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

Kapitel: Kurze Übersicht über die geologischen und urgeschichtlichen Verhältnisse im Gebiet der Moosseen

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: 10.02.2026

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

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 m^2
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 m^3
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	Isobathen-flächen m²	Tiefendiff. m	Teil-volumen m³	% Gesamt-volumen
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 uferнahe 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.