

Meer) gesehen werden, haben ihren Ursprung in größeren Höhen der Atmosphäre (etwa 200 bis 300 km).

Diese und andere Ergebnisse stammen von den skandinavischen Forschern Störmer und Vegard, während der Physiker Birkeland mehr durch theoretische Untersuchungen und Experimente hervortrat.

Der vermehrte Elektronenstrom, den die Erde bei stärkerer Sonnentätigkeit empfängt, bewirkt fast immer auch eine bedeutende Störung des erdmagnetischen Feldes. Dieses wird nun durch laufende Registrierungen an wenigen, auf die ganze Erde verteilte Stationen dauernd beobachtet. Der Beginn des diesmaligen „magnetischen Gewitters“ fiel nach den Aufzeichnungen der erdmagnetischen Warte zu Wien-Auhof bereits in die frühen Morgenstunden des 1. März. Bei den Nordlichtern in den Jahren 1938 und 1940 setzte die magnetische Störung auch schon früher, nämlich gegen Mittag, ein.

Anschrift des Verfassers: Dr. Erich T r a p p, Zentralanst. f. Meteorologie, Wien 117, Hohe Warte 38.

Einige physikalische und chemische Beobachtungen an Kärntner Gewässern.

Von Ingo Findenegg.

(Mit 5 Abbildungen im Text.)

Die hier mitgeteilten Beobachtungen sind zum größeren Teil noch nicht veröffentlicht, zum anderen Teil in verschiedenen fachwissenschaftlichen Zeitschriften bekanntgegeben worden, die für Interessenten aus unserer engeren Heimat nicht oder nur schwer zugänglich sind, so daß eine kurze Zusammenstellung in dieser Zeitschrift nicht ganz unnütz sein mag.

1. Thermische Eigenschaften der Gewässer.

Unter den physikalischen Eigenschaften steht meist im Vordergrund des Interesses der Wärmezustand der Gewässer. Hier bestehen nun zwischen den beiden Haupttypen: fließenden und stehenden Gewässern wesentliche Unterschiede. Die Erwärmung und Abkühlung der Flüsse im Laufe der Jahreszeiten geht gegenüber jener der Seen viel rascher und sprunghafter vor sich. Der Grund hiefür ist einerseits die geringe Tiefe der Flüsse, anderseits deren Strömung. Da die Erwärmung des Wassers in

der Hauptsache auf Aufnahme der Wärmestrahlung der Sonne beruht, diese aber wegen der geringen Wärmedurchlässigkeit des Wassers an die Oberfläche gebunden ist, so können tiefere Wasserschichten überhaupt nur dadurch stärker erwärmt werden, daß sie sich mit warmem Oberflächenwasser mischen. Dafür sorgt nun im Fluß in vollkommener Weise die Strömung, die durch Wirbelbildung einen stetigen Austausch von Oberflächen- und Tiefenwasser zustande bringt. Deshalb trifft man in einem Flußquerschnitt fast ausnahmslos zu einer bestimmten Zeit die gleichen Temperaturen an, abgesehen natürlich von Randtümpeln und Altwässern, die von der Strömung nur mehr unvollkommen erfaßt werden. Diese einheitliche Temperatur wird unter sonst gleichen Umständen um so höher im Sommer und um so tiefer im Winter sein, je seichter der Fluß ist, denn die Menge der im Sommer aufgenommenen, im Winter aber ausgestrahlten Wärme wird durch das Verhältnis vom Wasservolumen zu seiner Oberfläche bestimmt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse jedoch in den Seen. Hier treffen wir unter der die Sonnenstrahlung absorbierenden Oberflächenschicht bis zu hundert und mehr Meter mächtige Tiefenschichten, die direkt so gut wie gar nicht erwärmt werden können. Auch fehlt die durchmischende Kraft des Flußgefälles, so daß wir zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem Seequerschnitt in der Regel sehr verschiedene Temperaturen vorfinden, die im Sommer um so tiefer sind, je mehr wir uns von der Oberfläche entfernen und schließlich auf etwa vier Grad Celsius sinken. Das Wasser hat bekanntlich bei dieser Temperatur sein höchstes spezifisches Gewicht, darum ist die Tiefe der Seebecken immer von Wasser dieser Temperatur erfüllt. Im Winter aber liegen über diesem kalten Tiefenwasser noch kältere Oberflächenschichten, weil sich bei Abkühlung unter vier Grad das Wasser wieder ausdehnt, also leichter wird und daher an der Oberfläche bleibt.

Daß es im Sommer trotz der Undurchlässigkeit des Wassers für Wärmestrahlen doch zu einer gewissen Erwärmung tieferer Seeschichten kommt, davon sind ebenfalls Strömungen die Ursache, die aber nicht durch ein Gefälle, wie im Fluß, sondern durch das Auftreffen des Windes auf die Seeoberfläche zustande kommen. Diese durch den Wind verursachten Wasserströmungen im See sind besonders im Vorfrühling und zu Winteranfang wirksam, weil zu diesen Zeitpunkten das gesamte Seewasser ungefähr die gleiche Temperatur von etwa vier Grad aufweist und daher keine Unterschiede im spezifischen Gewicht des Wassers vorhanden sind, die zu anderen Jahreszeiten einer Wassermischung im Wege stehen. Hat sich im Sommer das Oberflächen-

wasser erwärmt, so ist es dadurch leichter geworden und schwimmt gewissermaßen auf dem kalten Tiefenwasser, der Wind müßte jetzt eine gewaltige Arbeit leisten, um eine Durchmischung dieser verschieden schweren Wasserkörper zustande zu bringen. Im Winter liegen die Verhältnisse ähnlich, nur daß nach der Bildung einer Eisdecke der Wind die Wasseroberfläche überhaupt nicht mehr trifft und daher überhaupt keine Strömungen mehr entstehen. Der See ist daher im Sommer und auch in geringerem Maße im Winter stabil geschichtet, ein Wärmetransport in vertikaler Richtung ist zu diesen Zeiten nur in geringem Maße möglich.

Vergleichen wir nun die in Figur 1 graphisch dargestellte

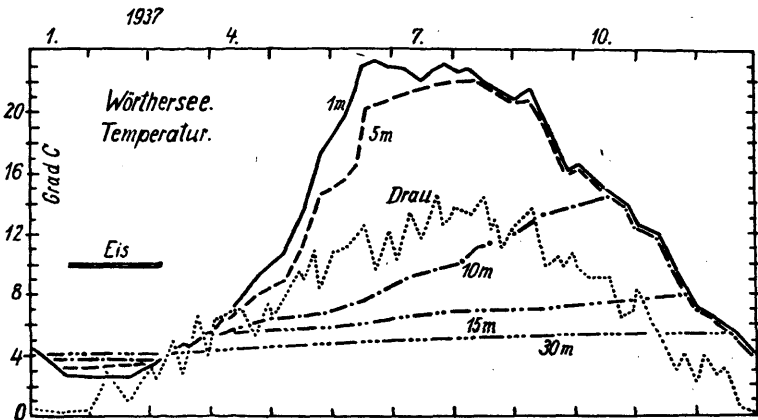


Fig. 1

Temperaturentwicklung des Würther Sees im Jahre 1937 in verschiedenen Tiefen, so ergibt sich etwa folgendes: Zu Anfang Jänner herrschen in allen Tiefen ungefähr die gleichen Temperaturen. (Von unten nach oben sind die Wärmegrade von 0 bis 24 Grad aufgetragen, von links nach rechts die Monate 1 bis 12. Die Kurven — 1 m, 5 m, 10 m, 15 m, 30 m — bedeuten also die zu einem bestimmten Zeitpunkt in der entsprechenden Tiefe herrschenden Temperaturen.) Nach diesem Zeitpunkt kühlen sich die Schichten bis zu 30 m noch unter 4° C ab — die obersten natürlich am stärksten — und um den 20. Jänner friert der See zu. Jetzt hört jeder Wärmeaustausch durch Windwirkung auf und die Temperaturen bleiben daher bis Ende

Februar unverändert. Zu dieser Zeit beginnt die Temperatur an der Wasseroberfläche (siehe die ausgezogene Kurve — 1 m Tiefe!) wegen der starken Sonnenstrahlung in einer Schönwetterperiode und der verhältnismäßig großen Wärmedurchlässigkeit der Eisschicht anzusteigen und erreicht im ersten Märzdrittel 4° C. Die Eisdecke schmilzt jetzt von oben und unten her, der See wird eisfrei und die durch die Frühlingsstürme hervorgerufenen Wasserströmungen treiben das sich täglich mehr erwärmende Oberflächenwasser bis in größere Tiefen, jedoch nicht tiefer als höchstens 30 m, wie man aus dem nur mehr kaum merklichen Anstieg der Temperaturkurve von 30 m Tiefe ersieht. In den Schichten von 1 bis 15 m aber beträgt die Zunahme bis Ende März 1 bis $1\frac{1}{2}$ Grad. Da aber an windstillen Tagen das Oberflächenwasser nicht mit kälterem Wasser tieferer Schichten vermischt wird, erwärmt es sich immer mehr und „schwimmt“ jetzt stabil über dem kälteren Wasser, so daß die Durchmischung bei windigem Wetter immer schwächer wird und nur mehr bis in die Tiefe von etwa 5 m durchgreift. Die Temperaturkurve für 10 m Tiefe steigt im April nur mehr wenig, während jene von 5 m Tiefe mit der 1-m-Kurve auch weiterhin rasch nach oben ansteigt. Zwischen 5 und 10 m hat sich ein beträchtlicher Temperaturunterschied, eine „Sprungschicht“ entwickelt, der See hat eine stabile Sommerschichtung angenommen.

Der Temperaturanstieg in der Oberflächenschicht schreitet jetzt rasch fort und erreicht schon Ende Mai 18° C. Die 5-m-Schicht bleibt nur wenig hinter ihr zurück. In windstillen Schönwetterperioden erwärmt sich fast nur die oberste Schicht (Ende Mai bis Anfang Juni), die Kurve für 5 m steigt fast gar nicht, so wie aber stürmisches Wetter eintritt, holt sie wieder auf. Mit Beginn der Abkühlungsphase der Oberfläche im August treffen beide Kurven zusammen, von da ab herrscht in den Schichten von 0 bis 5 m Tiefe die gleiche Temperatur. Während diese Schichten sich nun bereits abkühlen, zeigt zur gleichen Zeit die Kurve für 10 m noch immer aufsteigende Richtung, zeitweise sogar stärker als im Sommer. Dies ist durchaus begreiflich, wenn man sich vor Augen hält, daß so tief gelegene Schichten ja nicht durch die Sonnenstrahlung, sondern nur durch die Mischung mit dem darüber lagernden Wasser erwärmt werden. Solange dieses noch wärmer ist, muß bei stärkerem Wind notwendig ein weiterer Temperaturanstieg in den tieferen Schichten erfolgen, wenngleich er nach unten zu immer schwächer wird. So steigt die Kurve für 30 m während des ganzen Frühlings, Sommers und Herbstes nur mehr um $1,4^{\circ}$ C.

Vergleichen wir nun die Temperaturentwicklung im Wörther See mit einem benachbarten Fluß, der Drau, deren Temperaturen in die Figur 1 auch eingetragen wurden, so fällt auf den ersten Blick der unstete Verlauf dieser (punktierten) Kurve in die Augen. Da meine eigenen Messungen in der Drau zu wenig zahlreich sind, als daß man sie zu einer graphischen Darstellung auswerten könnte, habe ich der Draukurve Temperaturmessungen des Gewässerkundlichen Dienstes des Gaues Kärnten zugrunde gelegt, die etwas ausgeglichen wurden.

Wegen der geringen Tiefe, der fortdauernden Wassererneuerung und der vollkommenen Wasservermischung im Fluß ist die Temperatur der Drau in viel höherem Maße von der Witterung abhängig und schwankt daher von Tag zu Tag. Im Jänner liegt sie nahe bei Null, also 2 bis 4 Grad tiefer als im Wörther See, da der aus dem Grundwasserstrom mitgebrachte Wärmevorrat rasch ausgestrahlt werden kann. Im Wörther See strahlt hingegen die Oberfläche den Wärmeinhalt einer über 30 m dicken Wasserschicht aus, die Abkühlung vollzieht sich daher viel langsamer. Schon auf die ersten schönen Wetterperioden im Februar und März reagiert die Temperatur der Drau mit Anstiegen um mehrere Grade, die aber bei Eintritt schlechteren Wetters sofort in das Gegenteil umschlagen. Bis Mitte April hält sich das Temperaturmittel der Drau auf ungefähr der gleichen Höhe wie im Wörther See die obersten Schichten, von da ab bleibt es aber weit hinter diesen zurück. Dies ist aus der Überlegung verständlich, daß das Flußwasser ständig erneuert und also immer wieder über die Temperatur des Grundwasserstromes erwärmt werden muß. Hingegen speichert das stagnierende Seewasser bis in den August Tag für Tag eine Wärmemenge an, die größer ist, als durch die nächtliche Ausstrahlung verlorenght. So erscheint der See als ein riesiger Wärmespeicher, der durch seinen gewaltigen Wärmevorrat nicht nur gegen kurzfristige Wetterstürze unempfindlich ist, sondern auch im Herbst sich nur langsam verausgabt und daher immer 4 bis 6 Grad wärmer ist als die Drau zur gleichen Zeit.

Derartige Vergleiche sind nicht nur von theoretischem Interesse, sie könnten auch praktische Bedeutung erlangen bei der Feststellung der Möglichkeit thermischer Schädigungen eines Sees durch die Einleitung von Flußwasser, wie dies bei der Anlage von elektrischen Fluß-See-Kraftwerken geschieht. Da in dieser Hinsicht der Millstätter See im Vordergrund des Interesses steht, habe ich in Fig. 2 eine ähnliche Zusammenstellung meiner See-

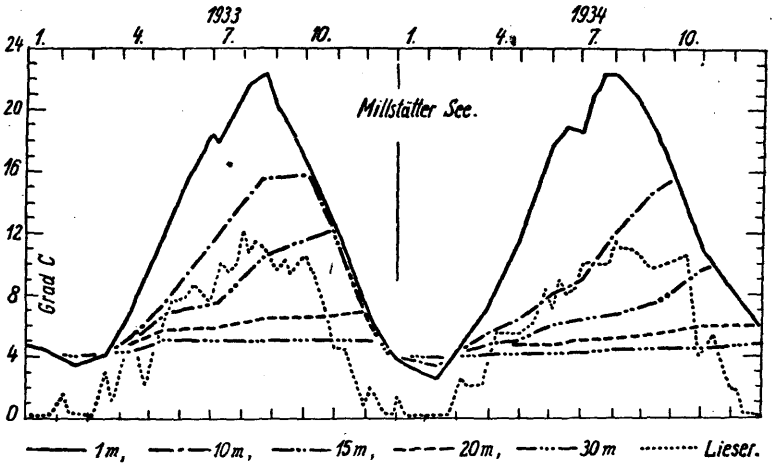


Fig. 2

temperaturmessungen im Millstätter See mit jenen des Gewässer-kundlichen Dienstes an der Lieser gegeben. Ich habe dazu aus meinen achtjährigen Temperaturlotungen die Jahre 1933 und 1934 gewählt, weil sich in diesen beiden Jahren die Temperaturverhältnisse im Millstätter See ziemlich stark voneinander unterscheiden. Es fällt zum Beispiel auf, daß die Temperaturen im Millstätter See in 15 m Tiefe 1934 viel niedriger sind als 1933, so daß sich Differenzen von 3 bis 4 Grad ergeben. Nicht ganz so stark ist der Unterschied in 10 m Tiefe. Diese ungleichartige Erwärmung in den einzelnen Jahren ist natürlich eine Folge der Witterungsverschiedenheiten, insbesondere der Windverhältnisse, da Zeiten mit starker Luftbewegung warmes Oberflächenwasser in die Tiefe treiben, somit eine Erwärmung tieferer Schichten bei gleichzeitiger Abkühlung der Oberfläche mit sich bringen. 1934 entsprechen die Temperaturen der Lieser während der Erwärmungsphase von April bis Ende Juli jenen des Millstätter Sees in ungefähr 10 m Tiefe, 1933 liegen sie weit darunter, was bei einer allfälligen Einleitung des Lieserwassers in den See eine ganz andere Art der Einschichtung des Flußwassers in den Wasserkörper des Sees zur Folge haben müßte.

Vergleichen wir die Temperaturen tieferer Schichten in den einzelnen Kärntner Seen untereinander, so ergibt sich, daß sie um so höher ansteigen, je mehr der Wind Gelegenheit hat, Wasserströmungen und dadurch Mischung bis in größere Tiefen zu erzielen. Dies hängt einerseits von der Windexponiertheit der

Seefläche ab, anderseits aber auch von der mittleren Tiefe des Sees. Letztere Erscheinung erklärt sich so, daß eine Energieübertragung von der bewegten Luft auf das Wasser nur an der Seeoberfläche möglich ist. Je größer diese im Verhältnis zum Seevolumen, je geringer also die mittlere Tiefe des Sees ist, um so wirksamere Durchmischungsströme werden entstehen. In der folgenden Tabelle sind für einige Kärntner Seen die etwa Mitte September erreichten Wassertemperaturen in 15 m, 20 m, 30 m und 40 m Tiefe für die Jahre 1934 bis 1937 zusammengestellt.

	15 m				20 m			
	1934	1935	1936	1937	1934	1935	1936	1937
Wörther See	6,8	8,5	7,4	7,0	5,9	6,7	6,5	6,4
Millstätter See	7,3	9,2	7,5	10,1	5,4	6,3	5,6	5,8
Ossiacher See	7,8	7,9	8,3	7,8	6,3	6,7	6,7	6,2
Weißensee	6,2	7,2	7,4	7,0	5,2	5,7	5,1	6,0
Klopeiner See	7,8	10,4	8,0	7,4	5,6	6,2	5,5	5,7
Faaker See	5,8	—	7,5	7,1	5,3	—	6,6	6,1

	30 m				40 m			
	1934	1935	1936	1937	1934	1935	1936	1937
Wörther See	4,9	5,2	5,2	5,3	4,4	4,5	4,5	4,6
Millstätter See	4,5	4,8	4,6	4,8	4,2	4,5	4,4	4,5
Ossiacher See	5,7	6,0	6,1	5,7	5,5	5,7	5,9	5,5
Weißensee	4,7	4,9	4,9	5,0	4,7	4,9	4,9	4,9
Klopeiner See	4,4	4,5	4,5	4,8	4,6	4,5	4,5	4,7
Faaker See	4,8	—	6,2	5,6	—	—	—	—

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung unschwer, daß die höchsten Tiefentemperaturen während aller Jahre im Ossiacher See auftreten. Dann folgt der Wörther See (Messungen im unteren Becken vor Krumpendorf), der jedoch recht häufig noch vom Faaker See, zumindestens in gewissen Tiefen, übertroffen wird. An nächster Stelle steht der Weißensee, der allerdings bei 40 m recht hohe Temperaturen zeigt, so daß er hinsichtlich dieser Schicht nach dem Ossiacher See an zweiter Stelle steht. Sodann kommt der Millstätter und zuletzt der Klopeiner See, der mit dem

vorigen unzweideutig eine gewisse Ähnlichkeit zeigt. Vergleicht man diese Reihung mit dem Verhältnis von Seevolumen zur Oberfläche, also mit der mittleren Seetiefe, so erhält man eine gewisse Übereinstimmung.

	Volumen (Millionen m ³)	Oberfläche (km ²)	Mittlere Tiefe (m)
Ossiacher See	200,8	10,6	19,1
Faaker See	33,4	2,4	14,3
Wörther See	840,3	19,4	43,2
Weißensee	238,1	6,6	36,0
Millstätter See	1228,4	13,3	86,5
Klopeiner See	29,4	1,1	25,9

Wenn, wie ja aus der Tabelle hervorgeht, keine völlige Parallelität zwischen der mittleren Seetiefe und der sommerlichen Erwärmung der tieferen Wasserschichten besteht, so hat das seine guten Gründe. Wie oben schon gesagt, hängt der Abtransport warmen Oberflächenwassers nach der Tiefe zu durch windbedingte Wasserströmungen ja nicht nur von der mittleren Seetiefe, sondern auch von der Windexposition der Seefläche ab. Weil aber kleine Seen viel stärker durch den Windschatten des Ufergeländes geschützt sind, wird in solchen Seen der Wärmeaustausch auch wesentlich geringer sein als bei großen Seen mit ähnlicher mittlerer Seetiefe. So erklärt es sich zum Beispiel, daß der Faaker See mit nur 14 m Mitteltiefe geringere Tiefenwärme aufweist als der Ossiacher See mit 19 m Mitteltiefe, da er nicht nur viel kleiner ist, sondern zudem noch durch eine langgestreckte Insel in zwei Becken geteilt wird. Das gleiche gilt auch für das Verhältnis des Weißensees zum Wörther See und ganz besonders für den kleinen Klopeiner See, der ja nach seiner mittleren Seetiefe hinsichtlich seiner Tiefenwärme an dritter Stelle stehen müßte.

Es ist demnach zu erwarten, daß die noch kleineren Kärntner Seen, die in obiger Zusammenstellung nicht berücksichtigt sind, noch geringere Tiefentemperaturen aufweisen müßten als die größeren. Daß dies tatsächlich zutrifft, beweist die folgende Tabelle, in der die Tiefentemperaturen einiger Kleinseen mit jenen des Wörther Sees für den Herbstzustand des Jahres 1934 verglichen werden:

See	Längsee	Keutschacher See	Feldsee	Afritzer See	Wörther See unt. Becken
Oberfläche, km ²	0,76	1,4	0,41	0,49	7,95
Datum d. Beob.	30. 9.	23. 9.	24. 10.	14. 10.	18. 9.
10 m Tiefe	9,0°	8,7°	9,8°	9,5°	13,0°
15 m „	4,8°	6,4°	5,0°	5,7°	6,8°
20 m „	4,9°	—	4,7°	5,3°	5,9°
25 m „	—	—	4,7°	—	5,3°

Aus derartigen Überlegungen ergibt sich die Möglichkeit, daß bei großer mittlerer Seetiefe oder sehr geringer Windausgesetztheit Verhältnisse auftreten können, bei denen die Tiefenschichten durch Wasserströmungen selbst zu den günstigsten Zeitpunkten zu Winteranfang und -ende nicht mehr erreicht werden. Dies ist auch tatsächlich der Fall. In diesen Seen herrschen von einer gewissen Tiefe ab bis zum Grund im Winter und Sommer zu meist auch durch viele Jahre völlig unveränderte Temperaturen. Es sind dies in Kärnten:

See	gleichbleibende Temperatur	ab (m Tiefe)	bis (größte Tiefe)
Längsee	4,8°—4,9° C	15 m	21 m
Klopeiner See	4,4°—4,7° C	35 m	47 m
Wörther See (unt. B.)	4,3°—4,5° C	50 m	73 m
Weißensee	4,9°—5,1° C	50 m	99 m
Millstätter See	4,3°—4,4° C	60 m	140 m

Es hat sich in der Seekunde der Vorschlag des Verfassers eingebürgert, Seen, deren Tiefen nicht mehr von der Wasserdurchmischung erreicht werden, als meromiktisch oder nur teilweise mischbar zu bezeichnen im Gegensatz zu den holomiktischen Seen, die mindestens einmal im Jahre völlig durchmischt werden. Auf die Bedeutung des Ausbleibens dieser vollständigen Wassermischung in den meromiktischen Seen werde ich noch im Abschnitt über die Sauerstoffschichtung der Seen kurz zurückkommen.

2. Optische Eigenschaften der Gewässer.

Unter den optischen Eigenschaften interessieren besonders die Farbe des Wassers und seine Lichtdurchlässigkeit (Transparenz). Unter der Farbe des Wassers (wahre Farbe) ist nicht die Färbung der spiegelnden Wasseroberfläche oder die durchscheinende Fär-

bung des Grundes zu verstehen, sondern die dem Wasser eigene Farbe, die man an einer ins Wasser gesenkten weißen Scheibe durch Vergleich mit einer Farbskala von Forel und Ule feststellen kann. Die Transparenz des Wassers wird in ähnlicher Weise gefunden, indem man feststellt, in welcher Tiefe die weiße Scheibe für das Auge verschwindet. Die Bestimmung dieser sogenannten Sichttiefe ist naturgemäß mit gewissen Fehlerquellen behaftet und kann nur als ungefähres Maß der Strahlungsdurchlässigkeit des Wassers gelten, da das Verschwinden der Scheibe ja nicht besagt, daß von ihr kein reflektiertes Licht mehr zu unserem Auge gelangt, sondern nur, daß sie sich von der Helligkeit der Umgebung nicht mehr abhebt.

Optische Untersuchungen habe ich nur an Seen ausgeführt. In der folgenden Übersicht sind die Wasserfarben und die Sichttiefen der beobachteten Seen zusammengestellt, und zwar in der ersten Kolonne der Farbton, in der zweiten die Färbung nach den Stufen der Forel-Ule-Skala, in der dritten die mittleren Sichttiefen (in Klammer die Zahl der Beobachtungen, aus denen der Mittelwert errechnet ist) und in der vierten die geringsten und größten beobachteten Sichttiefen mit Angabe des Monats der Beobachtung.

See	Farbton	Forel-Ule Nr.	Mittl. Sichtt. (m)	Extremwerte der Sichttiefe (m)
Faaker See	blau	4—5	3,5 (9)	1 (Sept.) — 5 (Mai)
Klopeiner See	blau	5	8,3 (22)	5½ (März) — 11½ (Okt.)
Weißensee	grünblau	5—6	6,8 (18)	3½ (März) — 10 (April)
Wörther See	blaugrün	7	7,1 (60)	4 (Mai) — 10 (Dez.)
Längsee	grün	8—10	4,3 (4)	2 (Juni) — 8 (Sept.)
Millstätter See	grün	9—10	5,9 (45)	2½ (Mai) — 13 (Feber)
Keutschacher See	grün	9—11	4,2 (7)	4 (Mai) — 5 (Sept.)
Turracher See	grün	9—12	6,1 (8)	3 (Juni) — 11 (Sept.)
Farchtensee	grün	10	?	5 (Aug.)
Feld-(Brenn)-See	olivgrün	10—12	4,7 (4)	3 (Juli) — 5½ (Okt.)
Afritzer See	olivgrün	11—13	5,0 (5)	4 (April) — 5½ (Okt.)
Turner See	olivgrün	11—12	?	5 (Aug.)
Pressegger See	olivgrün	11—12	?	6 (Sept.)
Ossiacher See	olivgrün	11—13	4,1 (35)	2 (Aug.) — 6½ (Dez.)
Rauscheelsee	braungrün	12—14	?	3 (Sept.)
Turracher Schwarz-See	braun	15—16	?	3 (Juli)

Die bläuliche Farbe des Wassers ist der Ausdruck, daß es rein, also frei von schwebenden mineralischen oder organischen Teilchen ist oder solche doch stark zurücktreten. Je mehr der See schwebende Algen (Phytoplankton) enthält, umso mehr spielt seine Farbe ins Grüne oder Grünbraune, während ausgesprochen

braune Farbe (Turracher Schwarzsee) auf Moorwasser schließen läßt. Da in den Seen die Sichttiefe auch in erster Linie von dem Gehalt an schwebenden Stoffen abhängt, ist zu erwarten, daß sich zwischen Wasserfarbe und Durchsichtigkeit der verschiedenen Seen eine einfache Beziehung ergibt. Dies ist im großen Ganzen auch der Fall. Die mittlere Sichttiefe nimmt mit der Höhe der Forel-Ule-Stufen ab, Blauwasserseen sind durchsichtiger als Grünwasserseen. Daraus kann man aber wieder schließen, daß die Transparenz der oberen Wasserschichten in den Kärntner Seen durch die Produktion an Plankton bestimmt wird. Dies wird noch deutlicher, wenn man den Gang der Sichttiefen im Laufe eines Jahres an mehreren Seen verfolgt. In der Figur 3 sind für die

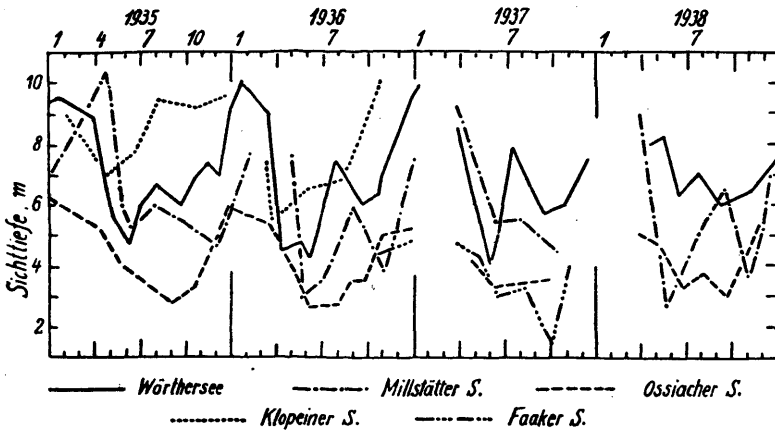


Fig. 3

Jahre 1935 bis 1938 die Sichttiefenkurven von fünf Seen zusammengestellt. Man erkennt, daß die größten Sichttiefen in die kälteste Jahreszeit fallen. Es ist dies die Zeit geringster Lichtstärke, wodurch Wachstum und Vermehrung der Planktonalgen stark herabgesetzt sind, wozu noch kommt, daß die in den obersten Schichten gebildeten Plankter durch die um diese Zeit herrschende tiefgreifende Wasserdurchmischung bis in größere Tiefen verteilt werden, wodurch die oberen Wasserhorizonte an Plankton verarmen. Die geringsten Sichttiefen findet man einerseits im Frühling, besonders Mai-Juni, andererseits im September-Oktober. Dies sind die Zeiten, in denen sich in den Kärntner Seen auch die Hochproduktion des Phytoplanktons einstellt, wobei in den an Pflanzennährstoff reichen Seen (Ossiacher und Millstätter

See) das Herbstmaximum, in den nährstoffärmeren (Wörther- und Klopeiner See) das Frühjahrsmaximum der Produktion pflanzlicher Substanz mehr hervortreten, worauf hier nicht weiter eingegangen werden kann. Der Faaker See endlich zeigt nicht nur die relativ größten jahreszeitlichen Schwankungen (das Maximum beträgt das Fünffache des Minimums), sondern auch dadurch, daß er trotz seiner blauen Wasserfarbe zeitweise auffallend geringe Sichttiefen, die geringsten im ganzen Gebiet beobachteten, hat. Dies ist schon ein Hinweis auf die auch durch mikroskopische Untersuchungen zu beweisende Tatsache, daß hier die Sichttiefen nicht durch die Höhe der Planktonproduktion, sondern durch Einschwemmung einer Kalktrübung seitens des Zuflusses, eines aus den Karawanken kommenden Wildbaches, zustande kommen. Im Gegensatz dazu sind die zeitweise ebenfalls recht geringen Sichttiefen des Längsees und Ossiacher Sees planktonbedingt. Bei ersterem ist die im Frühjahr zu beobachtende, für einen vorwiegend nährstoffarmen See ungewöhnlich starke Planktonproduktion auf besondere Verhältnisse der chemischen Schichtung zurückzuführen. Die größten absoluten Schwankungen der Sichttiefe zeigt der Millstätter See ($2\frac{1}{2}$ —13 m). Auch diese Unterschiede sind auf zeitlich sehr verschiedene Größen der Planktonproduktion in diesem an biologischen Problemen so reichen See zurückzuführen.

3. Chemische Eigenschaften der Gewässer.

Gehalt an gelöstem Sauerstoff. Dieser ist für das Leben vor allem der Tierwelt im Wasser von größter Bedeutung. Dem fließenden Wasser steht als Sauerstoffquelle die Atmosphäre zur Verfügung, aus der es, begünstigt durch die turbulente Strömung bei stärkerem Gefälle, jederzeit bis zur Sättigung sich mit diesem Gas aufladen kann. Geringe Übersättigungen, wie ich sie manchmal beobachtete, beruhen wohl auf nicht hinreichend berücksichtigten barometrischen Schwankungen oder lassen sich, wofür ihre Häufigkeit in den Mittagsstunden heißer Sommertage spricht, auf rasche Erwärmung des Wassers zur Zeit der Probenentnahme zurückführen. Wo jedoch das Flußwasser deutlich weniger Sauerstoff enthält, als seiner Temperatur entsprechen würde, kann man auf starke Verunreinigung des Flusses durch fäulnisfähige Abwässer schließen. Da bei höherer Temperatur die Fäulnis viel rascher vor sich geht, sind besonders träge fließende Gewässer mit starker organischer Verunreinigung im Sommer oft untersättigt. Als ein recht markantes Beispiel sei die Sauerstoffsättigung der Glan und der Glanfurt ober- und unterhalb von Klagenfurt im Juli 1940 angeführt:

	Temperatur in ° C	O ₂ -Gehalt in mg/l	O ₂ -Sättigung in %
Glanfluß bei:			
Untergoritschitzen	14,8 ^o	9,41	98%
Welzenegger Brücke	15,2 ^o	7,14	75%
Limmersach	15,4 ^o	6,25	66%
Ebental	15,5 ^o	6,88	73%
Glanfurt bei:			
Schmelzhütte	20,5 ^o	8,56	100%
Ebentaler Brücke	20,1 ^o	5,30	61%

Man sieht, wie die Glan bei Untergoritschitzen, also vor der Einmündung der Klagenfurter Abwässer, mit Sauerstoff noch nahezu gesättigt ist und wie dann die Werte abfallen; das gleiche gilt von der Glanfurt nach Einmündung des Feuerbaches. Demgegenüber zeigt zum Beispiel die Lavant auch im Sommer nur recht geringfügige Unterschiede der O₂-Sättigung oberhalb und unterhalb von Wolfsberg, woran allerdings auch das stärkere Gefälle dieses Flusses gegenüber der Glan mitbeteiligt sein mag:

Lavant (Juli 1938):	Temperatur	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)
oberhalb Frantschach	17,8 ^o	9,03	ca. 100%
unterhalb Frantschach	18,0 ^o	8,67	97%
unterhalb Wolfsberg	16,5 ^o	9,05	98%

Ganz anders liegen die Verhältnisse in den Seen. Hier wird der Sauerstoff nur im Winter bei Untersättigung infolge sinkender Temperatur und geringer Assimilation der Wasserpflanzen infolge der schlechten Lichtverhältnisse aus der Atmosphäre aufgenommen, zu den übrigen Zeiten aber durch die Zerlegung des Kohlendioxydes durch die Planktonalgen im See selbst freigemacht und im Überschuß an die Luft abgegeben. In den durchleuchteten Oberschichten des Sees herrscht also in der Regel Übersättigung, während in der Tiefe durch die Fäulnis des abgestorbenen und hierher abgesunkenen Planktons O₂ verbraucht wird. Somit besteht hier O₂-Zehrung, die im Laufe des Sommers wegen der Mischungsfeindlichkeit der thermischen Schichtung des Wassers zu einem völligen Verschwinden des gelösten Gases führen kann. Die kalte Jahreszeit hebt dann diese thermische Schichtung wieder auf und bei der nunmehr vom Wind eingeleiteten Wasserdurchmischung findet eine Sauerstoffzufuhr von oben her bis in die Seetiefe statt. So verhalten sich indessen, wie im Abschnitt über die Thermik der Seen ausgeführt wurde, nur die holomiktischen Seen. Bei den meromiktischen reichen diese Mischungsströmungen nur bis in eine gewisse Tiefe. So bleibt

hier der die tiefsten Seeteile erfüllende Wasserkörper ohne O_2 -Zufuhr und ist daher jahraus jahrein sehr arm oder ganz frei von Sauerstoff.

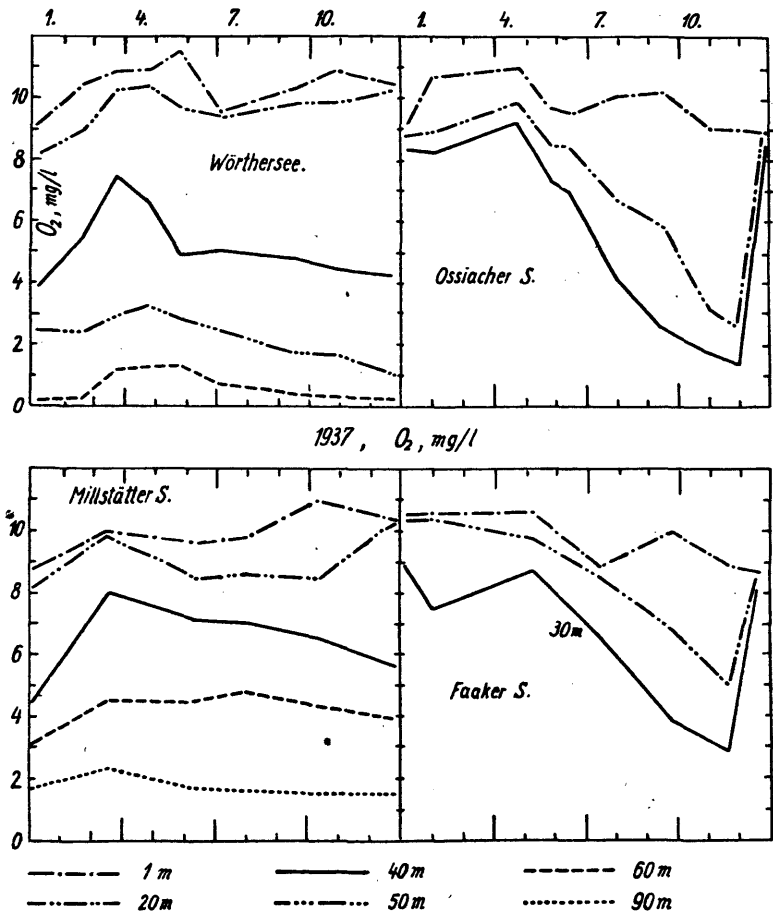


Fig. 4

In Figur 4 sind die Sauerstoffverhältnisse für zwei mero- und zwei holomiktische Kärntner Seen dargestellt. Die Kurven bedeuten den O_2 -Gehalt in den Tiefen von 1 m, 20 m, 40 m (beim Faaker See 30 m), 50 m, 60 m und 90 m im Laufe des Jahres 1937, wobei von unten nach oben der O_2 -Gehalt in mg/l. von links nach rechts die Monate aufgetragen wurden. Beim holo-

miktischen Ossiacher See (rechts oben) sind die O_2 -Werte aller Tiefen zu Jahresbeginn fast gleich noch als Folge der vollständigen Wasserdurchmischung nach der Aufhebung der thermischen Schichtung im Dezember des Vorjahres. Das Oberflächenwasser (1 m) nimmt nun infolge seiner Abkühlung aus der Atmosphäre O_2 auf, in geringerem Maße kommt dies auch den tieferen Schichten zugute. Im April nähern sich die Kurven neuerlich, es herrscht die Frühlingszirkulation. Nun beginnt die Sommerstagnation. In 1 m Tiefe bleibt trotz zunehmender Erwärmung des Wassers der O_2 -Gehalt noch wegen der Assimilation der Planktonalgen, die O_2 freimachen. Bei 20 m und 40 m tritt aber wegen der Verwesung der abgesunkenen Planktonleichen ein starker Abfall der O_2 -Werte ein, der bis Ende November anhält. Ganz ähnlich verhält sich der Faaker See, der nur eine geringere Planktonproduktion hat, so daß die Fäulnisprozesse in der Tiefe nicht solches Ausmaß annehmen wie im Ossiacher See.

In der linken Hälfte der Fig. 4 sind den beiden holomiktischen Seen der meromiktische Wörther und Millstätter See gegenübergestellt. Man erkennt aus dem Verlauf der 40-m-Kurve, welche die beiden oberen Kurven niemals erreicht, daß die Wasserzirkulation weder zu Winterbeginn noch auch im Frühling die Tiefe von 40 m erreicht, daß aber im Laufe des Winters immerhin durch Wirbelbildungen noch ein gewisses Quantum an O_2 -reichem Oberflächenwasser zugeschoben wird, das sich in noch größeren Tiefen aber nur mehr sehr schwach bemerkbar macht, aber immerhin verhindert, daß die Tiefe dieser Seen ganz O_2 -frei werden. Weißensee, Klopeiner See und Längsee hingegen sind in ihren tiefsten Teilen stets völlig frei von Sauerstoff.

Die Wasserstoffionenkonzentration. Diese bedingt bekanntlich die saure oder basische Reaktion des Wassers. Sie wird durch den Wasserstoffexponent ($pH=7$, neutral; pH unter 7, sauer; pH höher als 7, basisch) angegeben. Die Wasserstoffionenkonzentration der fließenden Gewässer zeigt wenig Unterschiede. Die Werte sinken selten unter 7,4 und steigen ebenso selten über 7,8. Dies zeigt eine kleine Zusammenstellung:
Drau bei Kühnsdorf 7,5—7,8 Gurk bei Klagenfurt 7,6—7,8
Lavant bei Wolfsberg 7,5—7,8 Glan bei Klagenfurt 7,5—7,7
Auch die gelegentlich festgestellten pH -Werte von Bächen halten sich innerhalb der genannten Grenzen, wenn sie nicht aus ausgesprochenen Hochmoorgebieten stammen.

In den Seen herrscht in den von assimilierenden Phytoplanktern bevölkerten oberen Wasserschichten ein wesentlich höherer pH als in der Tiefe. So steigen in dem planktonreichen

Ossiacher und Millstätter See die Werte im Spätsommer über 9, während sie im Wörthersee, Weißensee, Faaker und Klopeiner See in der Regel 8,5—8,8 nicht überschreiten. Am tiefsten liegt der pH bei den durch Zuflüsse aus Hochmooren genährten Seen des Turracher Sattels, besonders bei dem kleinen Schwarzsee, der als einziger Kärntner See Werte unter 7 (bis 6,6), also saure Eigenschaften zeigte.

Die Alkalinität der Gewässer. Der Gehalt des Wassers an Karbonaten, besonders an Kalziumkarbonat, wird durch Titration von 100 ccm Wasser mit zehntelnormaler Salzsäure gefunden. Die Zahl der verbrauchten ccm HCl ist die Alkalinität des Wassers. Durch Multiplikation mit 2,8 erhält man die Härte in deutschen Graden. (1 Grad = 10 mg/l CaO.) Wie aus den folgenden Zusammenstellungen ersichtlich ist, hängt die Wasserhärte wesentlich von dem Kalkgehalt des Gesteines im Flußgebiet ab. Urgebirgsflüsse haben demnach im allgemeinen geringere Härten als solche, die aus Kalkgebirgen entspringen. Bei Hochwasser pflegt die Alkalinität stark zu sinken, da der Fluß zu diesen Zeitpunkten nicht nur durch Grundwasser gespeist wird, sondern auch viel oberflächlich ab rinnendes Regen- oder Schmelzwasser führt, das viel ärmer an gelösten Bikarbonaten ist. Daher sind außer der mittleren Alkalinität (in Klammer: Zahl der Beobachtungen) auch die Mindest- und Höchstwerte mit dem Monat und Jahr der Beobachtung angeführt.

Fluß:	Min. Alk.	Max. Alkal.	Mittl. Alkal.	Härte
Millstätter Riegerbach	0,80 (6. 35)	1,10 (7. 35)	0,97 (4)	2,7
Lavant bei Wolfsberg	1,15 (2. 38)	1,24 (7. 38)	1,20 (4)	3,4
Tiebel bei Bodensdorf	1,70 (4. 37)	3,10 (1. 37)	2,36 (5)	6,6
Drau bei Feistritz i. R.	1,30 (6. 36)	3,72 (10. 37)	2,35 (10)	6,6
Gurk bei Klagenfurt	1,90 (6. 35)	3,30 (2. 35)	2,39 (5)	6,7
Gail bei Villach	2,20 (6. 36)	3,10 (2. 38)	2,60 (3)	7,5
Feistritzer Bach (Rosental)	2,70 (6. 36)	3,00 (4. 37)	2,89 (4)	8,1
Glan bei St. Veit	2,45 (6. 37)	4,02 (1. 37)	3,35 (10)	9,4

Den geringsten beobachteten Wert hatte demnach der Millstätter Bach im Juni 1935, den höchsten die Glan im Jänner 1937. Die große Härte des Glanwassers muß auffallen, wenn man bedenkt, daß das Sammelgebiet des Flusses im Kristallin liegt.

In den Seen verhalten sich die vom Licht durchstrahlten oberen Wasserschichten hinsichtlich Wasserhärte verschieden von der Seetiefe. In ersteren findet durch die Assimilation der Phytoplankter ein CO_2 -Verbrauch statt, der eine Umwandlung der leicht löslichen Bikarbonate in die schwer löslichen Monokarbonate zur Folge hat, die ausfallen. In der Seetiefe hingegen entsteht durch Verwesung CO_2 , hier geht also mehr Karbonat in Lösung. So ergibt sich also gegen Ende der Sommerstagnation ein nicht unbedeutendes Gefälle der Wasserhärte von der Oberfläche bis zum Grund. In der folgenden Seentabelle sind daher die mittleren Alkalinitätsgrade im Herbst (meist September) der Oberschicht und Tiefe neben der Alkalinität nach der vorwinterlichen Durchmischung (Dezember-Jänner) angegeben. Letztere ist auch noch in Härtegrade umgerechnet.

	Alk. Obersch.	Alkal. Tiefe	Mittl. Alk.	Härte
Turracher Schwarzsee	0,15	0,15	0,15	0,4
Turracher See	0,70	0,75	0,75	2,1
Feldsee (Brennsee)	0,70	1,10	0,90	2,5
Millstätter See	1,25	1,70	1,50	4,2
Afritzer See	1,36	1,70	1,50	4,2
Ossiacher See	1,72	1,96	1,80	5,0
Wörther See	2,15	2,60	2,40	6,7
Klopeiner See	2,40	2,90	2,50	7,0
Keutschacher See	2,72	3,58	3,00	8,4
Faaker See	2,95	3,50	3,20	9,0
Turner-See (Sablatnigsee)	3,00	3,50	3,20	9,0
Weißensee	3,00	3,70	3,20	9,0
Pressegger See	3,65	3,76	3,70	10,4
Längsee	3,40	4,85	4,00	11,2

Auch hier zeigt sich deutlich der Einfluß des Kalkgehaltes der Gesteine im Einzugsgebiet der Seezuflüsse, bei den beiden Turracher Seen auch jener der benachbarten Hochmoore.

Schließlich möchte ich noch eine kleine Zusammenstellung über die Alkalinität einiger Grundwasserströme machen, die ich ganz gelegentlich der Untersuchung einiger Brunnen und Wasserleitungen gemacht habe. In der Zusammenstellung sind auch die gemessenen pH-Werte sowie der Gehalt des Grundwassers an Nitrat-Stickstoff eingetragen worden, auf welchen ich im letzten Abschnitt noch zurückkommen werde.

	Mittl. Alk. (Zahl d. Messungen)	Härte	pH	Mittl. Nitrat-N (mg/l)
Wasserleitung Wolfsberg	1,20 (1)	3,4	7,4	0,35
Wasserleitung Millstatt	1,80 (2)	5,0	7,0	3,00
Goldenes Brünnl (Loibltal)	2,80 (1)	7,8	7,1	0,12
Wasserleitung Neusach	3,84 (2)	10,8	7,2	0,10
Wasserleitung Klagenfurt	4,51 (22)	12,6	7,3	0,51
Brunnen nördlich Pressegger See	4,82 (1)	13,5	7,1	1,50
Brunnen Unterburg am Klopeiner See	4,90 (3)	13,7	7,1	0,90
Wasserleitung St. Veit	5,55 (3)	15,5	7,1	3,40
Brunnen nördlich Klopeiner See	5,60 (2)	15,7	7,1	0,40

Wiederum zeigt sich der Einfluß des Kalkreichtums des Bodens, es ist jedoch auch offenkundig, daß dieser allein noch nicht große Wasserhärte bedingt (Goldenes Brünnl, Neusacher Wasserleitung), vielmehr gehört dazu auch die Möglichkeit zu stärkerer CO₂-Aufnahme beim Einsickern der Niederschlagswässer in einen an verwesenden Stoffen reichen, also fruchtbaren Boden, weshalb auch hier die höchsten Werte nicht immer in ausgesprochenem Kalkboden gefunden werden (z. B. in der Sankt Veiter Gegend, in guter Übereinstimmung mit dem hohen Härtegrad der Glan!).

Der Nitratstickstoff. Der Stickstoffgehalt der Gewässer kann die Form organischen Stickstoffes (suspendiert oder in kolloidaler Lösung), von Ammon-N oder von Nitrat aufweisen. Untersuchungen auf organischen Stickstoffgehalt habe ich nicht angestellt. Ammonstickstoff tritt nur bei Zufuhr fäulnisfähiger Abwässer oder in der sauerstoffarmen Tiefe mancher, besonders der meromiktischen Seen auf. Eine Zusammenstellung meiner Befunde lohnt sich daher kaum. Hingegen enthalten fast alle natürlichen Wässer Nitratstickstoff. Für einige Grundwasseraufschlüsse wurden schon in der letzten Tabelle die Werte mitgeteilt. Da der Nitratgehalt des Grundwassers sowohl auf die Umwandlung fäulnisfähiger Bodenbestandteile über Ammoniumverbindungen als auch auf primären Nitratgehalt des verwitterten Gesteines zurückgehen kann, ergibt sich keine durchgängige Parallele zum Karbonatgehalt, obwohl natürlich ein höherer Nitratgehalt, der durch Einsickern der Niederschlagswässer in einem an fäulnisfähigen Stoffen reichen Boden zustande kommt, auch mit einem hohen Gehalt an CO₂ und bei Vorhandensein hinreichender Mengen von Kalk im Boden in der Folge auch mit größerer Wasserhärte gekoppelt sein kann. Die obige Tabelle

zeigt in der Tat, daß in den Fällen großer Wasserhärte meist auch ein über dem Durchschnitt liegender Nitratgehalt auftritt (z. B. Wasserleitung von St. Veit, Brunnen am Pressegger See). Hingegen kann beträchtlicher Nitratgehalt bei sehr geringer Wasserhärte vorkommen (Wasserleitung Millstatt).

Es ist recht erfreulich, daß die immerhin nur gelegentlich gemachten Nitratbestimmungen im Grundwasser (Quellwasser) sehr gut in das Bild passen, das man auf Grund der wiederholten und zu verschiedenen Jahreszeiten von mir gemachten Nitratbestimmungen der Flüsse erhält.

Nitrat-N, mg/l	Minimum (Monat)	Maximum (Monat)	Mittel (Zahl d. Beob.)
Neusacher Mühl- bach (Weibensee)	0,15 (Aug. 34)	0,22 (Aug. 35)	0,20 (3)
Feistritzer Bach (Rosental)	0,10 (Juni 36)	0,28 (April 35)	0,21 (4)
Gail bei Villach	0,25 (Juni 36)	0,48 (Feber 38)	0,38 (3)
Tiebel b. Bodensdorf	0,24 (April 37)	0,80 (Okt. 37)	0,45 (5)
Drau bei Villach	0,16 (Juni 36)	0,65 (Feber 35)	0,45 (8)
Drau bei Kühnsdorf	0,24 (Juni 35)	0,80 (März 36)	0,48 (6)
Millstätter Rieger- bach	0,33 (Jun 35)	1,20 (Feber 35)	0,77 (3)
Gurk bei Klagenfurt	0,64 (Juni 35)	1,22 (März 36)	0,85 (4)
Glan bei St. Veit	0,88 (Okt. 37)	1,50 (Feber 38)	1,05 (5)

Auch hier stehen Glan, Gurk und Millstätter Bach an oberster Stelle, während die aus Kalkgebieten (Gailtaler Alpen, Karawanken) entspringenden Flüsse den niedrigsten Nitratgehalt aufweisen. Daß auch hier die jeweilige Wasserführung der Flüsse recht bedeutende Schwankungen mit sich bringen kann, geht aus der Tabelle auch gut hervor. Die Minima fallen im allgemeinen in den Spätfrühling (Schneesmelze auf den Bergen!), die Maxima in den Winter, also in eine Zeit, zu der die Flüsse nur wenig Wasser führen.

Was den Nitratgehalt der Seen betrifft, so bestehen hier ähnliche Verhältnisse wie hinsichtlich der Wasserhärte. Nur im Winter, wenn eine weitgehende Durchmischung des gesamten Wasserkörpers stattgefunden hat, ist der Nitratgehalt einigermaßen ausgeglichen. Im Zustand der Sommerschichtung hingegen verbrauchen die Planktonalgeri fortwährend Stickstoff zum Aufbau ihres Körpereiwisses, es tritt daher im Laufe der wärmeren Jahreszeit in den vom Phytoplankton belebten oberen Wasserschichten eine stetige Abnahme ein, die in pflanzennährstoffarmen Seen (Wörther See) schon zeitlich im Sommer, bei anderen

(Ossiacher, zuweilen auch Millstätter See) im Herbst zu einer völligen Erschöpfung führt. Dies ist in Fig. 5 für die Jahre 1934

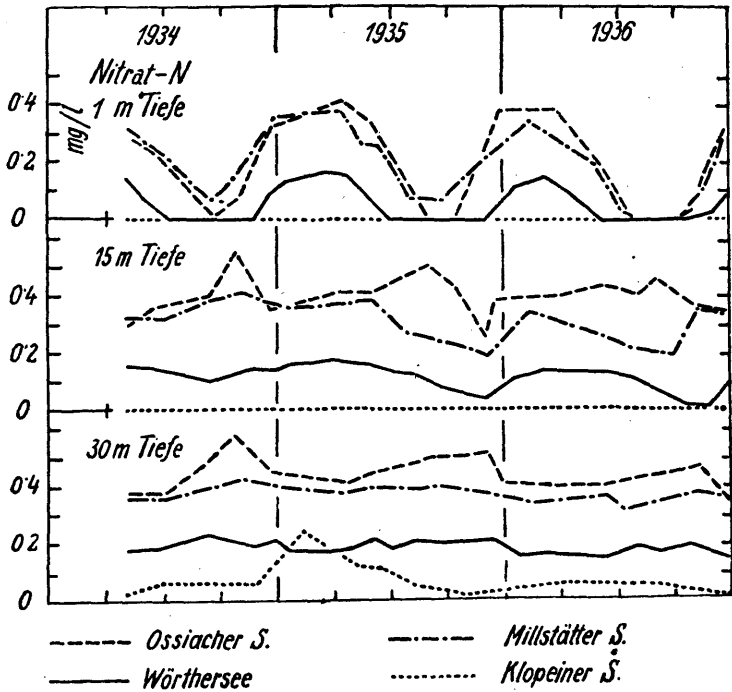


Fig. 5

bis 1936 kurvenmäßig dargestellt (1 m Tiefe). Der Klopeiner See ist so nährstoffarm, daß in ihm das ganze Jahr hindurch Nitrat praktisch völlig fehlt. Im mittleren Abschnitt der Fig. 5 (15 m Tiefe) zeigt sich ein unterschiedliches Verhalten. Während im Wörther See und mit Ausnahme des Jahres 1934 auch im Millstätter See eine Abnahme des Nitrat-N-Gehaltes eintritt, was anzeigt, daß in dem 15-m-Horizont dieser beiden Seen der Aufbau (Assimilation) organischer Substanz den Abbau (Verwesung abgestorbener Plankter) noch übertrifft, so zeigt sich beim Ossiacher See das entgegengesetzte Verhalten. Die Erklärung dafür dürfte wohl in der wesentlich geringeren Lichtdurchlässigkeit des Ossiacher Sees (man vergleiche die Sichttiefen!) zu suchen

sein, da die Planktonalgen ohne Licht nicht leben können. In 30 m Tiefe halten sich im Wörther und Millstätter See Auf- und Abbau der organischen Substanz ungefähr die Waage, während im Ossiacher See auch hier der Abbau sich deutlich bemerkbar macht. Der Klopeiner See zeigt in dieser Tiefe aber während der Zeit stärkerer Wasserdurchmischung (Winter und Vorfrühling) einen Anstieg des Nitratgehaltes, weil um diese Zeit aus der Tiefe, die in diesem meromiktischen See dauernd stagniert, Stickstoffverbindungen emporgewirbelt werden, die dann durch bakterielle Tätigkeit zu Nitrat oxydiert werden. Im Laufe des Sommers geht dann dieser Anstieg wieder zurück, offenbar findet in diesem hervorragend durchsichtigen See (vergleiche wieder die obige Zusammenstellung der Sichttiefen!) auch in 30 m Tiefe noch Assimilation durch das Phytoplankton statt.

Schließlich sei noch eine Zusammenstellung des mittleren Nitratgehaltes von 14 Kärntner Seen gegeben. Die angeführten Werte beziehen sich auf den Nitrat-N-Gehalt zur Zeit der vollzogenen Wasserdurchmischung; wo solche Untersuchungen zu dieser Jahreszeit nicht vorliegen (Rauschele-, Turner- und Pressegger See), wurde der Mittelwert errechnet. Da die meisten Seen in mehreren Wintern untersucht wurden, ist in der Tabelle das Mittel dieser Winteruntersuchungen gebildet worden. Die sauerstofffreie Tiefenschicht der meromiktischen Seen wurde außer acht gelassen, da bei Fehlen von O_2 der Stickstoff nicht in der Form des Nitrates, sondern als Ammon-N vorkommt.

See	Mittl. Nitrat-N (mg/l)	See	Mittl. Nitrat-N (mg/l)
Rauschelesee	0,01	Faaker See	0,17
Längsee	0,01	Wörther See	0,18
Klopeiner See	0,01	Keutschacher See	0,18
Weißensee	0,08	Afritzer See	0,22
Turnersee (Sablatnigsee)	0,09	Feld(Brenn)see	0,31
Pressegger See	0,15	Millstätter See	0,33
Turracher See	0,15	Ossiacher See	0,42

Wieder zeigt sich eine gewisse Übereinstimmung mit den Verhältnissen, wie wir sie bei den Grundwasser- und Fließwasseruntersuchungen gefunden haben.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ingo Findenegg, Klagenfurt, Tarviser Straße 42.