürlich die Temperatur auch mit eine gewisse Rolle.

[50]) Infolge des absterbenden, schon während des Absinkens O_2-zehrenden Phytoplanktons und Mangel an ergänzender O_2-Produktion wegen abnehmender Lichtstärke nach der Tiefe und damit paralell gehender verminderter CO_2-Konsumation.

stärkte Anreicherung des Wassers mit CO_2 zu bemerken, die sich in der Tiefe über den Orten reicher organischer Zersetzung noch wesentlich steigert. Dort habe ich als Maximum an freier CO_2 19 mg/l feststellen können.

Ein Teil der bei diesen Vorgängen frei werdenden Kohlensäure wird durch den Kalk des Hypolimnions gebunden, während der andere als freie CO_2 bestimmbar ist. Auch die vertikalen CO_2-Differenzen werden bei den Zirkulationsperioden wieder ausgeglichen.

Freie Kohlensäure [51])

Tiefe	11. III. 1938		14. IV. 1938		15. VI. 1938		21. IX. 1938		12 XI. 1938		8. XII. 1938	
				UB		UB		UB		UB		UB
m	Tp.	mg/l	Tp.	mg/l	Tp.	mg/l	Tp.	mg/l	Tp.	mg/l	Tp.	mg/l
	8. III.		7. IV.		8. VI.		14. IX.		9. XI.		5. XII.	
0	8,4	—1,0	11	—1,0	23,4	—9	20	—11,0	9,2	7,0	7,0	10
1	6,0	—	9,3	—	22,1	—6	—	—	9,1	—	—	—
2,5	5,0	—1,0	8,3	—0,5	16	0,5	16,4	—7,0	—	9,0	—	—
5	4,2	2,0	7,0	—0,5	12,3	3	15	8,0	9,0	9,0	6,4	—
10	—	2,0	6,0	—0,5	7,4	4	8,3	8,0	8,4	12,0	6,4	12
15	4,0	2,5	5,4	0	7,1	4	7,3	11,0	7,3	17,0	—	—
18	4,0	—	5,3	—	7,0	—	7,3	13,0	7,2	19,0	6,4	13
19	—	—	—	—	7,0	7	—	—	—	—	—	—
21	4,0	4,0	5,1	0	7,0	—	—	—	—	—	—	—

Die Wasserstoffionenkonzentration oder aktuelle Acidität (pH)

Die Wasserstoffionenkonzentration der Karbonatpuffer-Lösung, die das Wasser unseres Sees darstellt, dürfte in ungestörtem Zustand etwa pH 7,5—7,6 betragen. Durch den Entzug von Kohlensäure, als Folge der Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons, kommt es in den Frühjahrs- und Sommermonaten im Epilimnion zu einer Störung des Bicarbonatgleichgewichtes. In den obersten Schichten ist diese Gleichgewichtsstörung am grössten, weshalb auch dort das pH des alkalischer gewordenen Wassers auf 7,9

[51]) Die mit negativen Vorzeichen versehenen Zahlen geben an, wieviel entsprechende HCl zum Neutralisieren notwendig war, d. h. um die sich bei Zusatz von Phenolphthalein sofort rötenden, mehr oder weniger CO_2 freien Wasserproben auf farblos zu titrieren.

UB = Messungen, die im unteren, kleinen Seebecken ausgeführt worden sind.

Die Temperaturen der jeweils vorangegangenen Terminuntersuchungen sind hier angeführt, um den thermischen Zustand des Sees zu kennzeichnen.

bis 8 bis 8,1 steigt.[52]) Dazu ist zu bemerken, dass die Werte von pH 8 und 8,1 nur nach einer Schönwetterperiode von einigen Tagen festgestellt werden konnten. Entsprechend der Tatsache, dass am Moosseedorfsee in der Uferregion ausser den Seerosenbeständen keine grösseren Pflanzenmassen, wie z. B. *Elodea, Potamogeton* oder *Chara* vorkommen, gelang es mir niemals, dort ein höheres pH des Wassers als im Pelagial zu konstatieren. Dagegen ist im lichtlosen und durch Atmungs- und Zersetzungsprozesse mit CO_2 angereichertem Tiefenwasser ein Sinken des pH zu beobachten, das insbesondere während der Sommerstagnation und in den Wintermonaten am Grund des Sees auf 7,3—7,2 fallen kann.

Die Schwankungen der Wasserstoffjonenkonzentration sind in Anbetracht des vehältnismässig gut gepufferten Seewassers recht gross. Immerhin war ein Unterschreiten des Neutralpunktes, auch am Seegrund, nicht festzustellen, was übrigens möglicherweise zum Teil auch durch Stoffe verhindert wird, die aus dem Schlamm diffundieren.

pH-Werte 1940/41

Tiefe in m	26. III. 1940	19. IV. 1940	11. VI. 1940	30. VII. 1940	19. VIII. 1940	20. IX. 1940	22. X. 1940	25. XI. 1940
0	7,9	7,9	7,9	7,9	8,1	7,7	7,7—7,8	7,5
1	7,9	7,9	—	7,9	—	—	—	—
2,5	7,6	—	—	—	7,8—7,7	7,7	7,7	7,5
3,0	7,6	7,85	7,7	7,4	—	—	—	—
5,0	7,5	7,75	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5—7,6	7,5
10,0	7,5	7,7	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5
21,0	7,5	7,6	7,35	7,3	7,3	7,2	7,3	7,5
Tiefe in m	**10. XII. 1940**	**18. I. 1941**	**24. II. 1941**	**17. III. 1941**	**15. IV. 1941**	**15. V. 1941**	**19. VI. 1941**	
0	7,5	7,5	7,5	7,9	7,9	8,0	7,9—8,0	
1	—	—	—	—	7,9	8,0	—	
2,5	—	—	7,5	7,9	7,9	7,95	7,7	
3,0	—	—	—	—	—	—	—	
5,0	7,5	—	7,5	7,7	7,7	7,7	7,4	
10,0	7,4	—	7,45	7,6	7,7	7,7	7,4	
21,0	7,35	—	—	7,5	7,7	7,65	7,4	

[52]) Man gebe sich aber davon Rechenschaft, dass hohe Wasserstoffzahlen einer geringen, tiefe dagegen einer hohen Wasserstoffionenkonzentration entsprechen.

Der Sauerstoff

(Vergleiche hierzu die Zahlentabellen, sowie die Kurventafel am Schlusse des Abschnittes.)

Zur Beurteilung eines Seewassers, sowohl in biologischer als auch in hygienischer Hinsicht, ist sein Gehalt an gelöstem Sauerstoff von allergrösster Bedeutung. Wir haben deshalb auch die Sauerstoffanalysen mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt. Zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes bediente ich mich, wie bei meinen früheren Untersuchungen, der Winklerschen Methode. Bei der vorliegenden Arbeit habe ich aber diese mit der von ALSTERBERG empfohlenen Voroxydation mit freiem Brom kombiniert, die bezweckt, reduzierende Stoffe, welche die Winklersche Analyse stören könnten, zu beseitigen. Für die Handhabung der Bromierungstechnik, sowie der dazu notwendigen Reagentien, habe ich mich genau an die von ALSTERBERG (1, p. 12—17) gegebenen Vorschriften gehalten. In unserem See besteht, wie die beifolgenden Zahlen- und Kurventabellen der Analysenresultate zeigen, während der Sommerstagnation (Mai bis November, zirka 7 Monate) eine je nach der Jahreszeit mehr oder weniger ausgeprägte Sauerstoffschichtung. Diese Schichtung ist hauptsächlich biogen bedingt, in dem in den oberen, gut durchleuchteten Wasserschichten die assimilierenden grünen Phytoplanktonalgen Sauerstoff produzieren, wodurch es zeitweise sogar zu einer Uebersättigung des Epilimnions mit diesem Gas kommt. Dagegen finden im Hypolimnion, also in der Tiefe des Sees, sauerstoffzehrende Vorgänge statt, die einerseits durch Fäulnis der niedersinkenden, absterbenden Planktonorganismen und anderseits durch Zersetzungsprozesse, die im Grundschlamm vorsichgehen, herbei geführt werden. Letztere spielen möglicherweise bei der Sauerstoffzehrung eine vorherrschende Rolle.

Durch die temperaturabhängige Schwere des Wassers kommt es bei den Zirkulationsperioden im Herbst und Frühjahr zu einem Ausgleich der Temperatur- und damit auch der Sauerstoffschichtung.

Wenn zwar die Kontaktfläche Wasser-Luft durch Diffusion keinen begrenzenden Faktor für die Sauerstoffaufnahme darstellt, so scheidet dieser Vorgang zur Uebertragung des Sauerstoffes nach tieferen Wasserschichten, seiner Langsamkeit wegen, praktisch ganz aus. Dagegen kann die Winddurchmischung in gewissen

Fällen, besonders bei grossen Wasserflächen, eine erhebliche Steigerung des O_2-Gehaltes in den oberen Wasserschichten herbeiführen.

Im einzelnen waren die Sauerstoffverhältnisse im Moosseedorfsee im Jahre 1938/39 die folgenden:[53])

Zu Beginn der Sommerstagnation, im März und noch im April, ist der Gehalt an gelöstem Sauerstoff noch in allen Wasserschichten des Sees hoch und relativ gleichmässig verteilt. Immerhin ist unter dem Einfluss des sich mächtig entwickelnden Phytoplanktons in den oberen Wasserschichten eine starke Sauerstoffübersättigung festzustellen, die bis in eine Tiefe von 2,5—5 m reicht. Im Mai beginnt sich in der Tiefe des Sees von 10 m an abwärts Sauerstoffschwund bemerkbar zu machen. Dieser Sauerstoffschwund steigert sich bis Juni zu einem eigentlichen O_2-Defizit, um jetzt sogar das Metalimnion zu erfassen.

Dieser Zustand verschärft sich nun weiter bis zum September, in welchem Monat das Maximum des sommerlichen Sauerstoffdefizites erreicht wird. Im Oktober weist dann der Wasserraum oberhalb 7,5 m Tiefe, als Folge des durchmischenden und ausgleichenden Einflusses der Herbstteilzirkulation, wiederum annähernd normale Sauerstoffverhältnisse auf. Auch im November macht der Ausgleich der O_2-Schichtung einige Fortschritte, um im Dezember, nachdem die ganze Wassermasse von der Oberfläche bis zum Boden die gleiche Temperatur zeigt (Homothermie), zur vollen Auswirkung zu gelangen. Die vollständig durchmischte Wassermasse enthält jetzt pro Liter nur 2,7—2,9 cm^3/l Sauerstoff. Der allgemeine schlechte Zustand in welchem sich der See zu Beginn der Herbstvollzirkulation hinsichtlich seiner Sauerstoffverhältnisse befindet, zeigt also, dass das grosse O_2-Defizit des Hypolimnions, das sich während der Sommerstagnation herausgebildet hat, durch die sauerstoffreicheren Schichten des Epi- und Metalimnions nur sehr unvollkommen kompensiert werden kann.[54])

[53]) Bei dieser Darstellung stützen wir uns hauptsächlich auf die im Jahre 1938/39 durchgeführten O_2-Bestimmungen, während die im folgenden Jahre ausgeführten Bestimmungen die im ersten Jahre gewonnenen Resultate durchaus bestätigen.

[54]) Der Schwefelwasserstoff der Tiefe, der beim Mischprozess der Vollzirkulation mit dem sauerstoffhaltigen Oberflächenwasser in Berührung kommt, dürfte als Ursache dieses Sauerstoffdefizites eine nicht unbedeutende Rolle spielen.

Die während der Winterstagnation bestehenden Verhältnisse sind für eine Erholung wenig günstig. Bei der geringen Lichtintensität und den niedrigen Temperaturen ist die assimilatorische Tätigkeit des Phytoplanktons sehr gering, und dementsprechend auch die O_2-Produktion. Dazu kommt die Eisbedeckung, die meist während der letzten Dezemberdekade einsetzt und, je nach den Witterungsverhältnissen, bis Ende Februar dauernd oder mit kurzen Unterbrechungen bestehen bleibt. Während dieser Zeit bleibt auch die Sauerstoffaufnahme durch Diffusion an der Seeoberfläche auf ein Minimum beschränkt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass selbst im Februar, gegen Ende der Winterstagnation, die Sauerstoffspannung noch gering ist.

Dagegen konnte festgestellt werden, dass im März der See in allen Wasserschichten wiederum sehr günstige Sauerstoffverhältnisse aufwies. Diese rasche und durchgreifende Erholung ist nur unter dem Einfluss der sich rasch folgenden Frühlingsteil- und vollzirkulation, sowie der sich zugleich stark intensivierenden assimilatorischen Tätigkeit des Phytoplanktons möglich. Ausserdem sind die instabilen Verhältnisse, wie sie im Vorfrühling, bevor sich eine schärfere thermische Stratifikation ausgebildet hat, bestehen, den Durchmischungsvorgängen ausserordentlich günstig.

Im Jahre 1939/40 gestalteten sich die Sauerstoffverhältnisse prinzipiell gleich wie im Vorjahr, wenn auch gewisse Abweichungen festzustellen waren, die hauptsächlich mit den von Jahr zu Jahr etwas verschieden verlaufenden, thermisch bedingten Zirkulations- und Durchmischungsvorgängen in Zusammenhang zu bringen sind. Auffallend war besonders, dass der Sauerstoffhaushalt zu Beginn der Winterstagnation ein etwas günstigeres Bild zeigte als im Vorjahre. (Vergleiche hierzu die Sauerstofftabellen.)

Bei genauer Durchsicht und Vergleich der Sauerstofftabellen und besonders der Kurven fallen gewisse kleine Unregelmässigkeiten bei den Werten aus der Seetiefe auf. So fand ich fünfmal auf 22 Sauerstoffmessungen dicht über dem Seeboden in 21 m um 0,4 bis 0,8 cm^3 höhere O_2-Werte als 3,5 m über dem Seegrund in 17,5 m Tiefe. Einmal war auch das Umgekehrte der Fall, indem wir nämlich in 17,5 m 0,4 resp. 0,5 cm^3 höhere Werte fanden als in 15 und 21 m Tiefe.

Da wir bei Wiederholung der Messungen Abweichungen annähernd gleicher Grössenordnung erhielten und diesen Arbeiten die

grösste Sorgfalt zugewendet haben, so glauben wir, Ungenauigkeit der Analysen als Ursache dieser Unregelmässigkeiten ausscheiden zu dürfen.

Ein leichter Mehrgehalt an Sauerstoff in der Tiefe ist übrigens auch von RUTTNER im Lunzer-Obersee und ebenso von LOTZ (31) im Freibergsee (Allgäu) beobachtet worden.

Die Sauerstoffverhältnisse des Moosseedorfsees entsprechen also durchaus jenen eines stark eutrophen Sees, für den während der Sommerstagnation das an O_2 stark übersättigte Epilimnion und der Sauerstoffschwund der Tiefe charakteristisch ist.

Um den Gegensatz dieser Verhältnisse einmal an einem konkreten Beispiel zu zeigen, habe ich innert weniger Tage nebst anderen hydrochemischen Untersuchungen auch je eine Sauerstoffbestimmung aus dem Moosseedorfsee und dem Genfersee ausgeführt. Den Hauptwert dieses Vergleiches sehe ich besonders darin, dass diese Bestimmungen mit einem Zwischenraum von nur drei Tagen, vom gleichen Beobachter, mit den gleichen Geräten und den gleichen Arbeitsmethoden durchgeführt sind. Die Zahlenwerte sind somit absolut vergleichbar.

Moosseedorfsee						Genfersee b. Cully					
19. Juni 1941						15. Juni 1941					
m	Temp.	O_2	% S	Alk.	pH	m	Temp.	O_2	% S	Alk.	pH
0	21,2	9,5	162	4,66	7,9–8	0	13,3	7,4	106,5	1,96	8,1
5	11,25	4,9	67	—	7,4	5	13,05	8,0	115,8	—	8,1
10	7,05	3,1	39	5,10	—	10	12,1	7,6	105,2	1,98	8,0
15	6,35	3,2	40	—	—	15	11,2	7,9	106,9	—	—
20	6,25	3,4	41	5,26	7,4	20	11,1	8,1	108,9	1,98	7,9

m = Tiefe in Metern.
Temp. = Wassertemperaturen in ° C.
% S = Sauerstoffgehalt in % der Sättigung, berechnet nach den Absorptionskoeffizienten von WINKLER bei der Temperatur und dem jeweiligen Barometerstand in Moosseedorfseehöhe resp. Genferseehöhe.
Alk. = Alkalinität.
pH = Wasserstoffionenkonzentration.

Vor Ouchy fand WALTER[55]) in einer Tiefe von 300 m noch 7,0 cm^3 gelösten Sauerstoff pro Liter, was unter den gegebenen

[55]) Vergleiche bei FOREL, Le Léman II, p. 622.

Verhältnissen einer Sättigung von 81,9 % entspricht. Auch über dem Seeboden wird im oligotrophen Seetypus der Sauerstoffgehalt von 4—5 cm^3 pro Liter nicht unterschritten werden, das entspricht 50—60 % der Sättigung.

Bezüglich des Eutrophiegrades des Moosseedorfsees darf man sich nun nicht etwa vorstellen, dass dieser ausschliesslich durch die Verunreinigung der Zuflüsse herbeigeführt worden ist. Wenn auch im vorliegenden Fall des Moosseedorfsees die Verstärkung der Eutrophierung durch Verunreinigung von aussen nicht in Abrede zu stellen ist, so muss doch hier mit allem Nachdruck darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Eutrophie dieser kleinen Mittellandseen zum grössten Teil auf natürlichen Ursachen beruht, unter denen der morphometrischen Beschaffenheit des Beckens eine besondere Bedeutung zukommt. THIENEMANN (64) hat nämlich wiederholt darauf hingewiesen, dass für den Sauerstoffhaushalt eines Sees das Verhältnis der Wassermasse des Hypolimnions (Tropholytische Schicht) zu jener des Epilimnions (Trophogene Schicht) ausschlaggebend ist.

Je grösser die Wassermenge des Hypolimnions ist, um so mehr Sauerstoff ist vorhanden, und um so langsamer wird seine Menge durch die Oxydationsprozesse im Grundschlamm vermindert werden. Je kleiner dagegen das Volumen des Hypolimnions im Verhältnis zu dem des planktonproduzierenden Epilimnions ist, um so schneller kann der in ihm gelöste freie Sauerstoff durch das absinkende abgestorbene Plankton verbraucht werden.

Die meisten kleinen Mittellandseen hatten von jeher, auch in ihrem „Jugendstadium", eine geringe mittlere Tiefe.[56]) Das Volumen des Epilimnions im Verhältnis zu dem des Hypolimnions ist gross, so dass hier die Auflösung der organischen Substanzen (absterbendes und abgestorbenes Plankton u. a. Detritus) sich im allgemeinen in einer verhältnismässig kleinen Wassermasse vollziehen muss, wodurch im Hypolimnion der im Wasser gelöste Sauerstoff sehr bald durch die oxydativen Vorgänge aufgezehrt wird.

Was speziell den Moosseedorfsee in dieser Hinsicht betrifft,

[56]) THIENEMANN (64) nimmt an, dass in den gemässigten Gebieten der nördlichen Halbkugel Seen von mehr als 18,5 m mittlerer Tiefe oligothrophen Charakter haben, Seen dagegen deren mittlere Tiefe unter 16,4 m ist im allgemeinen eutroph sind.

so gestaltet sich das Volumenverhältnis von Epilimnion : Hypolimnion folgendermassen:

Epilimnion: Wasservolumen zwischen 0—7,5 m = 1942, 600 m^3 = 67 % des gesamten Seevolumens.

Hypolimnion: Wasservolumen zwischen 15—21,5 m = 113,200 m^3 = 9,5 % des gesamten Seevolumens.

Das Volumen des Hypolimnions ist also zirka 17mal kleiner als jenes des Epilimnions. Immerhin ist zu berücksichtigen, dass, wenn auch in geringerem Masse, das dazwischenliegende Metalimnion teilnimmt einerseits an der Produktion, wie anderseits auch an der Reduktion der Sinkstoffe. Die Sauerstoffarmut dieser Seen ist somit durch natürliche Ursachen, also hauptsächlich die Form des Seebeckens, bedingt, und schon eine geringe Vermehrung an organischen Stoffen durch Zufuhr von aussen kann deshalb unter Umständen, infolge erhöhter Produktion im Epilimnion und einer entsprechenden verstärkten Oxydation im Hypolimnion, in der Tiefe solcher Gewässer zu einem mehr oder weniger vollständigen Sauerstoffschwund führen.

Versuchen wir nun noch die gefundenen absoluten Sauerstoffzahlen hinsichtlich ihres respiratorischen Wertes zu beurteilen.

BREHM und RUTTNER (8) haben darauf aufmerksam gemacht, dass für die Bewertung eines Seewassers als Atmungsmilieu für die darin lebende Tierwelt die übliche Angabe des Sauerstoffgehaltes in Sättigungsprozenten ein durchaus unzutreffendes Bild der tatsächlichen Verhältnisse zeigt. Gibt man nämlich den O_2-Gehalt eines Gewässers in Sättigungsprozenten an, so bringt man ihn in eine Abhängigkeit der Temperatur, indem das Lösungsvermögen des Wassers für Gase bei fallender Temperatur steigt (Physikalische Sättigung). Doch ist diese Abhängigkeit jener der Atmung gerade entgegengesetzt, da dieser Prozess nicht nur vom Sauerstoffgehalt, sondern in hohem Masse auch von der Temperatur abhängig ist. Hier ist die van'tHoffsche Reaktionsgeschwindigkeit-Temperaturregel (R G T-Regel) zu berücksichtigen, wonach sich der Sauerstoffverbrauch bei einer Temperatursteigerung von 10^0 verdoppelt bis verdreifacht. Es wird also bei gleichem Sauerstoffgehalt in einem bestimmten Wasservolumen von z. B. 5^0 annähernd die doppelte Individuenzahl noch ausreichend atmen

können als bei 15°; der respiratorische Wert ist im ersten Fall zweimal so gross als im letzteren.

Ganz allgemein kann gesagt werden, dass bei tiefen Wassertemperaturen der Sauerstoffbedarf meist reichlich gedeckt ist, dass anderseits mit steigender Temperatur ein Punkt eintritt, wo selbst die physikalische Sättigung dem nun rasch wachsenden Bedarf an O_2 nicht mehr genügt. BREHM und RUTTNER nehmen nun an, dass bei einer Temperatur von 15° C. ein O_2-Gehalt von 10 mg pro Liter für eine bestimmte Lebensgemeinschaft gerade das günstigste Milieu für die Atmung sei, und setzen für diesen Zustand = 100 %. Der respiratorische Wert bei 10 mg/l und 15° C. ist also gleich 100 %. Der Respirationswert (RW) ergibt sich aus dem Quotienten zwischen absolutem O_2-Gehalt des Wassers und dem physiologischen O_2-Sättigungswert mal 100.

Die Auswertung des Sauerstoffgehaltes nach diesem Verfahren bedeutet also, dass im Moment, wo der Respirationswert von 100 unterschritten wird, nicht genügend Sauerstoff für die Atmung vorhanden ist. Ist dagegen der Respirationswert grösser als 100, so ist der Sauerstoffbedarf für die Atmung reichlich gedeckt.

Wenn vielleicht auch diese Art der Betrachtungsweise für Seen von geringer Tiefe, in welchen die Kaltwasserschicht verhältnismässig wenig mächtig ist und die absoluten O_2-Beträge der Tiefe an sich gering sind, nicht besondere Vorteile bietet, so wollte ich doch gerne einmal den Versuch machen, die Sauerstoffverhältnisse eines kleinen Mittellandsees auch nach diesem Verfahren auszuwerten.

Für den Moosseedorfsee habe ich nun die Respirationswerte für die Zeitperiode von März 1938 bis März 1939, sowie die Monate November und Dezember 1939 errechnet. Diese sind in der sechsten Reihe der Sauerstofftabellen 1—12, 16 und 18 eingetragen und lassen sich folgendermassen interpretieren: Im März, April und Mai schöpft die Lebensgemeinschaft im ganzen Seeraum sozusagen aus dem Vollen. Besonders in den zwei ersten Monaten liegen die RW weit über 100. Im Juni sinken die RW bei 5 m Wassertiefe schon unter 100, während sie in den Monaten Juli, August und September im ganzen See unter 100 liegen. Erst im Oktober und November kommen die RW unter dem Einfluss der Herbstteilzirkulation (niedrigere Wassertemperaturen- bis in 6 und dann 7 m Tiefe wieder über 100. Unter dem Einfluss der voll-

ständigen Wasserdurchmischung sinken dann im Dezember die RW in der ganzen Wassermasse abermals unter 100, von der vorübergehenden, teilweisen Erholung ist also jetzt wieder ein „Rückfall" eingetreten. Während des grössten Teiles der Winterstagnation bleiben die RW unter der Norm, erst Ende Februar erhoben sie sich in den obersten Wasserschichten über den kritischen Punkt. Im März war dann wiederum ein vollständig normaler Zustand eingetreten.

Hervorzuheben ist, dass im Seeraum unter zirka 6 m Wassertiefe, also in zirka 30 % des gesamten Seevolumens, der RW neun Monate dauernd unter 100 bleibt, dass dagegen das Epilimnion im März, April und Mai einen sehr hohen, und im Juni, Oktober und November noch durchaus genügenden RW aufweist. Immerhin muss das Jahr 1938/39 hinsichtlich der Sauerstoffverhältnisse, wie oben schon festgestellt wurde, als besonders ungünstig bezeichnet werden. Aus den RW der Monate November und Dezember 1939 (Tabellen 16 und 18) ergibt sich nämlich, dass im Moment der beginnenden Herbstvollzirkulation der See sich bereits recht gut „erholt" hatte, so dass während der Winterstagnation 1939/40 ganz wesentlich bessere Verhältnisse geherrscht haben müssen, als im entsprechenden Zeitraum des vorigen Jahres. Die Dauer der Periode, in welcher der Seeraum unter zirka 6 m Wassertiefe einen RW unter 100 aufwies betrug im Seejahr 1939/40 nur sechs Monate (Juni—November).

Der RW bleibt somit in einem grossen Teil des Moosseedorfsees auch unter günstigen Verhältnissen während der Hälfte des Jahres unter der Norm. Für die Beurteilung des Moosseedorfsees als Nutzungsgut in fischereiwirtschaftlicher Hinsicht sind diese Verhältnisse massgebend. Bei geeigneter Besetzung (d. h. den Verhältnissen entsprechend geeigneten Fischarten [57]) wird es auch in diesem Gewässer weiterhin möglich sein, einen fischereiwirtschaftlich durchaus befriedigenden Ertrag zu erzielen, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass einer weiteren Beeinflussung des Sees durch Abwässer möglichst bald Einhalt geboten wird. Ein Fortbestehen der gegenwärtigen Zustände müsste auf die Dauer

[57]) Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Moosseedorfsee von jeher nur ein Hecht- und Karpfen-See gewesen ist und sich auch in Zukunft, in der Hauptsache wenigstens, nur für die Besetzung mit solchen Fischen eignen wird.

8. März 1938						7. April 1938					
T	Tp	O_2	S	%S	RW	T	Tp	O_2	S	%S	RW
0	8,4	10,2	7,6	133	213	0	11	9,7	7,3	132,4	173,3
2,5	5,0	8,5	8,4	100,7	244	2,5	8,3	9,9	7,6	126,7	285,2
5	4,2	7,5	8,6	86,7	229,7	5	7,0	8,3	8,0	103,7	199,6
8	4	7,5	8,2	91,2	239,3	7,5	7,0	8,1	8,0	100,6	193,3
10	4	7,2	8,6	82,9	229,5	10	6,0	8,3	8,2	100,8	216,3
15	4	8,0	8,6	90,4	256,6	15	5,4	7,4	8,2	84,9	196,4
21	4	7,1	8,6	82,2	227,5	21	5,1	7,0	8,4	83,4	199,2
11. Mai 1938						**8. Juni 1938**					
0	15	8,0	6,6	121,0	128,5	0	24	9,1	5,5	163,8	64,4
2,5	14,2	8,8	6,7	131,1	131,3	2,5	16,0	10,6	6,5	162,6	138,7
5	10,2	7,8	7,3	105,9	145,8	5	12,3	5,8	6,9	83,6	95,2
7,5	8,3	6,4	7,5	84,5	133,8	7,5	9,0	3,1	7,6	40,5	63,4
10	8,0	6,2	7,7	80,0	123,2	10	7,4	2,5	7,8	32,1	56,6
15	6,4	4,5	7,9	56,9	110,0	15	7,1	2,0	8,0	25,8	49,0
17,5	—	—	—	—	—	17,5	7,0	1,4	8,0	17,4	35,5
21	6,4	3,9	7,9	49,3	95,6	21	7,0	2,2	8,0	27,3	55,0
11. Juli 1938						**9. August 1938**					
0	19	8,0	6,0	136,2	90,5	0	23,3	8,1	5,6	144,5	62,8
2,5	17,2	6,0	6,3	94,7	70,5	2,5	20,3	7,3	5,9	122,2	65,5
5	14,1	1,8	6,7	26,8	27,0	5	14,1	0,8	6,7	12,8	13,5
7,5	9,3	1,4	7,3	19,0	26,0	7,5	9,4	0,8	7,5	10,5	15,6
10	8,1	1,0	7,7	13,4	22,4	10	8,1	0,5	7,3	6,5	11,5
15	7,2	0,8	7,9	10,3	19	15	7,3	0,7	7,9	9,0	15,0
17,5	7,1	1,0	7,9	12,8	22,5	17,5	7,3	0,7	7,9	9,4	17,0
21	7,0	0,9	7,9	12,0	16	21	7,1	1,2	7,9	15,8	30,0
14. September 1938						**26. Oktober 1938**					
0	20,0	6,9	5,9	116,7	66,5	0	11,3	6,0	6,9	86,9	105,0
2,5	16,4	6,3	6,3	99,2	76,4	2,5	11	6,0	7,1	82,9	108,1
5	15,0	2,8	6,6	42,3	33,8	5	11	6,0	7,1	85,1	109,0
7,5	10,1	1,0	7,3	13,6	19,0	7,5	11	5,1	7,1	72,0	91,1
10	8,3	0,8	7,5	11,6	18,6	10	8,3	2,7	7,4	36,7	58,2
15	7,3	0,8	7,7	10,9	19,3	15	7,3	1,4	7,6	18,8	33,0
17,5	7,3	0,7	7,7	9,6	17,0	17,5	7,2	1,2	7,8	16,0	17,4
21	7,1	0,7	7,9	9,6	18,1	21	7,2	1,8	7,8	23,2	42,4

9. November 1938						5. Dezember 1938					
T	Tp	O_2	S	%S	RW	T	Tp	O_2	S	%S	RW
0	9,2	5,3	7,6	69,2	105,5	0	7	2,9	7,9	36,4	68,3
2,5	9,1	5,1	7,6	66,6	104,4	2,5	6,4	2,7	7,9	34,7	67,2
5	9,0	5,1	7,6	66,9	105,5	5	6,4	2,9	7,9	36,8	71,2
7,5	9,0	5,1	7,6	67,7	106,0	7,5	6,4	2,8	7,9	35,6	68,7
10	8,4	3,9	7,6	50,9	81,0	10	6,4	2,8	7,9	35,3	68,3
15	7,3	1,7	7,6	22,2	38,7	15	6,4	2,8	7,9	36,5	69,3
17,5	7,2	2,1	8,0	26,1	48,5	17,5	6,4	2,8	7,9	36,9	72,3
21	7,2	1,6	8,0	20,8	38,7	21	6,4	2,7	7,9	35,8	68,5
6. Februar 1939						**14. März 1939**					
0	3	3,5	8,9	39,5	125,1	0	4,3	7,8	8,4	92,1	231,2
2,5	4	2,9	8,6	34,1	94,4	2,5	4,3	7,7	8,4	91,8	232,9
6,0	4	2,09	8,6	24,0	66,6	5	4,3	7,9	8,4	93,8	238,3
						7,5	4,3	7,7	8,4	91,8	232,0
						10	4,3	7,9	8,4	93,7	236,8
						15	4,3	8,1	8,4	95,9	242,7
						17,5	4,3	7,6	8,4	90,7	229,0
						21	4,3	7,6	8,4	90,0	227,0
16. Mai 1939						**20. Juni 1939**					
0	10,4	6,9	7,1	97,4		0	18	7,8	6,2	126,8	
2,5	10,2	7,0	7,3	96,7		2,5	15,1	8,7	6,6	131,6	
5	9,1	5,8	7,4	77,7		5	11,1	3,0	7,2	41,9	
7,5	7,2	5,3	7,8	68,4		7,5	7,4	2,4	7,7	31,1	
10	6,2	4,5	8,0	56,8		10	6,1	3,7	8,1	46,3	
15	5,2	5,3	8,2	64,7		15	5,3	2,2	8,1	27,7	
17,5	—	—	—	—		17,5	5,2	1,7	8,3	20,5	
21	5,1	4,4	8,2	53,2		21	5,2	2,3	8,3	28,4	
15. August 1939						**11. November 1939**					
0	21	9,5	5,9	162,7		0	9,2	6,2	7,5	82,6	124,7
2,5	17,4	8,7	6,2	138,7		2,5	8,0	5,5	7,7	71,9	130,7
5	13,4	2,8	6,8	41,1		5	7,4	5,1	7,7	63,2	110,0
7,5	8,1	1,5	7,8	20,0		7,5	7,4	4,4	7,7	57,2	99,5
10	6,4	1,1	8,0	14,6		10	7,2	4,2	7,9	53,0	97,5
15	6,1	1,4	8,2	17,3		15	6,2	3,4	8,1	42,3	85,6
17,5	6,0	1,1	8,2	13,8		17,5	6,1	3,4	8,1	41,9	86,6
21	5,4	1,0	8,2	12,7		21	6,1	3,7	8,1	45,7	95,7

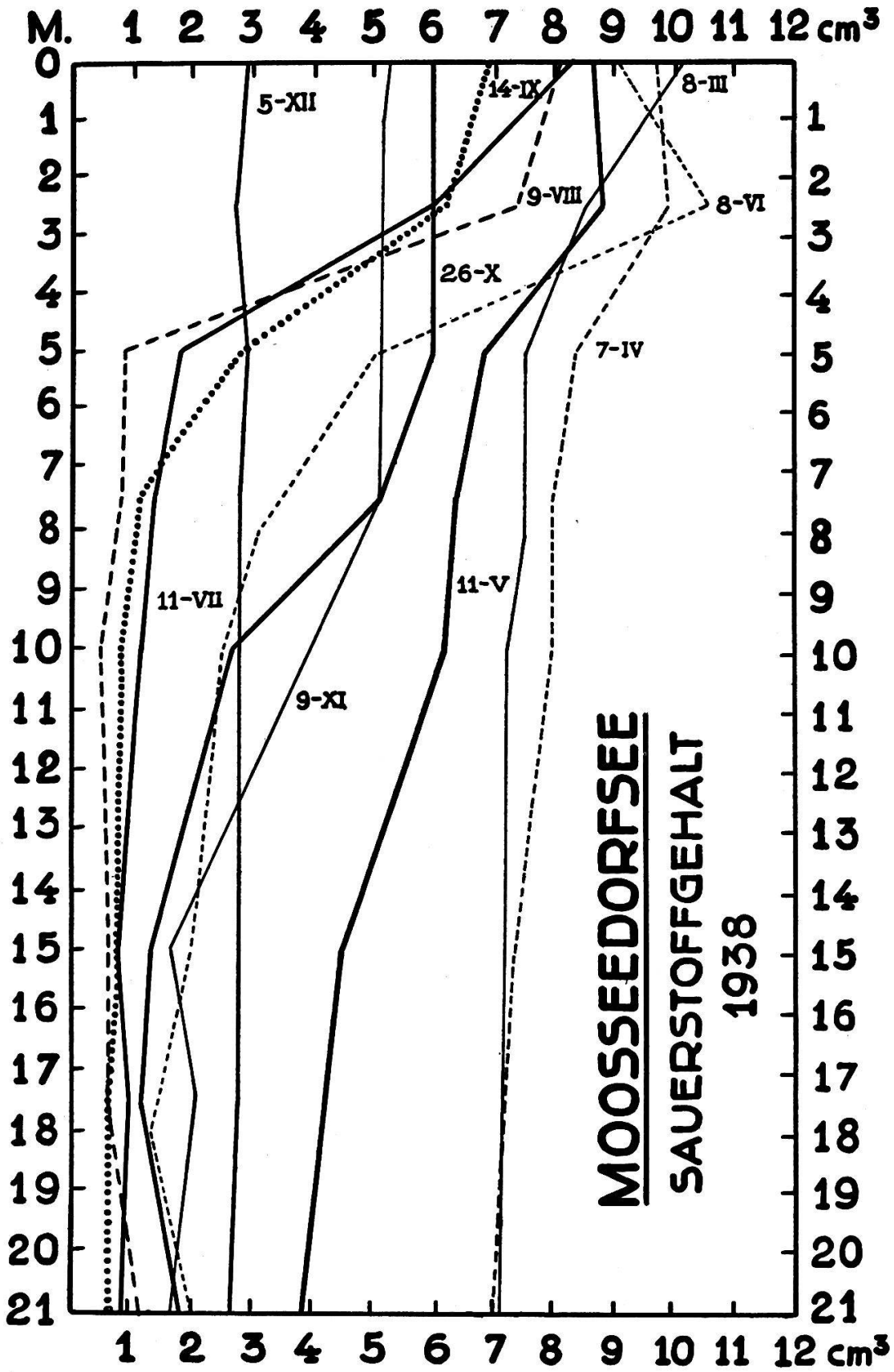
10. Dezember 1939						19. Dezember 1939					
T	Tp	O_2	S	%S	RW	T	Tp	O_2	S	%S	RW
0	5,4	4,5	8,1	56,3		0	4,35	4,6	8,3	55,7	139,3
2,5	5,4	4,4	8,1	54,9		2,5	4,35	4,7	8,3	56,2	140,8
5	5,4	4,6	8,1	56,4		5	4,35	4,6	8,3	56,0	139,5
7,5	5,4	4,6	8,1	56,6		7,5	4,35	—	—	—	—
10	5,4	5,2	8,1	64,7		10	4,35	4,6	8,3	56,2	127,9
15	5,4	4,7	8,1	58,0		15	4,35	4,9	8,7	57,1	149,1
17,5	5,4	4,6	8,1	56,4		17,5	4,35	4,8	8,3	57,3	143,3
20	5,4	5,0	8,1	62,0		21,0	4,35	4,7	8,3	56,8	142,9

T = Tiefe in Metern
Tp = Wassertemperaturen in Grad C
O_2 = Sauerstoffgehalt in cm^3/l
S = Sättigungswerte des Wassers mit Sauerstoff in cm^3/l, berechnet nach den Absorptionskoeffizienten von **Winkler** bei der Temperatur Tp für den Barometerstand auf Moosseedorfseehöhe
%S = Sauerstoffgehalt in Prozenten der Sättigung
RW = Respirationswert

den natürlichen Eutrophiezustand des Sees dermassen überhöhen, dass dadurch in kürzester Zeit sein Wert als Nutzungsgut stark beeinträchtigt würde. (Vergleiche hierzu auch das weiter unten bei pag. 204 Gesagte.)

Die Kieselsäure (SiO_2)

Bestimmend für den Kieselsäuregehalt eines Sees ist hauptsächlich die geologische Beschaffenheit des Einzugsgebietes der Flüsse und Bäche, die ihm zufliessen. Durch diese werden, besonders infolge der Auslaugung der weitverbreiteten Feldspäte, die in Lösung gebrachten kieselsauren Salze dem See zugeführt. Die Hauptkonsumenten, der im Seewasser gelösten Kieselsäure, sind die *Diatomeen,* welche diese Substanz zum Aufbau ihrer Panzer bedürfen. Beim Absterben lösen sich die Kieselsäureschalen der zarteren Formen schon während des Absinkens wieder auf, während jene der robusteren, härteren Formen, bis auf den Boden des Gewässers gelangen und erst dort zum Teil aufgelöst werden. Dies hat zur Folge, dass in der Tiefe eine meist etwas höhere SiO_2-Konzentration festzustellen ist. Der Kreislauf der Kieselsäure


M.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 cm³
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
5-XII
14-IX
8-III
9-VIII
8-VI
26-X
7-IV
11-VII
11-V
9-XI
MOOSSEEDORFSEE
SAUERSTOFFGEHALT
1938

innerhalb eines Gewässers wird also vorherrschend durch das Auftreten und wieder Vergehen der *Diatomeen*-Flora gesteuert.

Die vermittelst der Reaktion mit Ammoniummolybdatlösung kolorimetrisch durchgeführte Kieselsäure-Bestimmung WERESCAGIN (66 a) ergab für den Moosseedorfsee folgendes: Das nach der Vollzirkulation durchmischte Seewasser enthält 4,5—5 mg/l Kieselsäure. Es war dann interessant feststellen zu können, wie bei der beginnenden *Diatomeen*-Hochproduktion z. B. im Frühjahr (März) 1938 in der trophogenen Zone der Kieselsäuregehalt auf 3 mg/l sank, während er in den tieferen Wasserschichten (10 bis 20 m) mit 5—5,5 mg/l noch ungefähr normal war. Im April und Mai enthielten die Oberflächenschichten nur noch 1,8 mg/l SiO_2. Durch die enorme *Diatomeen*-Produktion waren von der Frühlingsvollzirkulation an bis Mitte Mai, also in $2^1/_2$ bis 3 Monaten dem Seewasser zirka neun Tonnen Kieselsäure entzogen worden.[58]) Späterhin, mit dem Abklingen der *Diatomeen*-Hochproduktion, „erholten" sich die an Kieselsäuregehalt erschöpften Schichten zusehends, um bei einsetzender Herbstteilzirkulation wieder auf ihren normalen Kieselsäuregehalt zu gelangen. Im folgenden Jahr trat, entsprechend der bedeutend weniger wuchtig einsetzenden *Diatomeen*-Entfaltung, die oben beschriebene Kieselsäureverarmung des Epilimnions weniger frapant in die Erscheinung, auch waren im ganzen See mitunter höhere Kieselsäuregehalte festzustellen. Meine Analysenresultate zeigten SiO_2-Werte von 7—9 mg/l. Auf jeden Fall ist hier der Zusammenhang zwischen *Diatomeen*-Entwicklung und Kieselsäuregehalt des Seewassers deutlich nachweisbar.

Ammoniak (NH_3) [59])

Ammoniak wird vorzugsweise als Stoffwechsel- und Zerfallsprodukt der biozoenotischen Fauna und Flora am Seegrund gebildet. Es ist das Mineralisationsprodukt aller tierischen und pflanzlichen Stoffwechselausscheidungen, sowie der Tier- und

[58]) Bei dieser Berechnung ist der verschiedene SiO_2-Gehalt der einzelnen Tiefenstufen berücksichtigt.

[59]) Die Bestimmung des Ammoniaks und des Eisens erfolgte kolorimetrisch vermittelst Nessler-Reagens resp. Kaliumrhodanid und unter Anwendung des Lunzer-Kolorimeter-Komparator. (Vgl. v. BÜREN 12, pag. 84 und 86.)

Pflanzenleichen, die ihren gesamten Stickstoff durch mikrobiologische Vorgänge als Ammoniak in die unbelebte Natur übertreten lassen. Alle diese Zersetzungsvorgänge spielen sich hauptsächlich im Schlamm ab, von wo die Endprodukte derselben in die der Schlammfläche nächstliegenden Wasserschichten diffundieren, so dass am Ende der Sommerstagnation im Moosseedorfsee dort Konzentrationen von 0,8—2,7 mg/l NH_3 erreicht werden können. Bei fortgeschrittener Herbstteilzirkulation und bei der Herbstvollzirkulation gelangt dieser Stoff in nachweisbaren Mengen auch in das Meta- und Epilimnion, 0,01—0,36 mg/l, während in der übrigen Zeit das Ammoniak dort nur in Spuren festzustellen ist. Während der Winterschichtung, bei relativer thermischer Stabilität und genügendem Sauerstoff [60]) kann nun der Nitrifikationsprozess einsetzen, der das Ammoniak in Nitrate überführt, wodurch der Stickstoff dem Stoffkreislauf des Sees wieder zugeführt wird. Den Nitraten [61]) kommt als Pflanzennährstoffen nämlich insofern eine besondere Bedeutung zu, als sie den Pflanzen (Phytoplankton) die grösste Menge des notwendigen Stickstoffes in löslicher Form zur Verfügung stellen.

Das Eisen

In den oberen Wasserschichten ist bei Gegenwart von Sauerstoff Eisen in gelöster Form nicht zu erwarten, da es dort in dreiwertiges unlösliches (Ferri) Hydroxyd übergeht. Dagegen konnte auch im Tiefenwasser des Moosseedorfsees, vermittelst der Rhodankalium-Reaktion kolorimetrisch, zur Zeit der geringsten Sauerstoffspannung, gelöstes Eisen in Konzentration von 0,09—0,2 mg/l FeO_2 festgestellt werden. Bei den Zirkulationsperioden gelangt nun wieder Sauerstoff in das Hypolimnion und das dort in Lösung vorhandene Eisen wird als Hydroxid ausgefällt, so dass mit den sich niederschlagenden Eisenorganismen [62]) im Lauf der Zeit auf dem Seeboden eine beträchtliche Anreicherung von Eisenkarbonat

[60]) In der Regel sind im Winter die die Nitrifikation fördernden Bakterien häufiger im Wasser vorhanden als im Sommer, zu welcher Zeit sie durch das intensive Licht geschädigt werden.

[61]) Von manchen Autoren wird sogar der Nitratstickstoff als Minimumfaktor bezeichnet.

[62]) In den Niederschlägen findet man meist nur die leeren röhrenförmigen Eisenhydroxydscheiden, in denen die Bakterienzellen nicht mehr vorhanden sind.

herbeigeführt wird. Die Gegenwart von Schwefelwasserstoff H_2S über dem Seeboden gibt auch im Moosseedorfsee zur Bildung von schwarzem Schwefeleisen Anlass.

Die Verhältnisse sind im Hinblick auf die Eisenorganismen, speziell der im Moosseedorfsee sehr häufig vorkommenden *Leptothrix ochracea*, von Interesse. Dieser Organismus, der wie alle Eisenbakterien befähigt ist, seine Lebensenergie aus anorganischen Stoffen (Eisensalze) zu schöpfen, findet am Seegrund und bis an die obere Grenze des Hypolimnions, wo ihm bei einer geringen Sauerstoffspannung auch Ferroverbindungen zur Oxydation zur Verfügung stehen, die geeignetsten Lebensbedingungen.[63])

II. Die biologischen Verhältnisse

Plankton

Bis jetzt war nur das Zooplankton des Moosseedorfsees eingehender erforscht. So hat STECK (61) das gesamte Zooplankton untersucht. LA ROCHE (30) hat speziell die *Copepoden* dieses Gewässers behandelt, während SCHREYER (57) in seiner Arbeit über die *Rotatorien* der Umgebung von Bern besonders auch dem Jahreszyklus der planktischen *Rotatorien* des Moosseedorfsees seine Aufmerksamkeit schenkte.

Die Vertreter des Phytoplanktons sind dagegen in den oben genannten Arbeiten nur beiläufig erwähnt worden, und über das zeitliche Auftreten der einzelnen Gattungen und Arten ist so gut wie nichts bekannt. Um ein möglichst vollständiges Bild auch über die Zusammensetzung der pflanzlichen Schwebeflora des Moosseedorfsees zu gewinnen, habe ich im Zeitraum von etwas über drei Jahren (März 1938 — Juni 1941) monatlich mindestens einmal Vertikalzüge[64]) ausgeführt. Diese sind in der Seemitte,

[63]) Es ist zwar gelungen, manche Eisenorganismen in Reinkultur ohne nachweisbare Mengen von Eisenverbindungen zur normalen Entwicklung zu bringen, was die Vermutung nahe legt, dass es sich um fakultativ autotrophe Organismen handelt. Dies ändert aber an der Tatsache nichts, dass diese Organismen in der Natur trotzdem eisenhaltige Standorte bevorzugen. Die Verbindung heterotropher Lebensweise gelegentlich mit Anaerobiose wird durch meine Feststellungen im oben Gesagten bestätigt.

[64]) Das von mir verwendete Planktonnetz aus Müllergaze Nr. 25 (6000 Maschenöffnungen pro cm^2) hat bei einem Durchmesser von 15,5 cm eine Oeffnung von 188,7 cm^2 Fläche und filtriert somit aus einer Tiefe von 18 m heraufgezogen eine Wassersäule von rund 340 Liter.

d. h. über der tiefsten Stelle, gemacht worden und reichten bis in die Tiefe von 18 m.

Das Zooplankton ist selbstverständlich mit registriet worden. Einen Teil des Fanges (es wurden meist mehrere Züge ausgeführt) fixierte ich sofort mit Formalin oder einer Mischung von Formalin-Holzessig (100 : 5 Volumteile), womit besonders gute Resultate erzielt werden. Den andern Teil mikroskopierte ich gleich nach der Rückkehr, um eine erste Bestimmung der Organismen möglichst an noch lebendem Material vornehmen zu können.

Die Phytoplankter des Moosseedorfsees mit Bemerkungen über ihre Morphologie und Biologie

Schizophyceen

Oscillatoria rubescens DC.[65]) Burgunderblutalge.

In den Sommermonaten 1938 waren keine oder nur vereinzelte *Oscillatoria* Trichome im Moosseedorfseeplankton zu finden. Im September konstatierte man bereits eine leichte Zunahme, während dieser Organismus in den folgenden Monaten zur Dominanz gelangte. Im Dezember bildete er eine Wasserblüte, so dass in ruhigen Buchten die Wasseroberfläche von einer dicken rötlichbraunen, rahmartigen Masse überzogen war. Unter der Eisdecke[66]) im Januar und Februar 1939 hatte das Wasser infolge der ungeheuren Mengen von *Oscillatorien* eine ausgesprochen rote Färbung, die sogar so stark war, dass ausgegossenes Wasser auf dem Eisfeld schmutzig-rote Flecken erzeugte. Nach dem Eisbruch, und noch bis Ende März, war die Erscheinung der Wasserblüte vorhanden. Die Burgunderblutalge blieb den ganzen Sommer 1939 im Plankton dominierend und zeigte erst im Spätherbst einen starken Rückgang; sie hatte also während fast einem Jahr das Planktonbild beherrscht. Im Jahr 1940 zeigte sie ein ganz ande-

[65]) Betreffend die Morphologie und namentlich die Physiologie dieser interessanten Schizophycee, verweisen wir auf die vorzügliche, wie mir scheint viel zu wenig beachtete Untersuchung von CHODAT: Sur la structure et la biologie de deux Alges pelagiques (I. Botryococcus Braunii Kuetz, II. Oscillatoria rubescens DC.), 22 S., 1 Tab. — Journ. de Botanique 1896.

[66]) L. GEITLER bezeichnet O. rubescens in PASCHER's Süsswasserflora 12, p. 369, als Kaltwasserform, die im Winter oft unter dem Eis das Wasser rot färbt.

res Verhalten, es waren meist nur vereinzelte Trichome im Plankton zu bemerken, und in den Sommermonaten war sie sogar fast vollständig verschwunden. Erst im Oktober konnte man plötzlich eine starke Zunahme feststellen, es handelte sich aber nur um ein sehr vorübergehendes Aufflackern. Die Burgunderblutalge war bekanntlich von jeher für den Murtensee charakteristisch, wo sie zuerst im Jahre 1825 festgestellt worden ist. Später ist sie auch auf verschiedenen anderen Schweizerseen erschienen, 1894 fand sie BACHMANN im Baldeggersee, 1896 trat sie im Zürichsee, 1898 im Hallwilersee auf, überall offensichtlich als Folge zunehmender Eutrophierung. Wann diese *Schizophycee* zuerst auf dem Moosseedorfsee aufgetreten ist, wissen wir nicht, da die früheren Autoren sie nicht erwähnen. Herr R. UTIGER hatte zwar die Erscheinung der rötlich-rahmartigen Wasserblüte auch früher gelegentlich beobachtet. Auch hier ist sie ein untrügliches Anzeichen zunehmender Verschmutzung und ist hinsichtlich der Fischerei dem Gewässer schädlich. Das massenhafte Auftreten von *Oscillatoria* schädigt die Fische direkt und auch indirekt, indem durch die Zersetzung der absterbenden Trichome der Sauerstoffschwund stark gefördert wird.

Die Tatsache, dass diese Alge zeitweise stark zurückgeht, vorübergehend auch fast ganz aus dem Plankton verschwinden kann, ist bekannt. So hat z. B. RIVIER (52) während sie den Murtensee untersuchte, von April 1934 bis Juni 1935 *Oscillatoria rubescens* nicht beobachtet. Im Juli machte sich die Alge bereits bemerkbar, im September verursachte sie eine „Wasserblüte", um aber schon im November desselben Jahres stark abzunehmen.

Als ich in den Jahren 1933 bis 1937 regelmässig Planktonproben aus dem Amsoldinger- und Gerzensee untersuchte, bemerkte man in diesen Seen nichts von einer *Oscillatoria rubescens* Invasion.

Ausser der Gattung *Oscillatoria* scheinen die eigentlich planktischen *Schizophyceen* im Moosseedorfsee keine sehr bedeutende Rolle zu spielen. Von Juli bis November finden sich *Microcystis aeruginosa Kg.*, gelegentlich auch *Aphanocapsa Nägelii* und oft sehr zahlreich auftretend *Chroococcus Nägelii*. Während der Monate Oktober bis Dezember 1938 erschienen zahlreiche Kolonien von *Gomphosphaeria aponica Kg.*, die dadurch charakterisiert sind, dass die von einer Hülle umgebenen Einzelzellen am Ende

dicker, verzweigter, hyaliner Gallertstielchen sitzen. Im Januar 1939 fand sich dieser merkwürdige Organismus nur noch vereinzelt, um dann nochmals im Juli in etwas grösserer Menge aufzutauchen.

Coelosphaerium Naegelianum Ung. haben wir im Oktober- und November-Plankton angetroffen.

Flagellaten

Chrysomonaden

Mallomonas caudata Iwanoff erscheint im September um Ende Februar wieder aus dem Plankton zu verschwinden. Von November bis Januar ist dieser Plankter in grosser Menge vorhanden, auch vom Vierwaldstättersee berichtet BACHMANN (2, p. 42), dass *Mallomonas* das Maximum seiner Entwicklung in diesen Wintermonaten erreicht.

Synura uvella Ehrenberg ist zahlreich im September und Oktober, wenig zahlreich oder nur spärlich vorhanden im August und November.

Uroglena volvox Ehrenberg tritt mit grosser Regelmässigkeit im Spätsommer von August bis Oktober im Moosseedorfsee auf. In den Jahren 1938 und 1939 dominierte dieser Organismus im September, und Oktober war er noch codominierend. Im Sommer 1940 gelangte *Uroglena* schon im August zur Codominanz und war im September noch sehr zahlreich vorhanden. Die kugeligen oder etwas ellipsoidischen, durch Gallertstielchen zusammengehaltenen Zellkolonien, leben hauptsächlich in den oberen Wasserschichten, wo sie eine starke Trübung und bräunliche Vegetationsfärbung verursachen. Aus seinem Milieu entnommen, zerfällt dieser Organismus sehr bald, auch ist eine befriedigende Konservierung kaum möglich, so dass sein Studium an frischem, lebendem Material unerlässlich ist.

Dinobryon. Die Vertreter dieser Gattung erscheinen erst im Mai um spätestens im Oktober wieder zu verschwinden und werden dann in der Zwischenzeit im Plankton nicht mehr gefunden. Auffallend bei *Dinobryon* im Moosseedorfsee ist der rasche Aufstieg zur Hochproduktion, dem ein ebenso rascher Rückgang und vollständiges Verschwinden folgt.

D. divergens Imh. zum Teil auch mit der *var. angulatum* kommt

meist im Juni zur Massenentfaltung, sehr oft habe ich die Bildung von Cysten beobachtet. Von Juni bis August fand sich auch *D. sociale Ehrenb.* mit einer Hochproduktion im Juli.

D. stipitatum Stein. erschien im August 1940 in grosser Menge. *D. sertularia Ehrenb.* im September 1938.

Beim massenhaften Auftreten von *Dinobryon* wird das Wasser meist gelblich-grün verfärbt, aber ausserdem verursacht die Anwesenheit dieses Organismus eine erhebliche Verringerung der Durchsichtigkeit des Gewässers, also eine eigentliche Vegetationstrübung.

Hier sei noch erwähnt, dass die *Dinobryon*-Kolonien ebenfalls sehr vergängliche Gebilde sind, da sich die Tochtergehäuse meist sehr bald aus dem Verband lösen. Eine möglichst rasche Untersuchung des Materials ist daher auch hier dringend zu empfehlen, da der Habitus der Kolonie für die sichere Bestimmung unerlässlich ist.

Peridinium cinctum (Müll.) Ehrenberg ist im Moosseedorfsee eine sehr häufige *Peridinee,* die von April bis September, zuweilen noch im Oktober gefunden wird. Ihre Hauptproduktion fällt in den Juni, zu welcher Zeit sie im Plankton vorherrschend sein kann.

Im Juli und August erscheint ausserdem, und zwar oft ziemlich zahlreich, ein kleines *Peridinium* im Plankton, es handelt sich wahrscheinlich um *Peridinium pusillum (Penard) Lem.*

Ceratium hirundinella O.F.M. ist im Moosseedorfsee kein perennierender Plankter. Er erscheint im Juni oder erst im Juli (z. B. im Jahre 1938), und zwar ist er vom Anfang seines Erscheinens bis im September in grosser Individuenzahl vertreten. Im Oktober macht sich eine starke Abnahme geltend, und am Ende dieses Monats ist die Dinoflagelate in den Planktonpräparaten nicht mehr anzutreffen. Die Hauptentwicklung von *Ceratium* fällt also auch hier, wie in vielen anderen Seen, in die warme Jahreszeit. Die Form, in der *Ceratium* im Juni und Juli auftritt, ist durchweg vierhörnig (Apicalhorn und drei Antapicalhörner). Diese Individuen zeichnen sich durch ihre schlanke Gestalt und ihre langen, gut ausgebildeten, nicht selten sogar etwas konvergierenden Hinterhörner aus. Von August an (im Jahre 1940 erst von September an) sind die dreihörnigen Formen vorherrschend, bei vielen Exemplaren sind zwar noch stummelförmige Ansätze zum dritten Hin-

terhorn (akzessorisches Horn) mehr oder weniger deutlich wahrzunehmen, vierhörnige *Ceratien* dagegen treten von diesem Zeitpunkt an ganz zurück. Zu bemerken ist noch, dass die *Ceratien* des Vorsommers grösser sind als jene, die im Herbst erscheinen. Wie sich die Längenverhältnisse im einzelnen gestalten ergibt sich aus der hier folgenden Zusammenstellung der Masse für den Ablauf des Entwicklungscyklus im Sommer 1939:

	Höhe [67])	
	Mittelwerte	Extremwerte
20. Juni vierhörnige *Ceratien*	311 μ	279—345 μ
13. Juli vierhörnige *Ceratien*	282 μ	270—306 μ
15. August dreihörnige, einige Exemplare mit Rudimenten des dritten aczessorischen Hinterhornes	246 μ	210—294 μ
20. September dreihörnige *Ceratien* . . .	246 μ	225—282 μ
19. Oktober dreihörnige *Ceratien*	244 μ	210—270 μ

Bekanntlich sind die Grössenverhältnisse der *Ceratien* ausserordentlich variabel, ihre Länge bewegt sich zwischen 90—400 μ. In einem Gewässer ist aber nicht die ganze Variationsbreite der Zell-Länge vertreten, sondern sie ist meist mehr oder weniger eng begrenzt. Vergleicht man die *Ceratien* aus dem Moosseedorfsee mit den Grössenordnungen von *Ceratien* aus verschiedenen Schweizerseen, so erweisen sich diese als recht stattliche Formen. Beispielsweise im Oktober, kurz vor ihrem Verschwinden im Plankton des Moosseedorfsees, sind sie noch grösser als die grossen Winterformen im Genfersee, deren Länge im Mittel nach BAUDIN (4, pag. 40) in Planktonproben von 1915/16 240 μ, nach meinen Messungen, in Material vom 16. Februar 1941 (Wassertemperatur 5,2° C.) 238 μ beträgt. (Vergleiche hierzu die Zusammenstellung der Zellgrössen von *Ceratium* aus Seen der Schweiz und des Auslandes bei BACHMANN (2, pag. 69—72).

Hier sei noch erwähnt, dass ich im Moosseedorfsee von *Ceratium cornutum Clap.* et *Lachmann* kein einziges Exemplar angetroffen habe. Diese Spezies ist allerdings vorzugsweise ein Bewohner seichter Gewässer. So fand ich beispielsweise im kleinen, 2 km nördlich von Châtel St. Denis (Kt. Freiburg) gelegenen Lac de Lussy, der nach meinen Lotungen eine maximale Tiefe von nur

[67]) Höhe = Distanz zwischen den Enden der grössten Hörner.

5 m hat, am 29. August 1941 *C. cornutum* bei einer Wassertemperatur von 17—18° C. ziemlich häufig im Plankton.

Diatomeen

Synedra acus Kütz.

Diese planktische *Synedra* mit ihren schmal-lanzettlichen Schalen ist von KOLKWITZ mit Recht als die Nadel bezeichnet worden. Für den Moosseedorfsee ist sie ein ausserordentlich charakteristischer Plankter, der jahraus, jahrein in allen Planktonproben mehr oder weniger zahlreich zu finden ist.

In den Jahren 1938 und 1939 hatte dieser Organismus von März bis Juni-Juli eine Hochproduktion, im Jahre 1940 hauptsächlich von August bis Dezember. Durch eine sehr eingehende Analyse des gesamten *Synedra*-Materials (zahlreiche Messungen und Vergleiche von Schalenpräparaten in Styrax) bin ich zur Ueberzeugung gelangt, dass hier ein Gemisch von *S. acus* und der Varietät *angustissima Grun.* vorliegt. So bildete *S. acus* Kütz im August 1940 einen reinen Bestand, damals stellte ich eine mittlere Länge der Zellen von 206 μ fest, die Extremwerte betrugen 192 und 285 μ, die Breite der Schalenmitte 3—3,5 μ. Bei *S. acus* var. *angustissima Grun.* handelt es sich um eine besonders lange, nadelförmig gestreckte Form, die möglicherweise sogar im Moosseedorfsee vorherrschend ist (Bildtafel II, Fig. 3 u. 4). Für diese Varietät habe ich in Planktonproben vom März 1938 die folgenden Masse erhoben: Mittlere Zellänge 296 μ, Extremwerte 315—360 μ, Breite in der Schalenmitte 2,5 bis 3 μ. (Siehe die Monographie über Synedra von GEMEINHARDT, 18.)

Stephanodiscus Hantzschii Grun.

Erscheint im März in grosser Menge, um nach kurzer Zeit, 2—3 Wochen, wieder zu verschwinden. Die Regelmässigkeit im Zeitpunkt des Auftretens, sowie die Kürze der Vegetationszeit, ist im Moosseedorfsee für diesen Plankter ausserordentlich charakteristisch. Sein Vorkommen weisst auf einen stark eutrophen Zustand des Sees hin.

Stephanodiscus astraea (Ehrb.) Grun., diese grosse, zentrisch gebaute Diatome mit ihren schönen, fein struktierten Schalen, habe ich im Plankton wiederholt gefunden, ohne aber über ihr zeitliches und mengenmässiges Vorkommen nähere Angaben machen zu können. Sie ist möglicherweise im See häufiger, als

die Analysen der Planktonproben vermuten lassen, denn ich fand sie oft lebend im Plattenaufwuchs, sowie ihre Schalenreste im Grundschlamm.

Asterionella gracillima (Hantz) Heib.

Asterionella kommt das ganze Jahr im Moosseedorfsee vor, wenn auch in sehr ungleicher Menge. Im Jahr 1938 war die Sternalge, mit Ausnahme von Juni, immer häufig im Plankton vertreten, von August—November sogar dominierend oder codominierend. Im August und November mit *Synedra*, im September und Oktober mit *Uroglena*. *Asterionella* trat hauptsächlich in Form achtzelliger[68]) Kolonien auf, während im Dezember vierzellige vorherrschten. Im Frühjahr fanden sich die grössten Zellen, sie massen 57—60 μ Länge; im Lauf des Sommers sind sie kleiner geworden, so dass die Zellen der vierzelligen Kolonien im Dezember nur noch 45—48 μ lang waren. Erwähnt sei noch, dass im November 1938 die achtzelligen *Asterionellen* die Neigung hatten, Zickzackketten zu bilden. Während der weiteren 2½jährigen, kontinuierlichen Beobachtung des Planktons habe ich die Kettenbildung dieser Planktonalge nicht wieder beobachtet.

In den Jahren 1939, 1940 und auch im letzten halben Beobachtungsjahr verhielt sich *Asterionella* in jeder Hinsicht immer wieder ganz verschieden. Hier seien kurz die diesbezüglichen Beobachtungen für die einzelnen Jahre resümiert. Daraus wird hervorgehen, wie vorsichtig man mit Verallgemeinerungen betreffs des Verhaltens eines Organismus auch in ein und demselben See sein muss.

Im Jahre 1939 codominierte *Asterionella* von März bis Mai mit *Synedra*. Von Juli bis September war sie nur spärlich im Plankton vertreten, um aber im Oktober und November wiederum stark zuzunehmen und im Dezember mit *Mallomonas caudata* zur Codominanz zu gelangen. Vierzellige Kolonien traten während des ganzen Jahres neben den achtzelligen sehr häufig auf, von März bis Mai herrschten sie vor, im November und Dezember dagegen gelangten vier- und achtzellige *Asterionellen* ungefähr im gleichen Mengenverhältnis zur Ausbildung. Die längsten Zellen mit

---

[68]) Mehr als 8zellige Asterionellen habe ich gelegentlich zu Zeiten ihrer Hochproduktion beobachtet, z. B. 10- und 14zellige, sogar 16zellige. Im letzteren Fall war die Kolonie in einer flachen Schraubenlinie angeordnet.

75 μ fanden sich im Mai, im Herbst und Winter waren sie kürzer, nur 69 μ.

Im Jahre 1940 codominierte die Sternalge von Januar bis April weiter mit *Mallomonas*. Von August bis September war sie sehr spärlich. Im September und den folgenden Monaten war wiederum eine starke Zunahme festzustellen, was im Dezember abermals zur Vorherrschaft dieser Planktonkieselalge mit *Mallomonas* führte. Vierzellige Kolonien erschienen in diesem Jahr noch ganz bedeutend häufiger als im vorigen, so waren sie in den Monaten Februar bis April, dann wieder im Juli und August, sowie im November vorherrschend. In dieser Vegetationsperiode waren die Schwankungen der Zellängen nur unbedeutend, ihre mittlere Länge war bei 66 μ.

Von Januar 1941 an setzte ein andauernder Rückgang von *Asterionella* ein, so dass im Juni, als die Untersuchungen abgebrochen wurden, in zahlreichen untersuchten Planktonproben keine Sternalgen mehr gefunden werden konnten, ebenfalls nicht in einer Stichprobe, die noch im Juli gefasst worden war.

Nach diesen letzten Beobachtungen wird es also sogar fraglich, ob *Asterionella* im Moosseedorfsee unbedingt als perennierender Plankter angesehen werden kann.

Im Amsoldingersee war die Sternalge während der Jahre meiner Untersuchungen von 1933 bis 1937 hauptsächlich in den Wintermonaten zu finden, während sie im Gerzensee (Untersuchung von 1933 bis 1935) überhaupt nicht vorzukommen scheint.

Die *Cyclotellen* sind im Moosseedorfsee-Plankton von Mai bis August hauptsächlich durch *Cyclotella comensis Grun.* und *C. comta (Ehr.) Kg.* vertreten. Im Juni sah ich sie mit *Asterionella, Dinobryon* oder *Peridinium* codominieren, im August gelegentlich mit *Synedra*. Weniger häufig sind *C. melosiroides (Kirch.) Lemm.* und *C. Schroeteri*.

Auffallend ist, dass im Lauf der 3½jährigen Untersuchung kein einziges Exemplar von *Melosira* in den Planktonpräparaten gesichtet werden konnte, da sonst Vertreter dieser Gattung für kleine eutrophe Gewässer charakteristisch sind. Ebenso scheint hier *Tabellaria fenestrata var. intermedia Grun*, die im Amsoldinger- und Gerzensee häufige Plankter sind, zu fehlen.

Ganz vereinzelt nur finden sich dann und wann Bänder von *Fragillaria capucina Desmazières*.

Conjugaten und Chlorophyceen

Einige Chlorophyceen sind im Plankton des Moosseedorfsees vereinzelt fast das ganze Jahr hindurch anzutreffen, so z. B. *Scenedesmus quadricauda (Turp.) Breb.* nebst der var. *bicaudatus Hansg.*, *Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs* und *Staurastrum gracile Ralfs.* Ihre maximale Entwicklung fällt jedoch in den Sommer und Herbst, d. h. von Juni bis gegen November. Dazu gesellen sich in diesem Zeitraum *Oocystis elliptica West*, die von Juni bis Oktober relativ häufig ist.

Dagegen kommen immer nur vereinzelt vor:

Coelastrum microsporum Nägeli, Pediastrum Tetras (Ehrenb) Ralfs im Juli und August, *Tetraedron minimum (Al. Braun) Hansg.* im Juli und August, *Sphaerocystis Schroeteri Chod.* und *Eudorina elegans Ehrenb.* gelegentlich.

Als Tychoplankter, der zeitweise ziemlich häufig vertreten ist, nennen wir *Closterium acerosum (Schrank) Ehrenb.*

Trotz meiner eifrigen Nachforschung nach *Botryococcus Braunii Kg. (Heterocontae)* fand ich kein Exemplar von diesem interessanten Organismus, so dass er also hier zu fehlen scheint.

Bakterien

Hier sind noch zwei Bakterien zu erwähnen, die zwar nicht zum eigentlichen Plankton gehören, aber doch recht oft in diesem vorkommen. Beide Organismen leben im Aufwuchs oder im Schlamm und gelangen erst von da sekundär in das Plankton. Es handelt sich um die *Chlamydobakterie* (Scheidenbakterie) *Leptothrix ochracea Kg.* und die *Thiobakterie* (Schwefelbakterie) *Beggiatoa alba (Vaucher) Trevis.*

Fast jede Wasserprobe, die im Moosseedorfsee über Grund gefasst wird, enthält in mehr oder weniger grosser Menge Okerbakterien *Leptothrix ochracea*, die sich nach kurzer Zeit als braune, flockige Massen am Boden des Schöpfgefässes niederschlagen. Im nährstoffreichen Grundschlamm findet dieser Organismus, anscheinend zur Zeit der geringsten Sauerstoffspannung, am Ende der Stagnationsperiode, bei einem pH von 7,3—7,2 die ihm am besten zusagenden Entwicklungsbedingungen. Gelegentlich, und besonders nach der Herbstvollzirkulation, gelangt diese Scheidenbakterie auch in den gesamten Wasserkörper des Sees. So war sie z. B. im Herbst 1940 in grosser Menge im Plankton vorhanden und

dominierte in den Wintermonaten Januar und Februar 1941 vollständig. Bei der Untersuchung des Materials findet man meist nur leere Scheiden mit einem dichten braunen Belag von ausgeschiedenem Eisenoxydhydrat $Fe_2(OH)_6$, und man muss nach jüngeren Fäden suchen, um dort in der Scheide die Reihen stäbchenförmiger Zellen zu finden, die sich nach Färbung mit Gentianaviolett besonders deutlich sichtbar machen lassen.

Ferner findet man in den Wintermonaten von November bis Februar regelmässig, aber immer nur vereinzelt, Fadenstücke von *Beggiatoa alba (Vaucher) Trevis* im Plankton. Diese Schwefelbakterie lebt ebenfalls auf dem Grundschlamm, wo sie sich besonders gut am Ende der Sommerstagnation entwickelt, zu welcher Zeit in den bodennahen Wasserschichten immer etwas Schwefelwasserstoff vorhanden ist, dessen Anwesenheit für das Gedeihen echter Schwefelbakterien Grundbedingung ist. Durch die herbstliche Vollzirkulation werden dann die *Beggiatoa*-Fäden in alle Wasserschichten des Sees getragen, so dass wir es also auch hier mit einem eigentlichen Tychoplankter zu tun haben.

Einige Bemerkungen zum Zooplankton des Moosseedorfsees

1. Ciliaten

Coleps hirtus O. F. Müller. Das Tönncheninfusor tritt von Juli bis Dezember im Plankton auf. Im Oktober und November kann vorübergehend *Coleps* in so enormer Menge auftreten, dass dieser kleine Ciliat das Planktonbild fast vollständig beherrscht und sogar, weil er von Zoochlorellen [69]) vollgepfropft ist, mitunter die Wasserfarbe stark beeinflusst. Auch anderwärts, z. B. im Lac d'Annecy, ist ein Massenauftreten von Ciliaten beobachtet worden.

Ausserdem habe ich öfters im freien Plankton Kolonien von *Vorticellen, Carchesium* und *Epistylis rotans* angetroffen, es sind zwar keine echt planktischen Protozoen, sie sind Epizoen, die an

[69]) Es ist bekannt, dass manche Protozoen Träger von Symbionten sind. Als solche kommen hauptsächlich grüne Algenzellen in Frage, die der Ordnung der Protococcales angehören. Die Algenzellen liefern dem Träger Sauerstoff und Kohlehydrate, in Hungerkulturen werden diese mitunter wohl auch verdaut. Jedoch haben Kulturversuche gezeigt, dass der Symbiont für die Mehrzahl der Protozoen, worunter auch Coleps gehört, durchaus keine Lebensnotwendigkeit ist.

Pflanzen und auch an planktischen *Copepoden* und *Cladoceren* festsitzen, wo sie gewissermassen passiv planktisch leben (Planktonepibionten nach Schröder) und so den Vorteil haben, zu sauerstoffreichem Wasser und zur Nahrungsquelle hingetragen zu werden.

Trichodina, die Polypenlaus, fand sich ebenfalls in vereinzelten Exemplaren frei im Plankton.

2. Rotatorien (Rädertiere)

Betreffend dieser Tiergruppe verweisen wir auf die Arbeit von O. SCHREYER, Die Rotatorien der Umgebung von Bern, Inaug. Diss. Bern 1920 und Revue d. gesam. Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. IX, 1921 (57). In dieser Arbeit ist im 7. Kapitel des biologischen Teils, p. 91 u. ff., das Rotatorienplankton des Moosseedorfsees im Lauf eines Jahres (September 1917 bis September 1918) in systematischer, temporaler und statistischer Hinsicht verarbeitet. (Vergl. die Tabelle 1 und 2 sowie die Tafeln XI und XII dieser Arbeit.)

Diejenigen, die sich über die Formgestaltung dieser interessanten Tierklasse zu orientieren wünschen, möchten wir auch auf die ausgezeichneten Abbildungen bei E. F. WEBER, Faune rotatorienne du Bassin du Léman, hinweisen. Revue Suisse de Zoologie, Bd. V, 1898.

3. Cladoceren (Phyllopoden)

Bosmina longirostris O. F. Müller ist das ganze Jahr hindurch im Plankton zu finden.

Diaphanosoma brachyurum Liévin ist besonders im Sommerplankton häufig. Im Juni zuerst vereinzelt auftretend, später häufiger werdend, um im Spätherbst zu verschwinden und erst im nächsten Sommer wieder zu erscheinen. Es handelt sich also hier um eine periodische Planktoncladocere. Auch BURCKHARDT (10, p. 447) fand *Diaphanosoma* im Vierwaldstättersee nur von Juli bis Ende November.

Daphnia hyalina Leydig.

Daphnien sind von Juni bis Dezember im Plankton zu finden, aber nur ausnahmsweise in grösseren Mengen, so z. B. im Dezember 1939, im Juli 1940 und wiederum im November des gleichen Jahres. Von Januar bis Mai scheinen sie dagegen im Plankton des

Moosseedorfsees nur sehr vereinzelt zu sein, falls sie in diesem Zeitraum überhaupt vorhanden sind.

Die Tatsache, dass in den Sommermonaten zahlreiche Individuen Helme ausbilden, während im Spätherbst und Winter die *Daphnien* rundköpfig sind, weist auf das Bestehen einer Zyklomorphose hin, die näher zu verfolgen interessant wäre.

Erwähnt sei noch, dass die *Daphnien* und ebenso die *Copepoden* des Moosseedorfsees häufig von ektoparasitisch lebenden *Infusorien* besetzt sind, die mutmasslich der Gattung *Tokophyra* angehören.

4. Copepoden

Diaptomus gracilis O. Sars und *Cyclops strenus Fischer* sind im Plankton des Moosseedorfsees das ganze Jahr hindurch häufig. Besonders auffallend war während meiner 3½jährigen Beobachtungsperiode die im Sommer 1940 einsetzende, sehr starke Zunahme der *Copepoden,* so dass zu Beginn des Winters und auch wieder im Frühjahr 1941 diese das Planktonbild vollständig beherrschten. In dem Mass, als das Zooplankton zur Vorherrschaft gelangte, war ein entsprechender Rückgang im Phytoplanktonbestand. zu beobachten. Diese Erscheinung, für deren Ursache wir keine Anhaltspunkte haben, brachte, verglichen mit den Verhältnissen der Vorjahre, eine wesentliche Verschiebung im gesamten Planktonaspekt. In diesem Zeitraum der ausserordentlichen *Copepoden*-Produktion beobachtete ich in den Planktonproben, die also fast ausschliesslich *Diaptomus* und *Cyclops* enthielten, oft noch zahlreiche walzenförmige, gelbbraune Gebilde von meist sehr gleichförmiger Gestalt, aber sehr verschiedener Grösse. (Länge der Walzen 60—135 μ, Breite 36—51 μ.) (Tafel II, Fig. 2.) Herr Dr. G. HUBER-PESTALOZZI in Zürich, dem ich solches Material zur Untersuchung einsandte, teilte mir mit, dass es sich um Fäkalcylinder von *Cyclops* und *Diaptomus* handle. Tatsächlich sieht man diese Gebilde zuweilen auch im Darm der Cyclopiden. An Bruchflächen der Fäkalcylinder lässt sich auch die Zusammensetzung der aufgenommenen Nahrung feststellen. Im vorliegenden Fall waren es, wie sich aus den Fragmenten von *Asterionellen* und *Cyclotellen* feststellen liess, Planktondiatomeen.

Die Dichte, in welcher sich die Fäkalien im Plankton vorfanden,

gaben einerseits einen Begriff davon, in welcher enormen Menge die *Cyclopiden* vorhanden gewesen sein mussten, und anderseits in welchem Mass diese das Phytoplankton dezimiert hatten.

Ausser *Cyclops strenus* kommen im Moosseedorfsee noch weitere Spezies dieser Cyclopidengattung vor, hauptsächlich solche, die sich mehr in der Litoralzone und in den Ufergräben aufhalten. Hierzu vergleiche man die Arbeit von RENE LA ROCHE: Die Copepoden der Umgebung von Bern. Inaug. Diss. Bern 1906, 71 Seiten und vier Tafeln. Basel, Buchdr. Emil Birkhäuser.

5. Insekten (Dipteren)

Die durchsichtigen Larven der Büschelmücke *Corethra plumicornis* = *Chaeoborus crystallinus de Geer* finden sich in den Monaten September und Oktober regelmässig im Plankton, und zwar halten sie sich hauptsächlich in den bodennahen Wasserschichten auf. Schöpfproben, die in dieser Jahreszeit aus einer Tiefe von 20—21 m heraufgeholt werden, enthalten fast immer ein oder sogar mehrere Exemplare dieses merkwürdigen Tieres, das an die ausserordentlich geringe Sauerstoffspannung ausgezeichnet angepasst ist, wie sie am Ende der Sommerstagnation im Hypolimnion kleiner, stark eutropher Seen zu herrschen pflegt. Das Vorhandensein von Büschelmückenlarven in einem See erlaubt sogar, Rückschlüsse auf seine Sauerstoffverhältnisse zu ziehen.

Systematische Untersuchungen über die vertikale Verteilung des Planktons habe ich hier nicht durchgeführt, da ich solche später mit einem Schliessnetz und in Verbindung mit Messungen über die Lichtdurchlässigkeit vermittelst der Photozelle vorzunehmen beabsichtigte.

Die mikroskopische Durchsicht von Zentrifugaten aus Schöpfproben, die dem See in verschiedenen Tiefen entnommen worden waren, weisen darauf hin, dass zumal das Phytoplankton unterhalb 8—10 m meist nur schwach vertreten ist. Die grösste Dichte der pflanzlichen Schwebeorganismen dürfte zwischen 2 und 5 m zu finden sein, was übrigens durch die Messungen der Wasserstoffionen-Konzentration bestätigt wird.

[70]) Die Bestimmung des Plankton-Rohvolumens durch Absetzenlassen in einem Messzylinder gibt keine exakten Werte. Immerhin kann diese Methode bei sorgfältiger und kritischer Handhabung zu Vergleichszwecken

Ueber die Menge des Gesamtplanktons lassen sich auf Grund der Sedimentationsmethode[70]) die folgenden Angaben machen:

Das Sediment aus den Planktonzügen[76]) (Wassersäule von 18 m) war ausserordentlich schwankend und unregelmässig, so dass sich aus den Werten der einzelnen Monatsfänge eine Periodizität oder irgend welche Gesetzmässigkeiten nicht ableiten lassen. Immerhin war sehr auffallend, und zwar in allen drei Beobachtungsjahren, dass das Plankton des Monats September, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht, besonders reich war.

Bei längerer Eisbedeckung ist mitunter auch ein starker Rückgang des Phytoplanktons, besonders in quantitativer Hinsicht zu beobachten. Die meist trübe, ausserdem oft noch von einer Schneeschicht überlagerte Eisdecke, bildet einen starken Lichtschirm, so dass der noch in das Wasser gelangende Strahlenanteil nicht mehr für die Assimilation der pflanzlichen Organismen ausreicht.

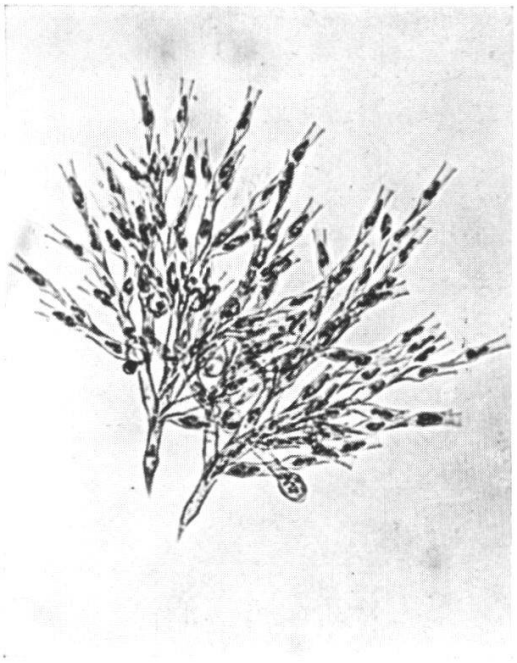
Die Gesamtplanktonmenge der einzelnen Monatsfänge, bezogen auf eine Wassersäule von 18 m Höhe und 1 m^2 Grundfläche, variierte von 10,5—95,3 cm^3. Im Mittel, berechnet aus 34 entsprechenden Vertikalzügen, 40,2 cm^3 oder auf 1 m^3 Wasser bezogen, 2,23 cm^3. Diese Werte sind auf jeden Fall zu klein, wenn man berücksichtigt, dass das *Oscillatoria*-Plankton nicht sedimentiert, hier aber, zeitweise wenigstens, eine bedeutende Rolle spielte. Vergleicht man den Moosseedorfsee bezüglich seiner Planktonproduktion mit dem Amsoldingersee, in beiden Seen ist mit dem gleichen Netz und genau in der gleichen Art gefischt worden, so ergibt sich nach Vornahme der entsprechenden Reduktionen, dass die Planktonproduktion des Moosseedorfsees zirka $2^1/_2$mal grösser ist, als jene des Amsoldingersees.

Auch die planktologischen Verhältnisse weisen also auf einen hohen Eutrophiegrad des Sees hin.

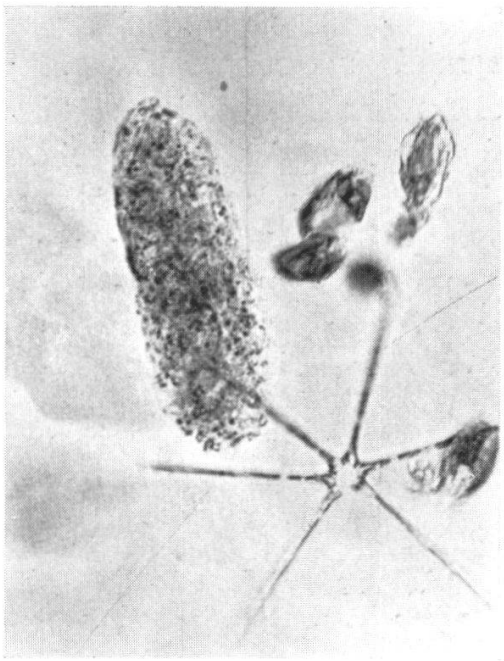
---

recht gute Dienste leisten. Hauptsächlich ist auf eine gründliche Reinigung des Netzes nach jedem Zug zu achten, ferner auf eine absolut vertikale Lage des Seiles, auch ist beim Aufholen des Fanggerätes eine möglichst gleichmässige Schnelligkeit einzuhalten und sind dabei ruckartige Bewegungen unbedingt zu vermeiden. (Vgl. diesbezüglich E. JUNG, 68.)

[71]) Bezüglich der Masszahlen des verwendeten Planktonnetzes vergleiche die Fussnote am Anfang dieses Kapitels.

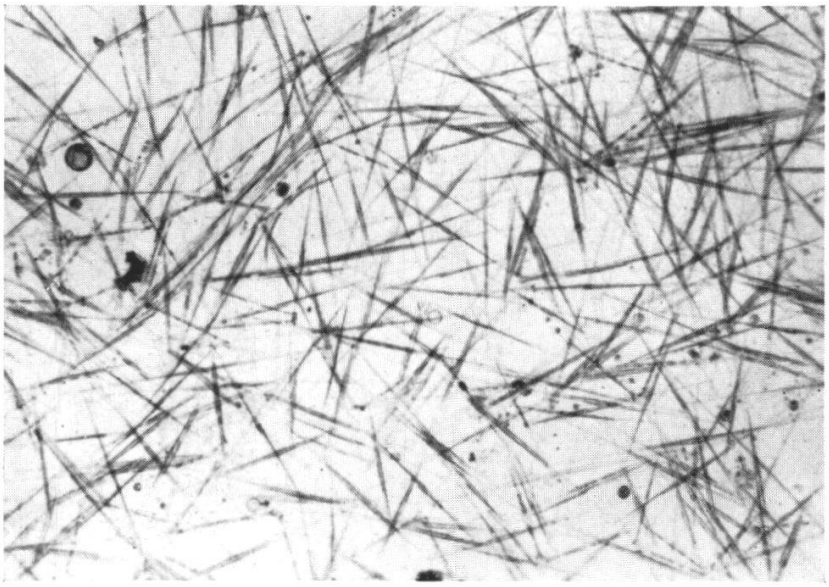


1



2

3



4

(Phot. G. v. Büren mit Busch-Citophot)

Erläuterungen zu den Mikrophotographien
(Phot. G. von Büren mit Busch-Citophot)

1. Dinobryon-Kolonie, 170 mal vergrössert, 11. Juni 1940.
2. Faekalcylinder einer Cyclopide, 160 mal vergrössert, 14. Januar 1940. Diese Gebilde sind im Winterplankton oft in enormer Menge vorhanden.
3. Einzelexemplar von Synedra acus var. angustissima Grun., 270 mal vergrössert, 19. August 1940.
4. Speziesreine Formation von Synedra acus var. angustissima Grun., 136 mal vergrössert, 6. August 1940. Ein im Moosseedorfsee oft massenhaft auftretender Phytoplankter.

Die Mikrophyten

Bewuchs

Zur Untersuchung des natürlichen Aufwuchses im Moosseedorfsee habe ich wiederum mit bestem Erfolg die von RIEDER (51) beschriebene Plattenmethode verwendet. (Rechteckige, mit je 5 Objektträgern beschickte Glasplatten im Format 17 × 7,6 cm, die in das Gewässer eingehängt werden.) In den ersten Monaten der Untersuchungen gingen mir leider viele Platten verloren, indem diese durch Neugierige weggenommen oder zerstört wurden.[72]) Erst nach einigem Suchen gelang es mir, dieselben an geeigneten Stellen im Röhricht am Südufer des Sees zu verbergen. Allerdings musste leider ganz darauf verzichtet werden, dieselben in der Nähe des Seeausflusses einzuhängen, was zweifellos im Hinblick auf eine vollständige Erfassung des Aufwuchses zweckmässiger gewesen wäre. (Vergl. RIEDER, 51, p. 176 ff.)

Die Expositionszeit der einzelnen Platten betrug 3—4 Wochen, sie befanden sich je nach dem Wasserstand in 30—40 cm Wassertiefe und 2—3 m Abstand vom Ufer.

Zur Bearbeitung des Aufwuchses vom Moosseedorfsee stand mir ein Plattenmaterial zur Verfügung, welches, mit Ausnahme der Monate Januar und Februar, den ganzen Jahreszyklus erfasste.

Untersuchungs- und Präparationsverfahren

Die aus dem See gehobene Platte wird samt den Objektträgern in ein nasses Tuch gewickelt und das Ganze in einer Blechdose

[72]) Während der Sommermonate herrscht auf dem Moosseedorfsee ein ziemlich reger Boots- und Badebetrieb.

nach Hause transportiert. Im Laboratorium gibt man die von der Platte abgelösten Objektträger in sogennante Rillentröge, wie sie in der histologischen Technik gebräuchlich sind, und füllt diese am zweckmässigsten mit Wasser von der Fundstelle. Selbstverständlich ist eine möglichst baldige Durchsicht der noch lebensfrischen Beläge durchzuführen, um eine erste Liste der darin enthaltenen Organismen aufzustellen, respektive dieselben eventuell erst zu bestimmen.

Nach der Lebenduntersuchung erfolgt die Fixierung des Belages, diese richtet sich ganz nach dem Zweck und Ziel der zu verfolgenden Untersuchung. Ich habe zirka 10 %iges Formol als Fixierungsmittel verwendet.

Der Belag auf den Platten aus dem Moosseedorfsee wird hauptsächlich von Mikrophyten gebildet, und unter diesen sind die *Bacillariaceen* die quantitativ ausgesprochen vorherrschenden Organismen, auf deren Untersuchung ich mein ganz besonderes Augenmerk gerichtet habe.

Zur Reinigung dieses *Diatomeen*-Aufwuchses habe ich konzentrierte Salpetersäure verwendet, in der Weise, dass der ganze Objektträger 10—15 Minuten in einer eckigen Petrischale in die Säure eingelegt wurde. Sodann folgt ein gründliches Auswaschen in destiliertem Wasser und Trocknen der Objektträger. Die so vorbereiteten Präparate bettet man am zweckmässigsten in Styrax ein, welches wegen seines hohen Brechungsindexes ($n = 1{,}63$) ein zur Untersuchung der feinen Diatomeenpanzerstrukturen ausserordentlich günstiges Medium darstellt.

Zur Bestimmung der *Diatomeen* haben wir hauptsächlich HUSTEDT, FR. Bacillariophyta (Diatomeae) 2. Aufl. in Pascher. Die Süsswasserflora Mitteleuropas, Heft 10, Jena 1930, benutzt.

Ferner MEISTER, FR. Die Kieselalgen der Schweiz, in Beitr. z. Kryptogamenflora der Schweiz, Bd. IV, Heft 1, 1912.

SCHMIDT, ADOLF, Atlas der Diatomeen-Kunde, Leipzig.

v. SCHÖNFELDT, HILMAR, Die deutschen Diatomeen des Süsswassers und des Brackwassers, Berlin 1907.

Die Aufwuchskomponenten

In systematischer Reihenfolge aufgeführt, nebst Bemerkungen über die Zeit, sowie die Häufigkeit ihres Auftretens.

Diatomeen

Im Aufwuchs der Sommer- und Herbstmonate fand sich sehr häufig eine *Diatomee*, deren Zellen sich zu büschelig-sternförmigen Kolonien vereinigen. Nach den von HUSTEDT und KRIEGER gegebenen Habitusbildern dürfte es sich hier um *Diatoma elongatum var. actinastroides Krieger* handeln. Die von der Mitte nach den Enden mehr oder weniger allmählich sich verschmälernden, an den Polen schwach kopfig erweiterten Schalen sind 60—90 μ lang, 3—4 μ breit.

Synedra ulna (Nitzsch.) Ehrb.: mehr oder weniger häufig in allen Belägen.

S. capitata Ehrb.: häufig, aber immer nur vereinzelt, besonders im Winterhalbjahr auftretend.

Eunotia lunaris (Ehrb.) Grun: das ganze Jahr im Aufwuchs vertreten, aber niemals in grosser Zahl, sondern nur vereinzelt. Gelegentlich sind auch teratologische Formen dieser Spezies zu beobachten.

Eunotia arcus Ehrb.: nur vereinzelt und selten beobachtet.

Cocconeis placentula (Ehrb.): im Aufwuchs häufig, im Belag von August und September sogar vorherrschend.

Achnanthes microcephala Kütz und *A. minutissima Kütz:* beide Spezies sind in allen Belägen in grosser Zahl vorhanden. In den Monaten März bis Juni herrscht besonders *A. microcephala* vor.

Gyrosigma attenuatum (Kütz) Rabh.: diese Bacillariacee gehört zwar nicht eigentlich zum Aufwuchs, sondern sie kommt mehr im Grundschlamm, auch der Uferregion, vor. Diese grosse, schöne Diatomee trat von Juli bis November gelegentlich im Belag der Platten auf. Besonders viele Exemplare fanden sich in einem Belag, der sich vom 20. Juni bis Ende Juli 1939 gebildet hatte.

Caloneis silicula (Ehrb.) Cleve und *Neidium iridis (Ehrb.) Cleve* fanden sich nur ganz vereinzelt.

Diploneis ovalis (Hilse) Cleve: im Sommer vereinzelt, im Spätherbst, Oktober und November, häufiger werdend.

Stauroneis phoenicenteron Ehrb.: im Belag von Oktober und November ziemlich häufig.

Navicula radiosa Kütz: das ganze Jahr hindurch sehr häufig, in den Monaten September bis Dezember sogar dominierend.

Navicula cryptocephala Kütz.

Navicula bacillum Ehrb.

Navicula oblonga Kütz.

Pinnularia viridis (Nitzsch.) Ehrb.: nur vereinzelte Exemplare.

Amphora ovalis Kütz: das ganze Jahr vorhanden, aber nie in grosser Zahl in den Belägen.

Cymbella cistula var. typica Meister: häufig. Die im Aufwuchs des Moosseedorfsees vorkommende Art entspricht in Form und Massen am besten der von MEISTER (38) gegebenen Diagnose, p. 179, und der Abbildung auf T. XXX 2. Charakteristisch sind die zwei Mittelstreifen der Bauchseite, die mit einem isolierten Punkt endigen.

Cymbella lanceolata (Ehrb.) van Heureck: das ganze Jahr sehr häufig.

Cymbella ventricosa var. lunata Meister: häufig.

Cymbella Ehrenbergii Kütz: selten und vereinzelt.

Gomphonema acuminatum var. coronata (Ehrb.) W. Smith: sehr häufig, während der fixierte Art-Typus seltener ist.

Gomphonema constrictum var. capitata (Ehrb.) Cleve: ist ebenfalls eine sehr häufige Diatomee des Aufwuchses, auch hier tritt der fixierte Art-Typus relativ selten auf.

Epithemia argus Kütz: häufig, aber meist vereinzelt vorkommend.

Nitzschia sigmoidea (Ehrb.) W. Smith, Surirella biseriata Bréb., Cymotopleura solea (Bréb.) W. Smith sind Diatomeen, die hauptsächlich im Grundschlamm leben, aber vereinzelt auch in den Plattenbelägen angetroffen wurden.

Alle diese Angaben beziehen sich auf den Aufwuchs des Grossen Moosseedorfsees, im Kleinen Moosseedorfsee konnten Untersuchungen über diesen Gegenstand nicht ausgeführt werden. Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass sich im Berner Herbarium Material von *Cymbella lacustris Cl.* vorfindet, welches von SCHMIDT im Juni 1838 im Kleinen Moosseedorfsee gesammelt wurde. FR. MEISTER in Horgen, der dieses Material 1911 revidiert hat, schrieb damals in einem Brief an Prof. ED. FISCHER „sonst selten, und mir von keinem anderen Standort in so reichlichem Masse vertreten bekannt". Leider fehlte mir die Gelegenheit nachzuprüfen, ob diese interessante *Cymbella* heute daselbst noch vorkommt.

Unter den *Chlorophyceen* nennen wir die im Aufwuchs besonders im Sommer und bis in den Spätherbst recht häufig vorkom-

menden, merkwürdigen, bis einige Millimeter gross werdenden polster oder scheibenförmigen Thalli von *Coleochaete scutata Bréb.*, deren Fäden ein parenchymatisches Gewebe bilden. Hie und da fand sich auch *Bulbochaete setigera Agardh.* und *Oedogonium.*

Der im allgemeinen wenig reichhaltige Aufwuchs tierischer Organismen ist nicht einer eingehenden Untersuchung unterworfen worden. Nur zwei Feststellungen seien hier hervorgehoben: In den Sommermonaten Juni bis September waren die Gehäuse der Rhizopode *Centropyxis aculeata (Ehrb.) Stein* in sehr grosser Zahl im Aufwuchs zu finden. Auffallend ist ferner, dass auf den Platten relativ häufig Skelettnadeln von *Spongien* gefunden werden, um so mehr als es weder STECK noch mir gelungen ist, jemals eine Süsswasserschwamm-Kolonie im See zu finden.

Die Ablagerungen des Moosseedorfsees auf dem Seeboden, der Seehalde und der Uferbank

Der Seeboden und die Uferböschungen (Seehalde) des Moosseedorfsees sind von einer mehr oder weniger mächtigen Schicht von Seekreide überzogen. Es ist dies eine weissliche, plastische, aus kristallinischen oder amorphen Agregaten von kohlensaurem Kalk bestehende Masse, die sich als Niederschlag aus der doppelkohlensauren Lösung im Wasser durch Entweichen von Kohlensäure bildet. Sie kommt hauptsächlich in stehenden kalkhaltigen Gewässern mittlerer Tiefe vor. Mit der Verbreitung und Zusammensetzung der Seekreide im Gebiet der Moosseedorfseen haben sich schon UHLMANN, STECK und besonders NUSSBAUM (46) beschäftigt. Namentlich der letztere Autor gibt auch ein Profil und ein Uebersichtskärtchen, welches auf Grund von Bohrungen über die Ausdehnung und die Mächtigkeit dieser lakustren Bildungen ausserhalb des heutigen Seebeckens, sowie der darüber lagernden Torfschichten orientieren. Bei der Bildung dieser limnischen Kalksedimente spielt auch im Moosseedorfsee die sogenannte biogene Entkalkung, speziell auch die planktogene,[73]) eine nicht unbedeutende Rolle, wie ich mehrfach beobachten konnte. Unter biogener Entkalkung ist die Auskristallisation von

[73]) Dieser Vorgang ist zum erstenmal von L. MINDER (41) im Jahre 1920 auf dem Zürichsee beobachtet und richtig gedeutet worden.

Calciumkarbonat, hervorgebracht durch Entzug von Kohlensäure durch assimilierende Pflanzen, auch des Phytoplanktons, zu verstehen. Die planktogene Entkalkung tritt bei Planktonhochproduktion bisweilen in die Erscheinung und gibt sich dadurch zu erkennen, dass im Netzplankton zahlreiche Kriställchen, oder auch ein feines Präzipitat von Calciumkarbonat enthalten ist, die ihrerseits bewirken, dass die Farbe des Wassers, auch beim eventuellen Bestehen einer Vegetationsfärbung, gegen milchigweisslich hin verschoben wird.

So war z. B. am 8. Juni 1938 die Menge des im Wasser ausgeschiedenen Calciumkarbonates so gross, dass der Rückstand auf dem Porzellanfilter, der zum Filtrieren der Wasserproben verwendet worden war, beim Uebergiessen mit Salzsäure, zwecks Reinigung derselben, stark aufschäumte. Anderseits kann auch bei der Bestimmung der Karbonate (vegl. auch diesen Abschnitt) festgestellt werden, dass im Lauf der Sommerstagnation der Karbonatgehalt der oberen planktonreichen Wasserschichten bedeutend abnimmt, während er in der Tiefe zunimmt.

Die Seekreide der profundalen Region des Moosseedorfsees ist von einem feinen Schlamm überzogen, der in frischem nassem Zustand eine schwarz-graue Farbe hat, die hauptsächlich durch den hohen Gehalt an Sulfiden [74]) bedingt ist. An der Luft oxydieren diese, und der Schlamm nimmt dann beim trocknen zunächst eine schwarz-grünliche, dann hellbraune und schliesslich grau-weisse Färbung an. In diesem Schlamm finden sich neben lebenden und abgestorbenen *Diatomeen* einige Reste von *Crustaceen*-Panzern und ganz vereinzelt Pollen und Skelettnadeln von *Spongien*. Ausser einigen *Amoeben* liessen sich hier keine tierischen Organismen feststellen. Dass solche hier fehlen oder doch wenigstens selten sind wird ausserdem auch durch die Tatsache bestätigt, dass im Schlamm der in dünner Schicht auf Tellern ausgebreitet wird, Kriechspuren nicht zu beobachten sind. Ziemlich

[74]) Beim Uebergiessen des schwarzen Schlammes mit HCl macht sich ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerkbar. Die Anwesenheit von Sulfiden gibt sich durch intensive Bräunung von Bleiacetatpapier kund. Was die Bildung von Schwefeleisen in der Tiefe der Seen betrifft, so handelt es sich dabei hauptsächlich um reduktive Vorgänge, die zum Teil auch biologisch bedingt sind. Näheres hierüber vergleiche bei DÜGGELI (14, p. 7) und LAFAR (28, p. 222—224).

häufig sind dagegen die Trichome einer Schwefelbakterie zu finden, *Beggiatoa alba (Vaucher) Trevisan.* Diese findet auf dem H_2S-haltigen Schlamm ein ausgezeichnetes Milieu zu ihrer Entwicklung, indem sie befähigt ist den Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure zu oxydieren.

Ueber die Zusammensetzung des Tiefenschlammes[75]) gibt die folgende von TH. von FELLENBERG zu meinen handen ausgebührte Analyse Aufschluss: Die Trockensubstanz der untersuchten Schlammprobe betrug 20,73 %, der Glühverlust, auf die Trokkensubstanz bezogen, 90,32 %.

Das Sediment ist zum grössten Teil in verdünnter Salzsäure löslich unter Entwicklung von Kohlendioxyd und Schwefelwasserstoff. Der unlösliche Anteil besteht aus sandfreiem Ton.

Im salzsäurelöslichen Anteil wurde, auf Trockensubstanz berechnet, gefunden:

		%
Calcium	Ca	22,20
Magnesium	Mg	4,14
Eisen	Fe	2,35
Aluminium	Al	0
Phosphorsäure	P_2O_5	0,386
Schwefelwasserstoff	H_2S	0,062

Bei der Berechnung der Resultate ist der Schwefelwasserstoff als Ferrosulfid, der Rest des Eisens als Ferrooxyd eingesetzt worden. Die Phosphorsäure ist als Tricalciumphosphat, der Rest des Calciums und des Magnesiums als Karbonat berechnet. Die Differenz bis 100 % ist als organische Substanz angenommen worden. Die Berechnung ergibt dann folgende Zusammensetzung, bezogen auf die Trockensubstanz:

		%
Calciumcarbonat	$CaCO_3$	54,80
Tricalciumphosphat	$Ca_3(PO_4)_2$	0,66
Magnesiumcarbonat	$MgCO_3$	14,36
Ferrooxyd	FeO	2,89
Ferrosulfid	FeS	0,16
Ton		26,04
Organische Stoffe		1,09
		100,00

[75]) Besonderer Umstände halber konnte leider das am 21. November 1942 in 18 m Tiefe im unteren kleinen Seebecken gefasste Sediment erst fünf Wochen später untersucht werden. Da inzwischen der Stopfen aus der Flasche

Das Sediment aus der Tiefe des Moosseedorfsees kann als tonarmer, etwas eisenhaltiger, schwach bituminöser Kalkmergel bezeichnet werden. Die Mächtigkeit dieses, die tieferen Partien des Seebodens bedeckenden Schlammsedimentes konnte ich zwar auch vermittelst des Rohrlotes nicht feststellen, dagegen gelang es mir, in diesem eine deutliche Schichtung nachzuweisen. Diese sich allerdings nur auf die obersten 4,5 cm der Schlammprofile beschränkende Schichtung besteht in einem 6—7maligen Wechsel heller und dunkler Zonen, von durchschnittlich 3—3,5 mm Dicke.

Bei der mikroskopischen Analyse erweisen sich die dunklen, stark schwefelhaltigen Zonen gegenüber den helleren als besonders reichhaltig an Kieselschalen und Kieselschalenfragmenten, hauptsächlich von *Synedren* und *Cyclotellen*. Auffallend ist ferner auch, dass die Schlammprofile unterhalb 3,5 cm, also im nicht gebänderten Teil, an Mikrofossilien bedeutend ärmer sind.

Infolge der geringen O_2-Spannung, die während eines grossen Teils des Jahres am Grund des Sees herrscht, ist die Bodenfauna ausserordentlich spärlich entwickelt, so dass hier die Voraussetzungen für das Zustandekommen einer ungestörten Schichtung der Sedimente gegeben sind. Es scheinen also auch hier ganz ähnlich, wie von NIPKOW (45) im Zürichsee nachgewiesen wurde, die dunklen, schwefeleisenhaltigen Zonen periodisch bei Planktonhochproduktion gebildet zu werden, wobei auch die *Oscillatorien* eine wichtige Rolle spielen dürften. Die hellen Zonen dagegen wären vorherrschend das Produkt der biogenen Entkalkung, als dem Vorgang, der sich hauptsächlich bei beginnender Planktonhochproduktion im Vorsommer abspielt. Die Tatsachen, dass unter 3,5—4 cm die Mikrofossilien in den Profilen weniger zahlreich sind, und dass dort eine regelmässige Folge von makroskopisch erkennbarer Schichtung noch nicht vorhanden ist, weisen darauf hin, dass offenbar im Lauf des letzten Jahrzehnts die Biozoenose des Moosseedorfsees in Umbildung begriffen ist, und zwar im Sinne einer zunehmenden Eutrophierung.

In diesem Zusammenhang wäre es wünschenswert gewesen, auch einige zahlenmässige Angaben über den jährlichen Schlammnie-

---

gedrückt worden war, hatte sich der freie Schwefelwasserstoff verflüchtigt. Ferrosulfid ist in den oberen Schichten oxydiert worden. Für die Untersuchung wurden daher möglichst die unteren Partien des Flascheninhaltes verwendet.

derschlag machen zu können. Diese Untersuchungen, die ich, auf Grund der von REISSINGER (49) an bayrischen Seen vermittelst versenkter Schlammsammelkästen gewonnenen Erfahrungen und Resultate, sorgfältig vorbereitet hatte, mussten der Zeitumstände halber leider ganz unterbleiben.

Die Sedimente des Litorals (Uferbank) und der Halde (Scharberg), die hauptsächlich aus Seekreide und einem feinen, grauen, mineralischen Schlamm bestehen, untersuchte ich an Rohrlotprofilen, die in Tiefen von 2—3,5 und 8 m entnommen wurden.

In allen Profilen aus den verschiedenen Tiefen fanden sich zahlreiche Schalen und Schalenfragmente von Süsswasserschnekken, nebst vereinzelten Nadeln von Süsswasserschwämmen,[76]) sowie ebenfalls vereinzelten Crustaceenpanzern. Als besonders reich an, meist stark mazerierten, Pflanzenresten (Blattfragmente von Phragmites, Carex, Moose und Radizellen) erwiesen sich die ufernahen Sedimentprofile. Dazu gesellen sich eine Menge Diatomeen-Frusteln, von Formen aus allen Lebensbezirken des Sees, so dass die Bodenablagerung ein eigentliches Archiv der im See vorkommenden Bazillariaceen darstellt.[77])

Wir begnügen uns damit, hier diejenigen zu erwähnen, die besonders häufig auch lebend in den ufernahen Sedimenten vorkommen, wie *Amphora ovalis, Diploneis ovalis* und *Rhopalodia gibba.* Ferner diejenigen Formen, die weitgehend an Licht- und Sauerstoffmangel angepasst und daher als eigentliche Grunddiatomeen anzusprechen sind und ihren Hauptlebensbezirk in der Tiefenregion des Sees haben. Es sind besonders die grossen, meist einzeln lebenden *Diatomeen,* die wir bei der Analyse der soge-

[76]) Das Vorkommen von Spongiennadeln sowohl im Tiefen- als auch im Uferschlamm des Moosseedorfsees ist um so auffallender, als es mir niemals gelang Kolonien dieser Tiere zu finden. Auch STECK (61, p. 40) konnte „trotz besonderer Nachforschungen" keine Vertreter aus der Klasse der Schwämme daselbst auffinden. Ebenfalls HÖHN (23 a, p. 55) berichtet, dass er im Hüttenersee (Kt. Zürich) die Gerüstnadeln von Euspongilla lacustris mehrfach im Grundschlamm gefunden habe, ohne dass es ihm aber geglückt wäre, lebende Kolonien festzustellen.

[77]) In der Tat habe ich bei der sehr eingehenden Analyse von Grundschlammproben, die der tiefsten Seestelle entnommen worden waren, eine Gesamtliste aufstellen können, die mit den Feststellungen über das Vorkommen von Diatomeen aus den verschiedenen Lebensbezirken des Sees, sogar der zufliessenden Bäche und Gräben in fast vollständiger Uebereinstimmung stand.

nannten *Oscillatoria-Diatomeen-Filze* aus dem Kleinen Moosseedorfsee noch kennenlernen werden (siehe diesen Abschnitt p. 205).

Stauroneis phoenicenteron, Pinnularia viridis, Surirella tenera, S. biseriata und *S. Capronii, Gyrosigma attenuatum, Cymatopleura solea var. gracilis, C. elliptica* und *C. elliptica var. constricta, Nitzschia dissipata, N. sinuata* und *N. sigmoidea.* Die letztere Gattung neigt übrigens ausgesprochen zur heterothrophen Lebensweise, sie bewohnt mit Vorliebe auch Stellen, die durch organische Abwässer verunreinigt sind.

Oekologisch völlig abweichende Verhältnisse gegenüber der Tiefe des Sees weist der sandige Grund des trichterförmigen Seeausflusses auf. Dieser ist unter dem Einfluss des leicht strömenden Wassers von Wellenfurchen durchzogen, zwischen denen gelegentlich braune, von spangrünen Flecken durchsetzte, Algenrasen [78]) auftreten. Unter den sie zusammensetzenden Elementen sind besonders bemerkenswert *Schizothrix,* dann die eigenartigen tafelförmigen Kolonien von *Merismopedium elegans A. Br.* sowie die massenhaft auftretende Diatomee *Navicula Reinhardtii Grun.*

Die Vegetation der Uferzone

Die Zone der eigentlichen Ufervegetation ist am Moosseedorfsee auf weitaus dem grössten Teil des Seeumfanges (2900 m) schmal, stellenweise nur wenige Meter breit, und grenzt landeinwärts unvermittelt an Kulturland. Dieser Zustand scheint schon seit langen Zeiträumen, zum Teil auch als Folge früherer Seeabsenkungen, zu bestehen. Nur die Bodenablagerungen in der unmittelbaren Umgebung des Sees lehren uns, dass früher die eigentliche Verlandungszone eine weit grössere Ausdehnung gehabt haben muss als heute.

Einzig am Süd- und Nordufer des unteren Seebeckens sind hinter dem Schilfgürtel schmale Verlandungszonen erhalten, während sich am Nordostende des Sees noch ein kleines Flachmoor ausdehnt.

Es lassen sich hier in der Ufervegetation die folgenden Pflanzenbestände unterscheiden:

[78]) Zur Entnahme dieses Grundalgenbestandes aus dem untiefen, aber strömenden Wasser habe ich mit bestem Erfolg die von WEHRLE (66, p. 28) empfohlene, leicht zusammenstellbare Apparatur benutzt.

I. Verlandungsbestände

a) aus Wasserpflanzen zusammengesetzt:
Characetum fehlt im Moosseedorfsee
Myriophylletum
Nupharetum

b) aus Sumpfpflanzen zusammengesetzt:
Scirpetum, Binsicht
Phragmitetum, Röhricht
Magnocaricetum, Grosseggenbestand

II. Flachmoorbestände

Molinietum, Besenried

Characetum

Unter den Macrophyten gehören die Armleuchtergewächse zu jenen in unseren Seen am meisten nach der Tiefe vordringenden Pflanzen (20—30 m). Aber auch in kleinen, seichten Gewässern können die *Characeen* oft ausgedehnte, dichte Rasen bilden. Im Moosseedorfsee sind *Characeen*-Bestände nicht vorhanden, selbst einzelne Exemplare dieser Pflanzen konnte ich bei meinen Untersuchungen nicht feststellen.[79])

Das Fehlen von *Chara*-Wiesen war mir schon im Amsoldinger- und Gerzensee aufgefallen. Offenbar sind die steilen Uferböschungen der in Frage stehenden Seen der Ansiedlung dieser Gewächse nicht günstig, da eine gut ausgebildete Uferbank hier nirgends vorhanden ist. Anderseits sind die mangelhaften Lichtverhältnisse infolge der geringen Wasserdurchsichtigkeit in den grösseren Tiefen dieser Seen, insbesondere dem Moosseedorfsee, dem Fortkommen stark assimilierender Pflanzen ungünstig.

Characeen bedürfen zu ihrem guten Gedeihen reines Wasser, gegen Verunreinigungen, speziell durch Abwässer aus dem menschlichen Haushalt, sind sie ausserordentlich empfindlich. Ebenso gegen gewisse, durch die Zersetzung von Pflanzen frei werdende Stoffe, wie z. B. Gerbsäure. Dagegen gedeihen einige *Chara*- und *Nitella*-Arten in an Humussäure reichen Gewässern noch sehr

[79]) Wie aus den zahlreichen Charafrüchten, die in den Seeablagerungen gefunden werden hervorgeht, müssen hier Armleuchtergewächse früher häufig gewesen sein. Auch STECK (61, p. 23) erwähnt noch das Vorkommen von Chara foetida. Sollten die Characeen nach und nach durch die zweifellos zunehmende Wasserverschmutzung aus dem See verdrängt worden sein?

gut. Auch bezüglich der organischen Stoffe im allgemeinen zeigen zahlreiche *Characeen* ein sehr breites Milieuspektrum, immerhin unter Bevorzugung der o- bis m-Stufe des KMn O_4-Verbrauches, wie STRODE (62) gezeigt hat. In fischereibiologischer Hinsicht ist das Fehlen von *Characeen*, sowie das nur sehr spärliche Vorhandensein der Laichkräuter im Moosseedorfsee ein Nachteil, weil diese Pflanzen manchen Fischarten nicht nur Brutplätze und Verstecke, sondern auch eine reiche Brutweide bieten.

Das Myriophylletum

An der Südwestseite des Sees, an einer Stelle, wo infolge einer Uferrutschung bei der Seespiegelabsenkung von 1918 die Litoralzone auf eine kurze Strecke etwas flacher ist, haben sich das quirlblättrige- und das ährenblütige Tausendblatt, *Myriophyllum verticillatum L.* und *M. spicatum L.* angesiedelt, deren Bestände bis in zirka 3 m Wassertiefe vordringend, einen dichten submersen Wald bilden. [80])

Zur Blütezeit erheben diese untergetaucht lebenden Pflanzen ihre zierlichen, ährenförmigen Blütenstände über den Wasserspiegel. Besonders auffallend sind die männlichen Blüten, im oberen Teil der Infloreszenz, durch die vier roten Kronblättchen, die als kaputzenförmiges Gebilde durch die sich streckenden Filamente als Ganzes abgeworfen werden. Die Blüten sind anemophil und protogyn, d. h. die weiblichen Blüten sind befruchtungsreif bevor die männlichen Blüten den Pollen entlassen.

Mit dem Tausendblatt vergesellschaftet kommt hier auch das gemeine Hornkraut, *Ceratophyllum demersum L.* vor, das über einen Meter lange Sprosse bildet. In späteren Stadien ihrer Entwicklung kann diese Pflanze auch flottierend leben, so dass sie dadurch nicht an bestimmte Standorte gebunden bleibt. Da die Sprosse derselben ausserordentlich brüchig sind, kann man gelegentlich in den verschiedenen Regionen des Sees Sprossfragmente finden. Ihre Vermehrung erfolgt hauptsächlich auf vegetativem Weg durch besonders ausgebildete Endknospen, „unechte Winter-

---

[80]) Bei Niederwasser habe ich auch auf dem überschwemmbaren Strand gelegentlich blühende Landformen von Myriophyllum verticillatum beobachtet. Diese Formen sind dadurch charakterisiert, dass die Blütendeckblätter laubblattartig entwickelt sind. Die Landformen entsprechen nur dem Blütenstand submerser Formen. (Vgl. GLÜCK, 19, p. 99/101.)

knospen", die infolge der langübereinander gekrümmten Blätter ein bällchenartiges Aussehen haben.

Die Laichkräuter *(Potamogeton)* sind im Moosseedorfsee nirgends eigentlich bestandbildend, nur zwei Spezies *Potamogeton crispus L.* und *P. natans L.* bilden ganz vereinzelte Kolonien am Rande des Röhrichts, ebenso die Wasserpest, *Elodea canadensis Michaux.*

Das Nupharetum

Die Seerosenzone ist dagegen in unserem See sehr gut ausgebildet. Die gelbe Seerose, *Nuphar luteum Sibth. et Sm.*, wurzelt hier mit ihren mächtigen Rhizomen in einer Tiefe von 1—4 m, und ihre grossen Schwimmblätter bedecken am äusseren Schilfgürtel eine breite Zone, die sich in ruhigen Seewinkeln über schlammigem Grund bis auf zirka 6 m verbreitert. An meist weniger tiefen Stellen finden sich inmitten der gelben Teichrosen grössere und kleinere Kolonien weisser Seerosen, *Nymphea alba L.* Es ist auffallend, dass unbeschädigte Blüten der gelben Seerose, *Nuphar luteum,* am Moosseedorfsee selten zu finden sind. Weitaus der grösste Teil ist durch Wasserhühner *(Fulica atra)* beschädigt. Die Kelchblätter solcher Blüten sind ganz oder teilweise abgebissen, und die als Nektarien ausgebildeten Kronblätter fehlen vollständig, so dass nur der von den Staubblättern umgebene Fruchtknoten übrig bleibt. Die Annahme liegt auf der Hand, dass diese Wasservögel zunächst auf die in den Nupharblüten, insbesondere auf den Nektarien, sich tummelnden Käfer und Insekten Jagd machen. Es sind hauptsächlich *Donacia-* und *Meligethes*-Arten, gelegentlich auch *Dipteren* und *Neuropteren,* die hier in Frage kommen. Ausserdem scheinen aber die Nektarien selber den Blässhühnern ebenfalls eine willkommene Nahrung zu sein.

Durch die eingehende Untersuchung von LUISE MÜLLER[81]) (42) sind wir über die anatomischen und zellphysiologischen Verhältnisse des Kelch- und Kronblattes der gelben Seerose sehr genau unterrichtet. Die Knospen-Kronblätter haben bereits einen ausserordentlich grossen Eiweissgehalt und Stärkereichtum aufzuweisen, während die Glykose-Reaktion noch äusserst schwach

---

[81]) Diese Arbeit ist eine der ersten, in welcher ein grösseres Material mikrophotographischer Aufnahmen botanischer Objekte veröffentlicht worden ist. Sowohl die Aufnahmen als die Reproduktion sind ausgezeichnet.

ist. Das Blüten-Kronblatt ist ebenfalls noch reich an Eiweiss, die Stärke ist aber vollständig verschwunden, wogegen jetzt eine ausgiebige Glykose-Reaktion in die Erscheinung tritt, sogar auch in den meisten Gerbstoff führenden Zellen des Mesophylls, sowie in den Gerbstoff-Vakuolen der Epidermiszellen. Um sich der relativ kleinen, ziemlich versteckt zwischen Kelch- und Staubblättern liegenden, nährstoffreichen Kronblätter besser bemächtigen zu können, wird der Blütenkelch von den Blässhühnchen einfach abgebissen. Diese Kelchblätter werden aber meist nicht verzehrt, wie aus den bei den angefressenen Blüten auf dem Wasser liegenden Fragmenten zu schliessen ist.

Das *Scirpetum* bildet auch hier, ausserhalb des Röhrichts, in grösserer Wassertiefe, die äussersten Vorposten der Verlandung. Die dunkelgrünen Halme der Seebinse, *Scirpus lacustris L. (Schoenoplectus)* treten stellenweise nur vereinzelt auf, um sich aber an anderen Orten zu dichten Binsichten zusammen zu schliessen.

Gelegentlich ist zu beobachten, dass die, meist nur als Scheiden ausgebildeten Blätter der Binse, zu flutenden, z. T. auf dem Wasser schwimmenden, grasartigen Bandblättern[82]) entwickelt sind, so dass dann der Scirpusgürtel von einem Kranz hellgrüner „Grasblätter" umgeben erscheint.

Das Phragmitetum, Röhricht

Das Schilf, *Phragmites communis Trim.*, umschliesst die Wasserfläche des Moosseedorfsees in einem schmalen, höchstens 4 m breit werdenden, aber fast lückenlosen Vegetationsgürtel, der gegen das offene Wasser ganz unvermittelt absetzt. Nur im seichten, schlammigen Ufer an der Nordostecke des Sees rückt das Schilfrohr in gelockertem Bestand einige Meter gegen die offene Wasserfläche vor. Zeitweise stehen die Rohrbestände mit ihrer Basis 1—2 m tief im Wasser. Die einzelnen Schilfhalme, die im Spätsommer prächtige Blütenrispen bilden, erreichen eine Höhe von 2,5—3,5 m. Charakteristisch für das *Phragmitetum* unseres Sees sind die eingesprengten oder auch vorgelagerten Bestände des Breit- und Schmalblättrigen Rohrkolbens, *Typha latifolia L.* und *T. angustifolia L.* Der in unserer Flora sonst nicht sehr ver-

[82]) Ueber die Oekologie der bandförmigen Blätter der Seebinse vgl. E. BAUMANN (5, p. 239/43).

breitete Schmalblättrige Rohrkolben bildet an manchen Stellen, so z. B. am Südufer des Sees, ein *Typhetum angustifoliae*. Im spätherbstlichen Aspekt sind die beiden hier in Frage stehenden Rohrkolbenarten schon von weitem dadurch zu unterscheiden, dass die Blätter der schmalblättrigen Art bereits braun verfärbt sind, während jene der breitblättrigen noch frisch grün sind.

Weder am Amsoldinger- noch am Gerzensee sind die Rohrkolben- und die Binsenbestände so gut entwickelt wie am Moosseedorfsee.

Eine weitere, dem Röhricht dieses Sees eigene Pflanze ist der Kalmus, *Acorus Calamus L.*, der heute in fast dem ganzen Seeumkreis in dieser Assoziation verbreitet ist. Recht häufig findet man auch Pflanzen mit Ansatz von Blütenkolben.[83])

Nach FISCHER (15, p. 356) ist der Kalmus in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts von Dr. med. RUD. KÖNIG in Jegenstorf am Moosseedorfsee angepflanzt worden. Das Material soll aus einem Weiher beim Hause von Chirurg SCHÄRER-HUBACHER in Urtenen stammen, der es als Arzneipflanze kultivierte.

Jedenfalls hat sich die Pflanze hier gut aklimatisiert und auch vermehrt, denn frühere Autoren, FISCHER und STECK, geben nur vereinzelte Standorte am See an, während es heute deren zahlreiche sind. Am Südufer, an einer Stelle, wo der Strand ziemlich steinig ist und offenbar dem Schilf wenig zusagt, bildet der Kalmus einen fast reinen Bestand.

Da und dort erscheint auch als Einschlag im *Phragmitetum* das hohe Rohrglanzgras, *Phalaris arundinacea L.*, ein Gras, das im Wuchs und auch in bezug auf die oekologischen Verhältnisse dem Schilf sehr nahe kommt, aber bereits im Frühsommer blüt und durch seine schönen, meist violett-roten Rispen auffällt. *Phalaris*

---

[83]) Bekanntlich ist der Kalmus in Europa steril und kann nur durch sein Rhizom auf vegetativem Wege vermehrt werden. Die Ursache der Sterilität beruht auf Degeneration der Samenanlagen und Pollenkörner. Bis vor kurzem führte man die Verkümmerung der Geschlechtszellen auf klimatische Unterschiede zwischen der alten und der neuen Heimat dieser Pflanze zurück, die aus Hinterindien und Südchina stammt. Neuerdings hat nun WULFF (67) gezeigt, dass für die Sterilität von Acorus nicht klimatische, sondern cytologische Ursachen in Frage kommen. Beim Ablauf der Mitosen in den sterilen 36-chromosomigen Pflanzen treten nämlich starke Störungen ein, wobei das Auftreten von Trivalenten beobachtet wurde. Die Ursache der Sterilität beim Kalmus ist also im Bestehen einer Triploidie zu suchen.

kann mitunter auch einen dichten, geschlossenen Bestand bilden und als eigene Assoziation, das *Phalaridetum arundinaceae* auftreten, wofür in der „Hüttlibucht" Ansätze vorhanden sind.

Weitere Begleitpflanzen des Schilfes am Moosseedorfsee sind:

Equisetum limosum L. (= E. Heleocharis Ehrh.) der Teich- oder Schlammschachtelhalm, nur in einer kleinen Kolonie an der „Hüttlibucht".

Sparganium erectum L., der Igelkolben, bei der Einmündung der Urtenen auf der linken Seite.

Alisma Plantago L., der Froschlöffel, vereinzelt, die *forma aquaticum Glk.* mit langgestielten, auf dem Wasser liegenden Schwimmblättern, an der Südwestecke des Sees in tieferem Wasser.

Häufig sind:

Iris Pseudacorus L.
Filipendula ulmaria (L.) Maximowicz.
Vicia Craca L.
Lythrum Salicaria L.
Lysimachia vulgaris L.
Convolvulus sepium L.
Lycopus europaeus L.
Mentha aquatica L.
Scutellaria galericulata L.
Galium palustre L.
Bidens cernuus L.

Dagegen scheinen hier nur vereinzelt vorzukommen:

Menyanthes trifoliata L. beim sogenannten „Vorsprung" am Nordufer des Sees.

Ferner:

Symphytum officinale L.
Valeriana officinalis L.
Eutaporium cannabinum L.

Während der Sumpf-Haarstrang, *Peucedanum palustre (L.) Mönch.* sowie das Bittersüss, *Solanum Dulcamara L.*, die sonst in dieser Assoziation recht häufig sind, ganz zu fehlen scheinen.

Am Südostufer des Sees, an der sogenannten „Hüttlibucht", sind zwei nur wenige Meter breite Breschen im Schilfgürtel, die, in unserer Flora verhältnismässig seltene, *Cyperaceen* beherbergen. In der einen dieser Lücken finden wir auf der Grenzzone des dort schlammig-steinigen Ufers eine kräftig entwickelte Kolonie der Sumpf-Teichbinse, *Eleocharis palustris (L.) R. et S. Ssp. uniglumis*, während an der anderen (nächst der Mündung des Dorfbaches) das Schwarzrote Zypergras, *Cyperus fuscus L.*, als typische „Vertritt-Pflanze" den von Angelfischern festgetretenen Boden

besiedelt. Auf dem grössten Teil des südlichen Seeufers ist das Kulturland vom Röhricht nur durch einen schmalen, brachliegenden Landstreifen getrennt, dessen floristische Zusammensetzung den Vernarbungsbeständen abgetorfter Stellen entspricht:

Rumex acetosa L.
Cerastium caespitosum Gilib.
Ranunculus repens L.
Potentilla anserina L.
Prunella vulgaris L.
Plantago lanceolata L.
Plantago major L.
Anthoxanthum odoratum L.
Holcus lanatus L.
Agrostis alba Schrader
Deschampsia caespitosa (L.) Pal.

Nur am unteren Seebecken tritt die innere Verlandung durch den Komplex der Grosseggen-Bestände, dem *Magnocaricetum,* charakteristisch in die Erscheinung. Je nach der Reichweite des Hochwassers folgt hinter dem Rohr-Binsenwald bald ein breiterer, bald nur ganz schmaler Grütel der horstbildenden Segge, *Carex elata All,* ihre „Bülten" erreichen hier eine Höhe von zirka 30 cm und einen Durchmesser von zirka 40 cm. Ausserdem finden sich auch *Carex gracilis Curtis = (C. acuta L.)* und *C. acutiformis Ehrh. = (C. paludosa Good.)* ferner *C. hirta L.* und *C. disticha Huds.,* die beiden letzteren besonders in der „Hüttlibucht". Im Gross-Seggen-Bestand an der Nordost-Ecke des Sees („Stanglibucht") erscheint auch eines der stattlichsten Sauergräser, nämlich die Binsen-Schneide, *Cladium Mariscus (L.) R. Br.* deren scharf schneidende Blätter im Frühling noch grün sind, wodurch die Pflanze ihre Anwesenheit zu jeder Zeit schon von weitem kundgibt. Auch hier verrät ihr Auftreten den Ort, wo Grundwasser an die Oberfläche tritt.

Am Ostende des Sees werden durch die Wellen der vorherrschenden Windrichtung grosse Mengen von Schilfresten zwischen die Seggen-Bülten geworfen, wo zuweilen ganze Strandguirlanden dieses Materials entstehen. Die sich zersetzenden und verwesenden Schilfreste erzeugen einen eigentlichen Schwemmtorf, auf dem sich allerlei Pflanzen ansiedeln, u. a. der Wassernabel, *Hydrocotyle vulgaris L.,* der vom Ufer mancherorts auf das dahinter liegende kleine Flachmoor übergreift.

Am etwas erhöhten Rand dieser Schwemmtorfablagerungen konnten sich auch einige Holzgewächse ansiedeln. Das vorherrschende Element der wenig ausgedehnten Ufergebüsche am Moosseedorfsee sind Schwarzerlen, *Alnus glutinosa Gärt.* und Weiden,

Salix nigricans Smith, S. purpurea L., S. cinerea L., S. daphnoides Vill. und *S. viminalis L.* Sie tragen wesentlich dazu bei, das Uferbild der sonst an Baumwuchs spärlichen Seeumgebung zu verschönern und zu beleben.

Hinter dem Ufergebüsch dehnt sich auf eine Strecke von zirka 140 m Länge und zirka 30 m Breite landeinwärts ein kleines Flachmoor aus, wo wir die Schlussglieder der Verlandung finden. Auf dem zeitweise trockenen Boden hat sich das Besenried, *Molinia coerulea (L.) Münch* mit zahlreichen Begleitpflanzen, die teils zu den Sumpfpflanzgesellschaften, teils auch zu den Wiesenpflanzen gehören, angesiedelt *(Molinietum).*

Lychnis Flos cuculi L.	*Polygala amarella Crantz*
Linum catharticum L.	*Cardamine pratensis L.*
Potentilla erecta (L.) Hampe	*Filipendula ulmaria (L.) Maxim*
Sanguisorba officinalis L.	*Valeriana dioica L.*
Succisa pratensis Mönch	*Carex flava L. u. panicea L.*
Briza media L.	*Orchis latifolius L.*
Gymnadenia conopea (L.) R. Brw.	*Epipactis palustris Crantz.*

Als lokaldominierend tritt besonders im südlichen Teil des Flachmoores der Sumpf-Schachtelhalm, *Equisetum palustre L.,* massenhaft auf, wodurch die Physionomie stark beeinflusst wird. Im nordwärts gegen die Strasse (Schönbühl-Schüpfen) liegenden nässeren Teil des Flachmoores, wo kalkreiches Wasser aufstösst, ist inmitten des Besenriedes die Schwachknotige Simse, *Juncus subnodulosus Schrank* vorherrschend, ein *Juncetum subnodulosi* bildend. Im Hochsommer, unmittelbar vor dem Aufblühen, erscheint diese Binsenwiese durch die weisslichen Blütenknäuel wie beschneit. Im wasserdurchtränkten Moosrasen des Binsichts, der hauptsächlich von *Drepanocladus intermedius* und *D. polycarpus* besteht, sind zahlreiche dichte, dunkelgrüne Horste des Hackbartes, *Carex Davalliana Sm.,* eingestreut, die eine Charakterart der *Juncus subnodulosus* Wiese ist. Ausserdem kommt hier noch vereinzelt vor das Scheidige Wollgras, *Eriophorum latifolium Hoppe* und das Scharfe Johanniskraut, *Hypericum acutum Mönch.*

Das Wahrzeichen der benachbarten Wiesen sind das Jakobs-Kreuzkraut, *Senecio Jacobaea L.* und die Kohl-Kratzdistel, *Cirsium oleraceum (L.) Scop.* Ich möchte noch erwähnen, dass sowohl das Besen- als auch das Binsenried gemäht werden, wäsrend das Schilf von der Sense verschont bleibt.

Die Belegexemplare zu dieser floristischen Untersuchung werden, wie diejenigen des Amsoldinger- und Gerzensees, im Herbarium des Botanischen Institutes der Universität niedergelegt.

Die in den See mündenden Bäche und Gräben

Die Urtenen zwischen dem Kleinen und Grossen Moosseedorfsee ist ein 370 m langer, 3—4 m breiter und je nach der Wasserführung zirka 0,45 bis 1,20 m tiefer Kanal, dessen bräunliches, ruhig dahin fliessendes Wasser (Fliessgeschwindigkeit 0,20 bis 0,30 m/sek.) durch Suspensionen meist stark getrübt ist. Zeitweise ist an der Wasseroberfläche das Treiben von „Fladen" und „Flokken" zu beobachten. Die Temperaturverhältnisse dieses Baches sind in der beifolgenden Tabelle zusammengestellt: [84])

Datum	Zeit Uhr	Luft-temperatur C°	Wasser-temp. C° der Urtenen	Seetemp. C° Oberfläche
9. I. 39	13	— 4,5	4,0	Eis
23. I. 39	16	+ 4,5	5,2	Eis
23. II. 39	10.50	+ 5,0	6,1	
19. VII 39	9 25	+ 20,0	14,3	23,0
31. VII. 39	10 45	+ 17,2	14,1	
15. VIII. 39	14.45	+ 22,0	17,0	21,0
25. IX. 39	14 55	+ 13,2	13,2	16,0
17. X. 39	17	—	13,2	13,2
28. XI. 39	16	+ 8,2	8,2	
10. XII. 39	13.30	+ 4,5	7,2	5,4
19. XII. 39	16.15	— 2,0	6,0	4,35
14. I. 40	10.45	— 8,0	3,2	
31. XII. 40	13.30	+ 3,0	5,0	Eis

Die Wassertemperaturen der Urtenen sind im Laufe des Tages, besonders im Sommer, grossen Schwankungen unterworfen. Vormittags ist das Urtenenwasser oft bedeutend kühler als das Seewasser, Temperaturgefälle von fünf und mehr Graden sind eine häufige Erscheinung, während am Spätnachmittag dieser Unterschied bedeutend vermindert ist.

Im schlammigen Grund dieser Kanalstrecke haben sich zwei

[84]) Die Wassertemperaturen der Urtenen sind jeweilen von der Brücke aus, die sich etwa 100 m oberhalb der Mündung in den See befindet, erhoben worden.

Wasserpflanzen angesiedelt, nämlich das Krause Laichkraut, *Potamogeton crispus L.* und die flutende Wasserform des Igelkolbens, *Sparganium simplex forma fluitans Godr. u. Grenier*, mit oft über ein Meter langen, dünnen, riemenförmigen Blättern. Im Laufe des Sommers erfüllt dieses flutende Gewächs das Wasser derart, dass dadurch der Abfluss stark gehemmt und ein Befahren des Kanals mit dem Boot sehr erschwert wird. Um diesem lästigen „Kraut" Herr zu werden muss der Wasserweg ein- bis zweimal im Jahr davon gesäubert werden. Anderseits wirkt sich die starke Verkrautung der Kanalstrecke hinsichtlich der Selbstreinigung des mit Abwasserstoffen verunreinigten Bachlaufes günstig aus. Zunächst werden die Schlammfladen in diesem Bewuchs mechanisch zerrieben und dann auch teilweise durch die Sauerstoffproduktion aufgelöst. Ferner bieten die Makrophyten gute Ansatzmöglichkeiten für pflanzliche und tierische Organismen.

Das linke Kanalufer ist von Weiden und Erlen bewachsen, deren kräftiges, bis in das Wasser reichende Wurzelwerk, die in Seekreide eingeschnittenen Kanalwände festigt. Rüsterstauden, *Filipendula Ulmaria (L.) Maximowicz*, Weiderich, *Lythrum Salicaria L.* und grosse Stauden der Brustwurz, *Angelica silvestris L.*, wachsen an den Uferböschungen, während der Kanalrand von Sumpfdotterblumen, *Caltha palustris L.* und vielen Gelben Schwertlilien, *Iris Pseudacorus L.* gesäumt ist.

Den Algenbewuchs in dieser Kanalstrecke habe ich nicht näher untersucht, dagegen sind mir beim Ausfluss des Sees, hinter der Schleusenanlage, wo die Urtenen in Betonschalen gefasst ist, die schleimigen intensiv grünen Rasen von *Draparnaldia glomerata (Vauch) Agardh* aufgefallen.

Beschäftigen wir uns hier noch kurz mit jener oben bereits erwähnten, biologisch wichtigen Erscheinung des „Flockentreibens." Diese wird durch die ausserordentlich üppige Entwicklung eines Spaltpilzes, *Sphaerotilus natans Kütz*[85]) hervorgerufen, und ist besonders im frühen Frühjahr auf der Urtenen, oberhalb der Moosseen zu beobachten, um sich aber zuweilen sogar bis zur Mündung dieses Wasserlaufes in den Grossen Moosseedorfsee bemerkbar zu machen. Bei den Mooshäusern erhält die Urtenen

[85]) Name von sphaera-Kugel und tilos-Flocke. Diese Schizomycee hat zu Fäden vereinigte Zellen, die schleimige, festsitzende oder freiflutende Flocken von schmutzig-weisser bis gelbbrauner Farbe bilden.

von der rechten und linken Talseite her, besonders aus der Gegend von Münchenbuchsee und Deisswil, Abwässer, die offenbar der Vorflut reichliche Mengen fäulnisfähiger organischer Substanzen zuführt. Hierdurch wurden der Entwicklung von Abwasserpilzen, wie *Sphaerotilus natans,* der sich hauptsächlich von hochmolekularen Stickstoffverbindungen ernährt, die besten Bedingungen zu einer üppigen Entwicklung geboten. Diesem Abwasserpilz kommt eine bedeutende Selbstreinigungskapazität zu, namentlich dann, wenn ihm reichlich Sauerstoff zur Verfügung steht, was zu seinem raschen Wachstum erforderlich ist.

NAUMANN (43) hat gezeigt, dass es möglich ist, die Reinigungskapazität von *Sphaerotilus*-Aufwuchs, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, aus seinem Sauerstoffverbrauch zu ermitteln. Rechnet man zunächst bei einer Temperatur von 22° C. für ein Liter *Sphaerotilus* einen Sauerstoffverbrauch von 10—20 cc, so ergibt sich pro Hektar und Stunde ein Sauerstoffverbrauch von 1—2000 Liter. Dementsprechend könnte ein Hektar *Sphaerotilus*-Aufwuchs pro Stunde 1,4—2,8 Kilo organische Substanz verarbeiten. Anderseits kann aber dieser Abwasserpilz auch wieder sekundär Verunreinigungen hervorrufen. Wird nämlich der *Sphaerotilus*-Aufwuchs zu dicht, und die Belastung durch Ablagerung von Detritus zu gross, so hält die Verankerung nicht mehr Stand, und er löst sich von seiner Unterlage ab, und veranlasst so das bereits oben erwähnte „Flockentreiben", welches schon aus ästhetischen Gründen unerwünscht ist.[86]) Die von ihrer Unterlage losgerissenen, zunächst noch lebenden *Sphaerotilus*-Flocken treiben flussabwärts, gelangen früher oder später zur Sedimentation und bilden, allmählich in Zersetzung übergehend, einen schwarzen Faulschlamm, dessen biochemischer Sauerstoffverbrauch ziemlich bedeutend sein dürfte.

Das zeitweise massenhafte Auftreten von *Sphaerotilus* im Oberlauf der Urtenen ist jedenfalls ein untrügliches Wahrzeichen dafür,

---

[86]) Diese Erscheinung kann auch durch ein Massensterben des Organismus bedingt sein, wie es nach den Berichten von BLÖCHLINGER und HUSMANN (7) im Frühjahr in der Limmat unterhalb Zürich zu beobachten ist. Die Ursache des massenhaften Absterbens dürfte eine Steigerung der Temperatur sein, da diese Bakterien relativ kaltes Wasser bevorzugen. (Dieselbe Ursache dürfte auch für die Verhältnisse im Moosseedorfsee zutreffen.)

dass dem Moosseedorfsee durch seinen Hauptzufluss grosse Mengen organischer Nährstoffe zugeführt werden, die hauptsächlich den hohen Eutrophiegrad dieses Gewässers bedingen.

Die beiden kleinen Wasseradern,[87]) welche die Seematten, das Gelände auf der Südseite des Moosseedorfsees durchfliessen, nehmen ihren Ursprung in Quellen am Terrassenrand des alten Sees in zirka 530 m Höhe, von wo sie in raschem Lauf dem zirka 200 m entfernten See zueilen (3—3,5 % Gefälle).

Bekanntlich entspricht die Temperatur vadoser Quellen, die aus geringer Tiefe kommen im allgemeinen der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes (8° C.). Wie aus den beifolgend zusammengestellten Messungen[88]) hervorgeht sind tatsächlich die Temperaturschwankungen relativ gering.

Datum	Zeit Uhr	Luft-temperatur C°	Bachtemperatur C°	
			Bach I	Bach II
9. I. 39	16	— 4,5	8,0	7,3
29. VI. 39	14.30	26,1	12,0	10,4
13 VII. 39	16.45	23,4	11,0	10,2
31. VII. 39	10.15	17.1	10,2	10,1
25 IX. 39	15.25	14,0	10,2	10,1
14. I. 40	11.10	— 6,0	7,4	8,2
23. I. 40	16 15	— 6,0	7,2	8,1
3. VII. 40	10.30	22,0	12,0	11,0

Diese Bäche führen also im Winter verhältnismässig warmes, im Sommer verhältnismässig kaltes Wasser, während in den Zwischenzeiten die Wassertemperaturen den Lufttemperaturen mehr oder weniger angeglichen sind.

Im Winter wird sich also das wärmere Bachwasser an der Mündung über dem kälteren Seewasser ausbreiten (vergleiche hierzu das im Abschnitt über die Vereisung auf pag. 132 Gesagte), während im Sommer das kältere Wasser im wärmeren Seewasser untersinkt. So war beispielsweise am 13. Juli 1939 die folgende Situation: die Quellbäche hatten eine Temperatur von 11—12°

[87]) Die Temperaturen sind immer an derselben Stelle, etwa 5 m vor der Einmündung in den See vorgenommen worden.

[88]) Bach I in der Mitte, Bach II im Westen des Geländes, beide sind auf Blatt 144, Topogr. Atlass d. Schweiz nicht eingetragen.

und das sich in den See ergiessende Wasser musste, bei einer Oberflächentemperatur von 23°, auf 4—5 m Tiefe absinken, um dort auf Wasserschichten gleicher Temperatur und Dichte zu gelangen.

In floristischer Hinsicht sind für die schmalen Uferböschungen dieser Bächlein die folgenden Pflanzen charakteristisch:

Lychnis Flos cuculi L.	*Cardamine pratensis L.*
Caltha palustris L.	*Filipendula Ulmaria (L.) Maxim.*
Potentilla erecta (L.) Hampe	*Sanguisorba officinalis L.*
Geum rivale L.	*Sium erectum Huds*
Alchemilla vulgaris L.	*Chaerophyllum hirsutum L.*
Epilobium hirsutum L.	*Lysimachia Nummularia L.*
Myosotis scorpioides L. em. Hill.	*Mentha aquatica L.*
Valeriana dioica L.	*Cirsium oleraceum L. (Scop.)*
Leontodon hispidus L.	*Crepis paludosa (L.) Mönch.*

Dann *Juncus subnodulosus* und, besonders in der Nähe der Mündungen in den See, die Schnabel- oder Flaschensegge, *Carex rostrata Stockes (= C. ampullacea Good. = C. inflata Sut.)*, die durch ihre bläulich-grünen Büschel weithin kenntlich ist.

Das Sumpf-Vergissmeinnicht, die Wasserminze und der Eppich dringen bis in das Bachbett vor, letzterer in einer kleinen, dem Bachgrund angeschmiegten, untergetauchten Form.

Im kleinen, den westlichen Teil des Geländes durchfliessenden Bächlein (II) sind insbesondere noch einige hier vorkommende Kryptogamen zu erwähnen. Im Oberlauf am Terrassenrand, sind nämlich im Bachbett stufenweise, durch Gitterwerk gedeckte Fischbehälter angelegt, deren Grund mit dichten grünen Rasen von Armleuchtergewächsen besetzt ist, *Chara foetida A. Br.* (reichlich fruchtifizierend). Es ist der einzige Standort rezent vorkommender *Characeen*, den ich im Gebiet des Sees feststellen konnte. Im Unterlauf des Bächleins finden wir die Seitenwände von dichten Polstern des zierlichen Laubmooses, *Hygroamblystegium filicinum (L.)* und den flachen riemenförmigen Thalli des Lebermooses, *Pellia Fabronia Raddi*, besetzt. Die Steine am Grund dieser kleinen Wasserläufe zeigen einen glatten, schön goldbraunen Ueberzug von Kieselalgen, der hauptsächlich von *Achnanthes minutissima Grun.* gebildet wird, wozu sich, aber in bedeutend kleinerer Individuenzahl, *Cocconeis placentula (Ehr.)* und *Navicula cryptoce-*

phala Kütz. var. intermedia Grun. gesellen. Nur ganz vereinzelt fanden sich einige Zellen von *Meridion circulare Agardh.*

In Entwässerungsgräben zwischen See- und Burgmatten finden sich der Eppich (Merk), *Sium erectum Huds.*, das Ufer-Ehrenpreis, *Veronica Anagallis L.* und die Bachbunge, *Veronica Beccabunga L.* Diese Arten bilden üppig vegetierende Bestände, deren untergetauchte Teile infolge des gleichmässig temperierten Wassers auch während eines grossen Teils der kalten Jahreszeit in frischgrünem, lebendem Zustand angetroffen werden. Ferner ist da auch das Flutende Süssgras, *Glyceria fluitans (L.) R. Brw.*, und die kleine Wasserlinse, *Lemna minor L.* letztere besonders an stark verunreinigten Stellen.

In einigen dieser Abzugsgräben beobachtet man gelegentlich auch ockerfarbene flockig-wolkige Massen, es sind die langen, röhrenförmigen Scheiden der Gemeinen Ockerbakterie, *Leptothrix ochracea Kütz*, deren Zellen die Fähigkeit haben, Eisen auszuscheiden. Nur in frischen Niederschlägen sind die Zellfäden zu finden, während ältere nur leere Scheiden enthalten. Wesentlich seltener ist *Gallionella*, ebenfalls ein zu den Eisenbakterien gehörender Organismus.

In die Hüttlibucht mündet auch der von Moosseedorf herkommende Dorfbach, der von mehreren, sich im Dorf vereinigenden, Quelladern gespeist wird. Wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt, sind auch hier die Wassertemperaturen sehr ausgeglichen.

Temperaturen des Dorfbaches

Datum	Zeit Uhr	Luft-temperatur C°	Bach-temperatur C°
5. I. 39	16	1,0	7,0
23. I. 39	16	4,5	8,0
31. III. 39	15	14,0	9,0
29. VI. 39	14	26,2	12,0
13. VII. 39	17.30	23,0	11,0
19. VII. 39	10.45	22,3	12,0
31. VII 39	9.45	17,1	11,0
25. IX. 39	15 50	14,0	11,0
14. I. 40	11.20	— 4,0	7,2
23. I. 40	16	— 6,0	7,0
3. VII 40	11	22,0	12,0
31. XII 40	10.30	3,0	7,4

Die Temperaturverhältnisse des äussersten zungenförmigen Seeendes zwischen der Badeanstalt und dem südsüdwestlichen Ufer werden vom Wasser dieses Baches ziemlich stark beeinflusst. Im Sommer sind nämlich hier die Seetemperaturen etwas niedriger, im Winter dagegen dementsprechend höher, was sich, wie oben schon erörtert wurde, bei der Ausbildung und dem Zustand der Eisdecke deutlich bemerkbar macht.

Auf dem kiesigen Grund dieses rasch fliessenden Baches finden sich gelegentlich die schwarz-grünen Polster des Wassermooses, *Rhynchostegium rusciforme (Weis.)*

Erwähnt sei endlich noch ein kleiner Wassergraben, der Ueberlauf einer Quellfassung in der Burgmatten, der am Südende des Sees den Kleinseggenbestand durchfliesst. Die Strömung ist nur sehr gering und die Wassertemperaturen sind von einer auffallenden Gleichmässigkeit. Bei wiederholt im Sommer und Winter vorgenommenen Messungen habe ich stets 10—11,5° C. festgestellt. Das Wasser dieses kleinen Fliesses ist meist von braunen, fädigen, schleimigen Massen erfüllt, die auf eine üppige Kieselalgenvegetation hinweisen. Die Artenzahl hat sich zwar als gering erwiesen, aber dafür sind die wenigen Arten hier in ihrem Vorkommen ausserordentlich konstant.

Melosira varians C. A. Ag. während des Sommers 1939 mit intensiver Auxosporenbildung, vegetativer Art.

Meridion circulare Agardh, jene merkwürdige Kieselalge, deren keilförmige Zellen zu fächerförmigen oder kreisförmigen Bändern vereinigt sind.

Stauroneis phoenicenteron Ehr. und *St. anceps var. linearis (Ehr.) Cleve.*

Ausserdem können zeitweise auch *Closterium turgidum Ehrb.* (dieselbe *Desmidiacee,* die in den „Fladen" zu finden ist) und *Oscillatoria limosa Ag.* nebst *Euglenen* der Diatomeenflora hier beigemengt sein.

Der kleine Moosseedorfsee (Hofwilsee)

Der rundlich-ovale See umschliesst mit seiner zirka 650 m langen Uferlinie eine Wasserfläche von 203,20 Aren.[89]) Die grösste

[89]) Diese Angabe verdanke ich Herrn Geometer BANGERTER in Fraubrunnen.

Länge des Seebeckens misst zirka 240 m, seine grösste Breite zirka 140 m. Die grösste Tiefe, die sich auf der Nordseite befindet, beträgt 2,10 m, während in den meisten übrigen Seeteilen nur eine Wassertiefe von 0,9—1,30 m festzustellen ist. Im Verlauf der Untersuchungen habe ich mit Hilfe von Herrn R. UTIGER den See zweimal ausgelotet, und zwar möglichst an den gleichen Punkten, wo STECK dies bereits im Jahre 1892 getan hat. (Vergleiche die Karte bei STECK, 61.)

Unsere Messungen haben auf den entsprechenden Lotpunkten um 0,8—1,4 m geringere Tiefenwerte ergeben, als jene von STECK. Die damals gemessenen Tiefen waren 3,5—2,00 m, während sie heute nur noch 2,10—1,20 m betragen. Die Tiefe des Seeleins hat also zweifellos in den letzten 50 Jahren erheblich abgenommen, was zum Teil durch die Sedimentation von Schlamm, der ihm in beträchtlicher Menge durch die Urtenen zugeführt wird, bedingt ist. (Vergleiche auch das bei FRÜH und SCHRÖTER (17) bei p. 558—559 Gesagte.) Die Hauptursache dieser bedeutenden Tiefenverminderung ist aber die in den Jahren 1917—1920 durchgeführte Melioration des Münchenbuchsee-Mooses und die damit verbundene Absenkung der beiden Seen um zirka 90 cm, die sich im Kleinen See viel nachhaltiger ausgewirkt hat, als im Grossen, wo eine Verminderung der Tiefe heute kaum nachzuweisen ist.

Da es sehr umständlich und mühsam ist, ein Boot vom Grossen See durch den Urtenenkanal nach dem Kleinen Moosseedorfsee zu staken, [90]) musste ich mich damit begnügen, diese Untersuchungen in vier Terminen durchzuführen. Die Untersuchungstermine aus dem Jahre 1938, deren Resultate in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst sind, waren so gelegt, dass sie den Zustand des Sees im frühesten Frühjahr, im Sommer, sowie im Spätherbst erfassten. Die Resultate der vierten Untersuchung vom 21. Juli 1939 sind hier nicht im einzelnen wiedergegeben, da sie jene des Vorjahres bestätigen.

Die Seefarbe ist grau mit einem Stich ins Grüne und entspricht der Nummer 330 der Farbenskala von Séguy, die Wasserfarbe da-

---

[90]) Den Herren UTIGER, Vater und Sohn, möchte ich an dieser Stelle nochmals meinen besten Dank sagen für die Bereitwilligkeit, mit welcher sie auch hier ihr Boot zur Verfügung stellten und für meine Untersuchungen auf den Kleinen Moosseedorfsee brachten.

Kleiner Moosseedorfsee

Tiefe m	Temp. C°	O_2	S	S %	Alkal.	pH [91])
15. März 1938, Transparenz 0,79 m						
0,0	8—9,1	7,1	7,84	90,8	5,84	7,6
0,5	7,4	—	—	—	—	—
1,0	7,0	7,2	8,04	89,5	—	—
1,8	6,4	6,5	8,04	80,8	5,84	7,6
21. Juli 1938, Transparenz 1,40 m						
0,0	15,0	3,31	6,61	50,07	5,98	7,4
0,5	14,0	—	—	—	—	—
1,0	13,4	4,14	6,75	61,33	—	—
1,8	13,4	4,30	6,75	63,70	6,00	7,4
17. November 1938, Transparenz 1,60 m						
0,0	9,0	5,55	7,65	72,54	—	—
0,5	8,4	—	—	—	—	—
1,0	8,3	6,02	7,65	81,30	6,06	7,5
1,8	8,2	6,11	7,84	79,73	—	—

gegen leicht gelb, Nummer 270, oder blaugrün, Nummer 395 der Farbenskala.

Im allgemeinen ist die Durchsichtigkeit recht gross und daher der Grund meist sichtbar, so dass ihn also verhältnismässig viel Licht erreicht. Entsprechend seiner geringen Tiefe und seiner zeitweiligen ziemlich beträchtlichen Wassererneuerung, weist der Kleine Moosseedorfsee eine nur geringe thermische Schichtung auf, und es können in kurzer Zeit grosse Temperaturschwankungen

[91]) In der obigen Tabelle dedeuten:

Temp. = Wassertemperaturen in Grad C.
O_2 = Sauerstoffgehalt in cm^3/l bei 0° und 760 mm Druck.
S = Sättigungswerte des Wassers mit Sauerstoff in cm^3/l berechnet nach den Absorptionskoeffizienten von Winkler bei der Temperatur Tp. für den jeweiligen Barometerstand in Moosseedorfseehöhe.
% S = Sauerstoffgehalt in Prozenten der Sättigung.
Alkal = Alkalinität
pH = Wasserstoffionenkonzentration.

eintreten. Infolge dieser thermischen Verhältnisse ist auch eine chemische Stratifikation kaum vorhanden.

Die Alkalinität beträgt 5,42—6,06 was einem $CaCO_3$ Gehalt von 271—303 mg/l entspricht, die Konzentration der Karbonate ist hier somit etwas höher als im Grossen Moosseedorfsee. Das Gleiche gilt auch für den Kieselsäuregehalt, der nach meinen Bestimmungen im Kleinen See 11 mg/l beträgt. Der Gehalt freier Kohlensäure schwankt von 6—17 cm^3/l und ist also zeitweise recht bedeutend. Die, leider nur bei einer Terminuntersuchung (20. Juli 1939) vorgenommene, Bestimmung der Oxydabilität ergab einen Verbrauch von 14,37 mg/l Kaliumpermanganat. Bemerkenswert ist die hohe Konzentration des Ammoniaks, welche 0,38—0,9 mg/l erreicht, wobei es sich hier um Werte aus dem freien Wasser, nicht etwa um Proben aus bodennahen Schichten handelt.

Dem Kleinen Moosseedorfsee wird durch den Urtenenbach ein mit mineralischen Sinkstoffen und häuslichen Abwässern[92]) ziemlich stark verunreinigtes Wasser zugeführt. Dieses hat im Lauf der Zeit im See einen bedeutenden Niederschlag an Faulschlamm herbeigeführt. In diesem spielen sich, unter vollständigem, oder fast vollständigem Sauerstoffabschluss, intensive Reduktionsvorgänge ab, wobei, als Endprodukte von Gärungen der Eiweisstoffe und Kohlehydrate, Gase, wie Schwefelwasserstoff, Mercaptan, Methan, Wasserstoff und Kohlensäure, entstehen. Vor allem machen sich der Schwefelwasserstoff und das Mercaptan durch ihren starken, unangenehmen Geruch bemerkbar, besonders dann, wenn die Zersetzung, bei der auch gewisse Mikroorganismen von grosser Bedeutung sind, durch die sommerliche Wärme intensiviert ist.

Die Einschaltung einer Kläranlage (Faulverfahren zweier hintereinander geschalteter Faulbecken) im Bachlauf ist eine dringende Notwendigkeit, wenn nicht schon in absehbarer Zeit eine Verunreinigung und Schädigung des Grossen Moosseedorfsees sich geltend machen soll.

Ausser vereinzelten gelegentlich gefundenen Planktonorganismen, wie z. B. *Synura,* konnte im übrigen im Kleinen Moosseedorfsee ein eigentliches Plankton nicht festgestellt werden. Neben sehr vielem Detritus, wie Fasern und Haare, fanden sich im Residuum

[92]) Die Verunreinigung durch Abwässer verrät sich auch durch das zeitweise Auftreten gewisser Organismen. Vergl. hierzu den Abschnitt über das Flockentreiben auf p. 196—197.

der Netzfänge nur *Amoeben (Lacrimaria, Stentor) Euglenen* und *Schizophyceen (Oscillatorien, Spirulina)* sowie gelegentlich auch Grunddiatomeen, wobei zu sagen ist, dass besonders die Letzteren durch den Auftrieb der *Cyanophyceen-Diatomeen* Filze in das freie Wasser gelangen. (Vergl. den folgenden Abschnitt.)

Von *Crustaceen* habe ich nur einige Exemplare von *Alona quadrangularis Sars.* gesichtet, die sich hauptsächlich in der Uferregion aufhalten.

Der Fischbestand ist nach Aussage von Herrn R. UTIGER, der den See seit vielen Jahren in Pacht hatte, entsprechend den gegenwärtigen biologischen Verhältnissen, und verglichen mit früheren Zeiten, ein wenig befriedigender. Hechte, Schleien und Rötel fristen zur Zeit nur noch ein kümmerliches Dasein.

Oscillatorien-Diatomeen Filze

(Fladenbildungen)

Zeitweise sind auf der Seeoberfläche des Kleinen Moosseedorfsees herumtreibende schaumige, graue oder schmutzigolivbraune, meist mit spangrünen Flecken besetzte Massen zu beobachten. Sie bestehen aus Algen und Schlammpartikeln, die stark von Gasblasen durchsetzt sind, so dass das Ganze ein ausserordentlich lockeres Gefüge darstellt, das bei der leisesten Berührung zerfällt und untersinkt. Wir wollen diese Gebilde kurzweg als „Fladen" bezeichnen. Sie erscheinen besonders im Frühjahr, zuweilen auch im Sommer und Herbst, aber dann weniger zahlreich, und meist nur vorübergehend.

Während meiner Untersuchungen auf dem See habe ich stets die Gelegenheit wahrgenommen, Proben dieser Fladen zu sammeln, da eine mikroskopische Analyse derselben einen guten Einblick über das Vorhandensein einer ganzen Anzahl Organismen ermöglicht, die sonst nicht ohne weiteres zu erlangen und zu fassen sind. Was die Entstehung der Fladen anbetrifft, so wird diese durch folgendes verständlich:

Ein meist wesentlicher Bestandteil dieser Gebilde sind *Schizophyceen,* und es ist bekannt, dass diese Organismen unter Bildung von Gasvakuolen die Fähigkeit besitzen, sich vom Grund der Gewässer, wo sie sich entwickeln, zeitweise an die Oberfläche zu gelangen und dort eigentliche Wasserblüten zu bilden. So konnte

ich am 15. März 1938 im Laufe des Nachmittages, während ich auf dem Kleinen Moosseedorfsee (Hofwilsee) arbeitete, beobachten, wie sich die Oberfläche innerhalb weniger Stunden mit zum Teil über handgrossen Fladen bedeckte. Beim Aufstieg an die Oberfläche reissen die dichtverflochtenen Trichome der *Schizophyceen* Grundschlamm mit anderen dort lebenden Organismen, besonders *Diatomeen* mit in die Höhe.

Die „Fladen" entstehen also hauptsächlich, wahrscheinlich sogar ausschliesslich, im Kleinen Moosseedorfsee, von wo sie durch den Urtenenkanal in den Grossen Moosseedorfsee gelangen, um sich dort auch auf der ganzen Oberfläche auszubreiten.

Hier seien einige Analysen über die Zusammensetzung der „Fladen" mitgeteilt:

Material vom 15. März 1938 aus dem Kleinen Moosseedorfsee: „Fladen" von dunkelgrüner Farbe in lebendem [93]) Zustand, trocken spangrün.

Hauptbestandteile:

Spirulina Jenneri (Stiz.) Geitl. = Arthrospira Jenneri Stiz.
Navicula ambigua Ehr. = N. cuspidata var. ambigua (Ehr.) Cleve.

Häufig sind ferner:

Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve.
Pinnularia nobilis Ehr.
Cymatopleura elliptica (Bréb.) W. Smith.

Ausserdem fanden sich in der Probe:

Neidium iridis (Ehr.) Cleve.
Stauroneis phoenicenteron Ehr.
Cymbella Ehrenbergii Kütz.
Nitzschia sigma (Kütz) W. Smith.
Cymatopleura solea (Bréb.) W. Smith.
Surirella Capronii Bréb.

Als schon im Oktober des gleichen Jahres im Hofwilsee abermals eine ziemlich starke Fladenbildung einsetzte, gelang es mir am 17. November, bei verhältnismässig durchsichtigem Wasser und entsprechend günstiger Beleuchtung, vom Boot aus direkt zu beob-

[93]) Untersuchungstechnik: Ein Teil des Materials ist in frischem Zustand mikroskopiert worden, ein anderer Teil, der zur Bestimmung der Diatomeen diente, entsprechend vorbehandelt und in Styrax untersucht.

achten, wie sich der Blaualgenbelag, der dort den Faulschlamm am Seegrund überzieht, schollenweise abhob, um dann rasch an die Oberfläche zu steigen. Diese Fladen hatten ein braunes, samtartiges Aussehen und zeigten eine etwas andere Zusammensetzung als diejenigen des Frühjahres. Von *Spirulina Jenneri* waren nur noch ganz vereinzelte Trichome zu finden, und die *Cyanophyceen* jetzt durch *Oscillatoria limosa Ag.* und *O. tenuis Ag.* vertreten, letztere kennzeichnet sich in den Fladen als spangrüne Flecken. Als neue, in sehr grosser Individuenzahl auftretende Komponente erschien nun auch *Closterium acerosum (Schrank) Ehrb.*, eine jener *Desmidiaceen*, die sich auch in einem rein alkalischen Milieu vortrefflich zu entwickeln vermögen. In der ganzen Masse eingelagert fanden sich auch *Euglenen* und sehr zahlreiche Wimperinfusorien, z. B. *Carchesium.*

Die vorherrschenden *Diatomeen* waren:
Cymbella Ehrenbergii Kütz.
Pinnularia major (Kütz) Cleve.
Pinnularia nobilis Ehr.
Nitzschia sigma (Kütz) W. Smith.

Häufig ferner: *Cocconeis placentula var. lineata (Ehr.) Cleve, Amphora ovalis Kütz, Cymatopleura solea (Bréb.) W. Smith.*

Nur vereinzelt: *Cymatopleura elliptica (Bréb.) W. Smith, Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve, Neidium iridis (Ehr.) Cleve, Stauroneis phoenicenteron Ehr.*

Ausdrücklich sei hier hervorgehoben, dass die im Fladenmaterial enthaltenen *Diatomeen* lebend waren, was sich bei der mikroskopischen Untersuchung durch die normale Lagerung des Zellinhaltes und besonders durch die schön dunkelbraunen Chromatophoren kund tat. Es handelt sich um Arten, deren Hauptverbreitung in den tieferen Regionen liegt, und die weitgehend an Lichtarmut und Sauerstoffmangel angepasst sind, meist grosse, einzellebende Formen.

Im Frühjahr und Sommer 1939 zeigten die „Fladen" eine annähernd gleiche Zusammensetzung wie im Herbst 1938.

Im Frühjahr 1940 begann wiederum im März die Fladenbildung im Kleinen Moosseedorfsee, die im April ihren Höhepunkt erreichte. Die Fladen trieben in enormer Menge durch den Urtenenkanal nach dem Grossen Moosseedorfsee, wo an windstillen Tagen zuweilen der ganze obere Seeteil davon bedeckt war, und zwar in

einer Dichte, wie dies sonst nur bei teichartigen Gewässern in die Erscheinung tritt.

Mehrere Untersuchungen des die Fladen zusammensetzenden Materials ergaben, dass auch wieder *Oscillatoria tenuis Ag.* (intensiv blaugrün) und *Osc. limosa Ag.* die Hauptkomponenten derselben waren. Von Diatomeen waren in den Proben vorhanden:

Navicula cuspidata Kütz.
Pinnularia major Kütz., häufig.
Cymbella Ehrenbergii Kütz.
Nitzschia sigmoidea (Ehr.) W. Smith, häufig.
Cymatopleura solea (Bréb.) W. Smith, häufig.
Surirella robusta Ehr.

Ausserdem sehr zahlreich *Closterium acerosum (Schrank) Ehrb.* und von tierischen Organismen: *Nematoden, Cyclops* (vereinzelt) und viele *Infusorien.* Im ganzen scheinen also die Organismen, welche die Schlammfladen zusammensetzen, auf längere Zeit hin ziemlich konstant zu sein.

Abgesehen davon, dass diese Gebilde die Wasseroberfläche verunreinigen, tragen sie beim Absinken nach ihrem Zerfall fäulniserregende Stoffe in die Tiefe und verursachen dadurch eine Zehrung des im Wasser gelösten Sauerstoffes.

Zeitweise ist auch eine enorme Entwicklung der Schraubenalge, *Spirogyra,* im Kleinen See zu beobachten. Zu grossen, intensiv grünen Watten geballt treibt dann diese Alge an der Oberfläche der Uferzone und im Kanal, wo sich diese Algenwatten gelegentlich an den in das Wasser überhängenden Zweigen der Ufergebüsche, zu grossen, dichten Massen stauen.

Die Vegetation des kleinen Moosseedorfsees

Der Kleine Moosseedorfsee ist von einem dichten, bis 10 m breiten, Schilfrohrbestand umschlossen, der auch bei Niederwasser kaum zugänglich ist. In diesem Rohrwald und der dahinter versteckten Wasserfläche finden zahlreiche Wasservögel einen ungestörten Lebensraum, besonders seitdem hier ein Vogelschutzgebiet besteht.

Die Begleitpflanzen des *Phragmitetums* sind die folgenden:

Lythrum Salicaria L.
Angelica silvestris L.
Myosotis scorpioides L. em. Hill. in sehr grossen Exemplaren.

Mentha aquatica L.
Lycopus europaeus L.
Veronica Beccabunga L.

Galium palustre L.

Iris Pseudacorus L.
Phalaris arundinacea L. das besonders an der Nordostseite des Sees am Rande des Phragmitetums gegen das Wiesland einen dichten Bestand bildet.
Sparganium simplex Huds.
Typha latifolia L. bildet auf der südsüdost Seite des Sees einen kräftigen, dem Schilf vorgelagerten Bestand.
Acorus Calamus L. auf der Nordseite.

Gegen das offene Wasser hin ist der Rohrwald von einer breiten Zone von Gelben Teichrosen, *Nuphar luteum Sibth et Sm.* umsäumt. Im südwestlichen Teil des Sees, rechts von der Einmündung der Urtenen, hat der See bei Mittelwasser eine Tiefe von zirka 1 m, hier hat sich im schlammig-seichten, sehr nährstoffreichen Grund der Teichrosenbestand ausserordentlich üppig entwickelt. Die Wasserfläche ist buchstäblich mit *Nuphar*-Blättern bedeckt, worunter sich solche von bemerkenswerter Grösse befinden. Ich habe solche von 44 cm Länge und 32 cm Breite gemessen. In phaenologischer Hinsicht ist dieser Standort insofern interessant, als schon im April voll entwickelte Schwimmblätter auf der Wasserfläche liegen, während im grossen See noch kaum die jungen, eingerollten Blätter in der Tiefe zu bemerken sind. Im Kleinen Moossee ist die Eisdecke sehr unbeständig und rasch vergänglich, und schon im frühen Frühjahr erwärmt sich das seichte Wasser in relativ kurzer Zeit, so dass die Schwimmblätter frühzeitig aus der geringen Tiefe an die Oberfläche gehoben werden. Die Weisse Seerose, *Nymphaea alba L.* scheint hier nicht vorzukommen. Von untergetauchten oder schwimmenden Wasserpflanzen habe ich ausser der Teichrose nur den Wasserstern, *Callitriche verna forma submersa Glück,* im seichten Wasser feststellen können.

Hinter der Schilfformation folgt das *Caricetum elatea,* mit grossen bis 60 cm hohen Bülten, das in einer Zone von wechselnder Breite, zirka 20—30 m, fast das ganze Gebiet des Hofwilsees um-

gibt. Diese Zone entspricht ungefähr der Reichweite des Hochwassers und setzt landwärts fast unvermittelt gegen das Kulturland ab, das zirka 0,30—0,40 m höher liegt, wodurch das früher bedeutend grössere, heute bis auf einen kleinen Rest verlandete Seeareal gekennzeichnet ist. An nassen, meist überschwemmten Stellen, zum Teil auch zwischen den Schilfstengeln, sind einzelne grosse Horste, die landwärts immer dichter und niedriger werden, um schliesslich zu einem geschlossenen Rasen zusammen zu treten. Zwischen den Seggen-Horsten wachsen Lichtnelken, *Lychnis Flos cuculi* L., grosse Büsche von Dotterblumen, *Caltha palustris L.*, Brustwurzstauden, *Angelica silvestris L.*, während sich im geschlossenen Rasen Wiesen-Schaumkraut, *Cardamine pratensis L.*, die Rüsterstaude, *Filipendula Ulmaria (L.) Maximow.*, der Münz-Weiderich, *Lysimachia Nummularia L.*, *Myosotis scorpioides L. em. Hill.* und die Wald-Binse, *Scirpus silvaticus L.*, die letztere besonders an der Südseite des Sees, angesiedelt haben. Grosse Weiden- und Erlensträucher begrenzen im Westen die Seelandschaft.

Einige ornithologische Beobachtungen während meiner Untersuchungen an den Moosseen

Wildenten, *Anas platyrhyncha platyrhyncha L.* und Blässhühner, *Fulica atra atra L.*, sind während des ganzen Jahres mehr oder weniger zahlreich auf dem See anzutreffen. Im frühen Frühjahr, zur Zeit des Eisaufbruches, sitzen diese Vögel oft in grossen Scharen an den Rändern der schmelzenden Eisplatten (23. Januar 1939, 8. März 1940).

Der Haubentaucher, *Podiceps cristatus cristatus (L.)*, ist hier ebenfalls häufig, im Juli hat man Gelegenheit, ihn mit den Daunenjungen auf der Wasserfläche herumziehen zu sehen.

Das Uferröhricht ist von Rohrsängerarten, *Acrocephalus*, belebt.

In vereinzelten Exemplaren oder gelegentlich auch in kleineren Scharen erscheinen Möven, *Larus ridibundus ridibundus L.*, am See, ferner der Rot-Milan, *Milvus milvus milvus L.*, letzterer von Mai bis Juli. Ein seltenerer Gast ist der Fischreiher, *Ardea cinerea cinerea L.* Immerhin habe ich diese schönen Vögel wiederholt beobachten können, einzeln oder paarweise im Uferschilf stehend oder über dem See fliegend. Am 21. Juli 1938 am Kleinen Moos-

seedorfsee im Schilf, 11. Oktober 1938, 20. Juli 1939 am Kleinen See, am 15. August 1939 kreisen zwei Fischreiher über dem Grossen See, streichen dann gegen den Bubenlohwald ab, um sich dort auf den Kronen hoher Bäume niederzulassen.

Im Frühjahr 1939 brütete ein Schwanenpaar, *Cygnus olor (Gm.)*, am Kleinen Moosseedorfsee. Aus diesem Gelege gingen drei Junge hervor, von denen zwei Tiere von Anfang an ein rein weisses Gefieder hatten, während das dritte die normale graue Farbe hatte. Bei den weissen Daunenjungen handelt es sich um die merkwürdige, im allgemeinen wenig bekannte Erscheinung von sogenannten falschen Albinos. Ueber das erstmalige Auftreten solcher falschen Schwanenalbinos, sowie die Vererbung dieser Eigenschaft (geschlechtsgebundenes Merkmal, nur weibliche Tiere sind weiss), sind wir durch die Beobachtungen von F. A. FOREL (16, Bd. III, p. 308—326) und A. MAILLEFER (33) sehr gut unterrichtet. Im Sommer 1941 war abermals eine Schwanenfamilie mit vier Jungen auf dem Moosseedorfsee zu beobachten, von denen zwei normal grau und zwei wiederum falsche Albinos waren. Die Eltern dieser Schwanenfamilie waren sicher die gleichen, wie jene vom Jahr 1939.

Die vorliegende Untersuchung wurde am 1. März 1938 begonnen. Die erste Terminuntersuchung fand am 8. März 1938 statt. Die letzte Untersuchung auf dem See: am 25. Juli 1941. Die letzte Begehung im Gebiet der Seen: am 16. Mai 1942. Das Manuskript war druckfertig ausgearbeitet: am 6. Dezember 1942.

Literaturverzeichnis

1. ALSTERBERG, G. Die Dynamik des Stoffwechsels der Seen im Sommer. Mit einer Zusammenfassung der mit Bromvoroxydation verbundenen Sauerstoffanalyse. — Lund 1935, 180 S.
2. BACHMANN, H. Das Phytoplankton des Süsswassers mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees. — Jena (Gustav Fischer) 1911, 213 S., 29 Fig., 15 farb. Taf.
3. BACHMANN, H. Hydrobiologische Untersuchungen am Rotsee. — Zeitschr. f. Hydrologie, **V.** Jahrg., Heft 3/4, 1931 (39—81), mit 8 Taf. u. 16 Tab.
4. BAUDIN, L. Contribution à l'étude de la répartition verticale du plancton dans le Léman. — Thèse Lausanne 1919 (46 S.)
5. BAUMANN, E. Die Vegetation des Untersees (Bodensee). Eine Floristisch-kritische und Biologische Studie. — Inaug. Diss. phil. Zürich 1911. Auch Archiv. f. Hydrobiol. Supplementband **1,** 1911 (V + 545), 15 Taf. und 31 Fig.
6. BIRGE, A. EDW. The Heat Budgets of American and European Lakes. — Transact. of the Wisconsin Acad. of Sc. and Arts and Letters **XVIII,** part. I, 1915 (166—213).
7. BLÖCHLINGER, G. u. HUSMANN, W. Beitrag zur Kenntnis der Wachstumsbedingungen von Abwasserpilzen in fliessenden Gewässern. — Zeitschrift f. Hydrobiolog. **VIII,** 1938 (55—61), mit Abb.
8. BREHM, V. u. RUTTNER, F. Die Biocönosen der Lunzer Gewässer. — Internat. Rev. d. gesam. Hydrobiol. u. Hydrogr. **XVI,** 1926 (281—391).
9. BUFFLE, JEAN-PH. Séparation et détermination quantitative des matières organiques en suspension dans l'eau. — Compte Rendu Séan. Soc. Phys. et Hist. Nat. de Genève, **57,** 1940 (277—280).
10. BURCKHARDT, G. Faunistische und systematische Studien über das Zooplankton der grösseren Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Revue suisse de Zoologie **7,** 1899 (353—714), mit Tafel 18—22, auch Diss. phil. Basel 1900.
11. v. BÜREN, G. Der Gerzensee, eine Limnologische Studie. — Mitteil. d. Naturf. Gesel. in Bern a. d. Jahre 1935 (1936), (29—94), mit 1 Bildtafel, 2 Fig. und 3 Kurventabellen.
12. v. BÜREN, G. Der Amsoldingersee. — Mitteil. d. Naturf. Ges. Bern a. d. Jahre 1937 (1938), (50—132), mit 4 Taf. und Kurventab. im Text.
13. DELEBEQUE, A. Les Lacs Français. — Paris 1898 (XI + 436), avec 153 Fig. et 22 Pl.
14. DÜGGELI, M. Die Schwefelbakterien. — Neujahrsblatt d. Naturf. Ges. Zürich auf das Jahr 1919, 121. Stück, 43 S.
15. FISCHER, L. Flora von Bern. — Neunte Aufl. herausgegeb. von Ed. Fischer Bern (Benteli) 1921 (XXXII + 383).

16. FOREL, F. A. Le Léman, Monographie Limnologique 3 Vol. — Lausanne (F. Rouge) 1892—1901.
17. FRÜH, J. u. SCHRÖTER, C. Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. — Beitr. z. Geologie d. Schweiz, Geotechn. Serie, III. Lief. 1904 (750 S.), mit Textfig. u. Taf.
18. GEMEINHARDT, K. Die Gattung Synedra in systematischer, zytologischer und ökologischer Beziehung. — Pflanzenforschung herausgegeb. von Kolkwitz, Heft 6, Jena 1926, 88 S., IV Taf.
19. GLÜCK, H. Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse, 4. Teil: Untergetauchte und Schwimmblattflora. — Jena (Gustav Fischer) 1924 (VI + 746), mit 94 Fig. und 8 Taf.
20. GUMMEL, H. Der Pfahlbau Moosseedorf bei Bern. — Inaug. Diss. phil. Bern 1920. Hannover 1923, 37 S., 8 Taf.
21. GUYER, O. Beiträge zur Biologie des Greifensees. — Archiv f. Hydrobiol. **6**, 1910, 96 S., 27 Textfig. u. 6 Taf.
22. HALBFASS, W. Grundzüge einer vergleichenden Seekunde. — Berlin (Gebr. Bornträger) 1923 (V + 354), mit 110 Abb. im Text.
23. HANDKE, H.-H. Hydrographische und biochemische Untersuchungen über die Plankton-Produktionskraft des Süssen Sees bei Halle. — Botanisches Archiv **42**, 1941 (149—200).
23 a. HÖHN-OCHSNER, W. Die stehenden Gewässer und Moore der Herrschaft Wädenswil. 1. Teil: Der Hüttnersee, seine Lebewelt und Geschichte. — XII. Neujahrsblatt der Lesegesellschaft Wädenswil für 1942. (70 S. mit 17 photogr. Aufnahmen und 20 Tafeln.)
23 b. HUBER-PESTALOZZI, G. Das Phytoplankton des Süsswassers. — In Thienemann: „Die Binnengewässer", Bd. XVI, 1938.
24. KELLER, P. Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre Florengeschichtliche Deutung. — Veröffentl. d. Geobotan. Inst. Rübel in Zürich. 5. Heft. Bern (Hans Huber) 1928, 163 S. mit 20 Tab.
25. KLUT, H. Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. — Berlin (Julius Springer) 1931, 6. Auflage (II + 180 S.), mit 40 Abb.
26. KÖNIG, FR. Die Siedlungen im Moosseegebiet seit der Urzeit. — Mitteil. Naturf. Ges. Bern aus d. Jahre 1926 (1927) (170—193), mit 1 Tafel.
27. KÖNIG, Fr. u. RUFER, FR. Land und Leute des Moosseetales. 1. Teil: KÖNIG, Fr. Ein Beitrag zur Heimatkunde im Rahmen der Geschichte des Bernerlandes und Bernervolkes (VIII + 207). 2. Teil: RUFER, FR. Bericht über die in den Jahren 1917—1920 durchgeführte Melioration des Münchenbuchseemooses (64 S.). — Münchenbuchsee (Flurgenossenschaft des Münchenbuchseemooses) 1920, mit zahlreichen Abb.
28. LAFAR, F. Handbuch der technischen Mykologie, Bd. 3: Mykologie des Bodens, des Wassers und des Düngers. — Jena (Gustav Fischer) 1900—1907, 504 S. mit Taf. u. Abb.
29. LAKOWITZ. Zur Physiographie der drei Seen: Modersee, Glamkesee und Sommerkauersee, 10 Seiten in der Abhandlung „Die Seen im Bem-

bernitztal, Landkreis Danziger Höhe". — **56.** Bericht d. Westpreuss. Botanisch-Zoologischen Vereins. Danzig 1934.

30. LA ROCHE, R. Die Copepoden der Umgebung von Bern. — Diss. phil. Bern 1906.
31. LOTZ, H. Beiträge zur Hydrobiologie des Oberen Allgäu. — Archiv f. Hydrobiologie **XX,** 1929 (531—634).
32. LÜTSCHG, O. siehe MAURER, J. u. LÜTSCHG, O. Nr. 36.
33. MAILLEFER, A. Variations des cygnes du Léman. — Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat. **54,** 1921 (149—154).
34. MAURER, J. Die Verdunstung auf den Seen am Nordfuss der Alpen während der grossen Hitze- und Dürrezeit 1911. — Meteorolog. Zeitschrift **28** (545—555) 1911.
35. MAURER, J. Ueber die Grösse der jährlichen Verdunstung auf Schweizerseen am nordalpinen Fuss (Aegeri- und Zugersee). — Meteorolog. Zeitschrift **30,** 1913 (209—213).
36. MAURER, J. u. LÜTSCHG, O. Einige Ergebnisse über die Verdunstungsgrösse freier Wasserflächen im schweizerischen Hochgebirge (Mattmark- u. Hopschensee). — Annalen d. Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt. Anhang 6, 1923.
37. MAURER, J. u. PEPPLER, W. Verdunstung von freien Wasserflächen. — Zeitschr. f. angew. Meteorolog. **53,** 1936 (313—323).
38. MEISTER, FR. Die Kieselalgen der Schweiz. — Beitr. z. Kryptogamenfl. d. Schweiz. Bd. **IV,** 1. Bern (K. J. Wyss) 1912, 254 S. mit 48 Taf.
39. MERKER, E. Die Fluoreszenz der von Pflanzen und Tieren bewohnten Gewässern und ihre verminderte Lichtdurchlässigkeit. — Die Naturwissenschaften **19,** 1931 (433—435).
40. MERZ, ALFR. Die Oberflächentemperatur der Gewässer. Methoden und Ergebnisse. — Veröffentl. d. Institutes f. Meereskunde, Berlin N. F. A. Geogr.-naturw. Reihe, H. 5, Febr. 1920, 42 S.
41. MINDER, L. Ueber biogene Entkalkung im Zürichsee. — Verhand. d. Inter. Vereinigung f. Limnologie. — Kiel 1922 (20—32).
42. MÜLLER, LUISE. Grundzüge einer vergleichenden Anatomie der Blumenblätter (Nuphar luteum, p. 40—46). — Verhandl. d. Kaiserl. Leopold.-Carolin. Deutschen Akadem. d. Naturf. **59,** 1893 Halle (1—356).
43. NAUMANN, E. Ueber Sphaerotilus-Aufwuchs als Selbstreiniger und Selbstverunreiniger der Flussläufe. Einige prinzipielle Erwägungen. — Archiv f. Hydrobiologie **26,** 1934 (472—480).
44. NEUWEILER, E. Die Prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Funde. — Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich, Jahrg. **L,** 1905 (23—132).
45. NIPKOW, FR. Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. — Zeitschr. f. Hydrologie, Aarau 1920 (23 S.), 2 Fig. u. 3 Taf.
46. NUSSBAUM, FR. Das Moosseetal ein diluviales Fluss- und Gletschertal. — Mitteil. Naturf. Ges. Bern a. d. Jahre 1926 (1927), (122—169), mit 3 Kärtchen und 12 Abb.

47. OHLE, W. Chemische und physikalische Untersuchungen norddeutscher Seen. — Archiv f. Hydrobiologie **26,** 1933 (386—464), (584—658), mit vielen Tab.
48. PLEISSNER, M. Ueber die Messungen und Registrierung des elektrischen Leitvermögens von Wässern mit Hilfe von Gleichstrom. — Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt Berlin **30,** 1909 (483—522).
49. REISSINGER, A. Untersuchungen über den Niedersonthofener See im bayerischen Allgäu. — Wissenschaftl. Veröffentl. d. Deut. u. Oesterr. Alpenvereins **6,** 1930 (70 S.), mit 2 Taf.
50. RICHTER, ED. Seestudien. — Geogr. Abhandl. herausgegeb. von Albrecht Penck in Wien, **VI,** 1897, 71 S. mit 3 Taf.
51. RIEDER, J. Biologische und ökologische Untersuchungen an Süsswassersuktorien. — Archiv f. Naturgesch. N. F. **5,** 1936 (173—241).
52. RIVIER, O. Recherches Hydrobiologiques sur le lac de Morat. — Thèse Fac. Sci. Univers. de Neuchâtel et Bull. Soc. neuchâteloise d. Sc. natur. **61,** 1936 (125—181).
53. RUFER, FR. siehe KÖNIG, FR. u. RUFER, FR. Nr. 27.
54. RUTTNER, FR. Grundriss der Limnologie (Hydrobiologie des Süsswassers). — Berlin (de Gruyter & Co.) 1940, 167 S. mit 39 Abb.
54 a. RYLOV, W. M. Das Zooplankton der Binnengewässer. — In Thienemann „Die Binnengewässer", Bd. XV, 1938.
55. SAUBERER, F. Beiträge zur Kenntnis des Lichtklimas einiger Alpenseen. — Internat. Revue d. gesam. Hydrobiologie u. Hydrogr. **39,** 1939 (20—55).
56. SCHMIDT, W. Ueber den Energiegehalt der Seen. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **6.** Suppl. Bd. 1915, 25 S.
57. SCHREYER, O. Die Rotatorien der Umgebung von Bern. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiolog. u. Hydrogr. **IX,** 1921, 107 S. mit 2 Taf.
58. SCHUH, K. Wasser von 0° beim Gefrieren der Seen. — Petermanns Geograph. Mitteil. aus Justus Perthes' Geogr. Anstalt **47,** 1901, p. 57.
59. Schweizerisches Lebensmittelbuch, 4. Aufl., 1937.
60. SEGUY, E. Code Universel des Couleurs. — Encyclop. Prat. du Naturaliste. XXX Paris (Lechevalier) 1936, avec 48 Pl., 720 Couleurs.
61. STECK, TH. Beiträge zur Biologie des grossen Moosseedorfsees. — Diss. phil. Bern 1893 u. Mitteil. Naturf. Ges. Bern aus dem Jahre 1893 (1894), (20—73), mit 2 Fig. u. 1 Taf.
62. STRODE, W. Ueber die Beziehungen der Characeen zu den chemischen Faktoren der Wohngewässer und des Schlammes. — Archiv f. Hydrobiol. **XXV,** 1933 (192—229).
63. THIENEMANN, A. Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. — Verhandl. d. Naturhist. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westfalens **70,** Jahrg. 1913 (1914), (247—302), mit 39 Tab. und 15 Kurventab.
64. THIENEMANN, A. Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. Ein Beitrag zur Seetypenlehre. — Die Binnengewässer **IV,** 1926, 175 S.
[illegible] J. Geologisch-archäologische Verhältnisse am Moosseedorf-

BIBLIOTHEK E. T. H.

see. — Mitt. Naturf. Ges. Bern a. d. Jahre 1860 (57—61). Mit Situationsplan.

66. WEHRLE, E. Zur Kenntnis der Algen im Naturschutzgebiet Weingartner Moor bei Karlsruhe a. Rh. — Beitr. z. naturkundl. Forsch. i. Südwestdeutschland **IV,** 1939 (1—84), mit Abb. u. Taf.

66 a. WERESCAGIN, G. J. (unter Mitwirkung von N. J. ANICKOVA und T. B. FORSCH). Methoden der hydrochemischen Analyse in der limnologischen Praxis. — Arbeiten der Standardisations-Kommission, Nr. 1. — Internationale Vereinigung für theoret. u. angew. Limnologie, 1931 (230 S.).

67. WULFF, H. D. Ueber die Ursache der Sterilität des Kalmus — Acorus calamus L. — Planta **31,** 1940 (478—491), mit 4 Textabb.

68. YUNG, E. La Station de Zoologie lacustre de l'Université de Genève et les Variations quantitatives du Plancton dans le Léman. — IXme Congrès Internat. de Zoologie tenu à Monaco du 25 au 30 mars 1913 (98—112).

Kartenmaterial

Topographischer Atlas der Schweiz, Blatt 144, Hindelbank 1:25 000, 1933 und Blatt 141, Schüpfen 1:25 000, 1932.

NUSSBAUM, FR. Exkursionskarte der Umgebung von Bern, geologisch bearbeitet, 1:75 000, Bern (Kümmerly & Frey) 1922.

Inhaltsangabe

Vorwort 81

Die geographischen Verhältnisse der Umgebung des grossen und kleinen Moosseedorfsees 83

Kurze Uebersicht über die geologischen und urgeschichtlichen Verhältnisse im Gebiet der Moosseen 85

Morphometrie 87

Lage — Form — Grössen- und Tiefenverhältnisse

Hydrologie (Wasserhaushalt) 91

Zu- und Abflussverhältnisse — Wasserstandsänderungen (Limnimetrie) — Auswertung der Wasserstandsbeobachtungen mit Bezugnahme auf die meteorologischen Verhältnisse — Die Verdunstung

Gang der Untersuchungen auf dem See 99

I. Die physikalischen und chemischen Verhältnisse

Optik

Die Sichttiefe 101

Eigenfarbe des Wassers 104

Fluoreszenz 108

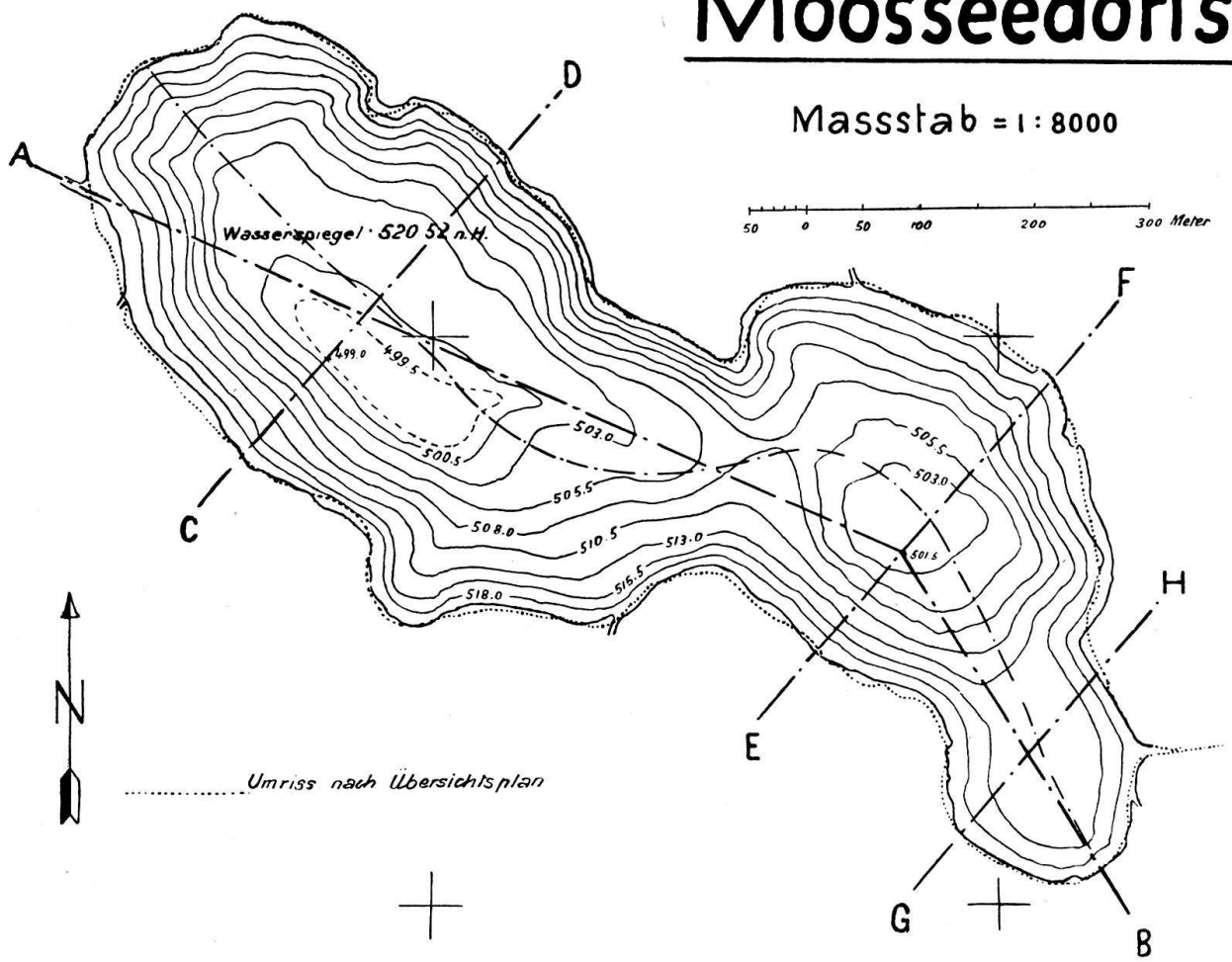
Thermik
Technik und Ort der Messungen 109
Jahreszeitlicher Gang der Temperaturen 110
Die Temperatursprungschicht 118
Bemerkungen zu den Temperaturmessungen von Steck aus dem Jahre 1892 120
Oberflächentemperaturen 123
Temperaturen des Seegrundes 127
Vereisung des Moosseedorfsees 128
Wärmebilanz des Moosseedorfsees 133
Chemismus
Trockenrückstand 139
Gesamtanalyse 140
Gesamt- oder Totalkonzentration (Leitfähigkeit) 140
Oxydabilität 142
Alkalinität 143
Die Bestimmung der freien Kohlensäure 145
Die Wasserstoffionenkonzentration oder aktuelle Acidität (pH) . 146
Sauerstoff 148
Die Sauerstoffschichtung 149
Der respiratorische Wert 153
Auswertung dieser Verhältnisse für den See als Nutzungsgut . 154
Kieselsäure 158
Ammoniak 160
Eisen 161

II. Die biologischen Verhältnisse

Das Plankton
Die Phytoplankter des Moosseedorfsees, mit Bemerkungen über ihre Morphologie und Biologie 163
Einige Bemerkungen zum Zooplankton des Moosseedorfsees . . 172
Ueber die Verteilung des Planktons 175
Die Mikrophyten 177
Die Ablagerungen des Moosseedorfsees auf dem Seeboden, der Seehalde und der Uferbank 181
Die Vegetation der Uferzone 186
Die in den See mündenden Bäche und Gräben 195
Der kleine Moosseedorfsee 201
Die Oscillatorien-Diatomeen Filze 205
Die Vegetation des kleinen Moosseedorfsees 208
Einige ornithologische Beobachtungen während meiner Untersuchungen an den Moosseen 210
Literaturverzeichnis 212
Kartenmaterial 216

Moosseedorfsee

Massstab = 1 : 8000

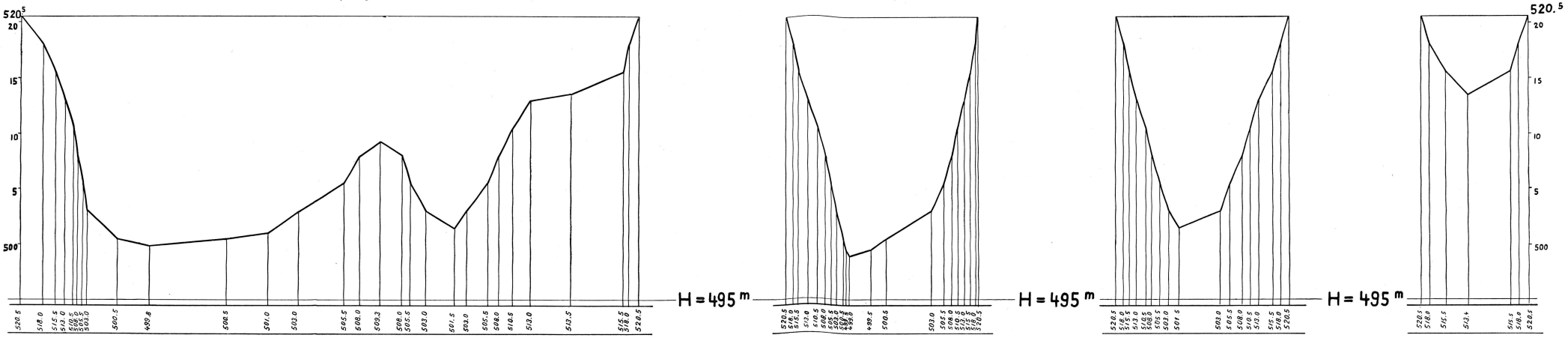


+8500
+8000
+7500
+2500
+3000
+3500
+4000

Gezeichnet von der Eidg. Landestopographie, Sektion I

Längs-und Querprofile

Maßstab : Höhen 1:2500, Längen 1:5000



Gezeichnet von der Eidg. Landestopographie, Sektion I