Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 14 (1943)

Artikel: Biologisch-chemische Studie am Baldeggersee
Autor: Adam, F. / Birrer, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523581

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: 11.07.2025

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

Biologisch-chemische Studie am Baldeggersee

VON F. ADAM UND A. BIRRER
LUZERN

Mit 8 Figuren und tabellarischem Anhang

Einleitung

Die vorliegende Arbeit fand ihren Ursprung in einer Expertise in den Jahren 1938 und 1939. Dementsprechend ist die Problemstellung. Wir konnten die Aufgabe nicht in dem weiten Rahmen auffassen, wie er vielleicht für eine rein wissenschaftliche Bearbeitung wünschbar gewesen wäre. Namentlich war eine zeitlich ausgedehntere Untersuchung nicht möglich. Dann mußte die Wahl der Untersuchungsmethode sowie die Zahl der auszuführenden Bestimmungen den praktischen Forderungen angepaßt werden. Ferner erschien es im Hinblick auf die Fragestellung erforderlich, kritische Vergleiche mit andern Seen anzustellen und namentlich auch Schlüsse über den Anteil der Zuflüsse am Stoffhaushalt zu ziehen, welch letztere sich ebenfalls nicht auf vollständige wissenschaftliche Untersuchungen dieser Nährgewässer, sondern nur auf orientierende Prüfungen stützen konnten. Für den praktischen Bedarf genügten diese im vollen Umfang.

In einer Hinsicht wäre also unsere Arbeit vom rein wissenschaftlichen Standpunkte aus zu ergänzen, in anderer Beziehung aber hat sie den Vorzug, sich nicht bloß auf die Wiedergabe des derzeitigen Zustandes zu beschränken. Gemäß der gestellten Aufgabe haben wir diesen Zustand des Sees auch in die Vergangenheit zurückverfolgt, und für seine Charakterisierung in der vergleichsweisen Einordnung unter bereits besser bekannte Seen einen genügend objektiven Wertmesser gefunden, der zwar vielleicht im Laufe der weiteren Forschung eine Präzisierung, aber keine grundsätzliche Veränderung erfahren dürfte.

1. Das Seebecken, seine Lage und seine Morphologie

Der Baldeggersee liegt im mittleren Seetal, zwischen den Moränenzügen der Erlosen im Westen und des Lindenbergs im Osten. Seine Zuflüsse entwässern ein kultiviertes, meist mit landwirtschaftlichen Siedlungen besetztes Gebiet. Eine Ausnahme von sämtlichen bedeutenderen Bächen, die sich in den See ergießen, macht der Ronbach, der auch die Abwasser der eine namhafte Industrie aufweisenden Gemeinde Hochdorf aufnimmt. Nord- und Südufer des Sees laufen flach aus und gehen in Riedland über, das heute weitgehend entwässert und landwirtschaftlich genutzt wird. Ein ansehnlicher, fast zusammenhängender Schilfgürtel, der landwärts durch Buschwerk abgegrenzt ist, verleiht dem See ein idyllisches Gepräge.

Die mittlere Höhe des Wasserspiegels liegt 466,1 m ü. M., die Oberfläche mißt 5,256 km² = 525,6 ha. Wir geben einzelne morphometrische Daten in folgender Tabelle wieder, wobei wir gleichzeitig vergleichsweise auch die entsprechenden Zahlen einiger weiterer Seen anführen:

See	Meereshöhe	Einzugsgebiet	Flächenareal	Volumen	Mittlere Tiefe	Max. Tiefe
	m	km²	km²	km³	m	m
Baldeggersee	466	74,18	5,25	0,178	34	66,1
Hallwilersee	452	170	10,29	0,215	20,6	47
Sempachersee	506,9	76,7	14,3	0,66	46	86,9
Vierwaldstättersee	437	2238	114,01	11,82	104	214
Rotsee	423	3,8	0,47	0,01	—	16,3

See	Max. Länge	Max. Breite	Abfluß p. sec.	Abfluß-zeit	Uferlinie	Uferlinie zu 1 m² Seefläche
	km	km	m³	Tage	km	mm
Baldeggersee	4,8	1,5	0,7	2943	11,9	2,2
Hallwilersee	8,5	1,5	1,4	1777	18	1,7
Sempachersee	7,6	2,6	—	—	18,7	1,3
Vierwaldstättersee	38,1	3,3	100	1368	129,5	1,1

Das Verhältnis der Breite zur Länge beträgt im Baldeggersee rund 1:3; die Gestalt des Seebeckens ist wannenförmig. Ost- und Westufer sind ziemlich steil abfallend und haben einen Bö-

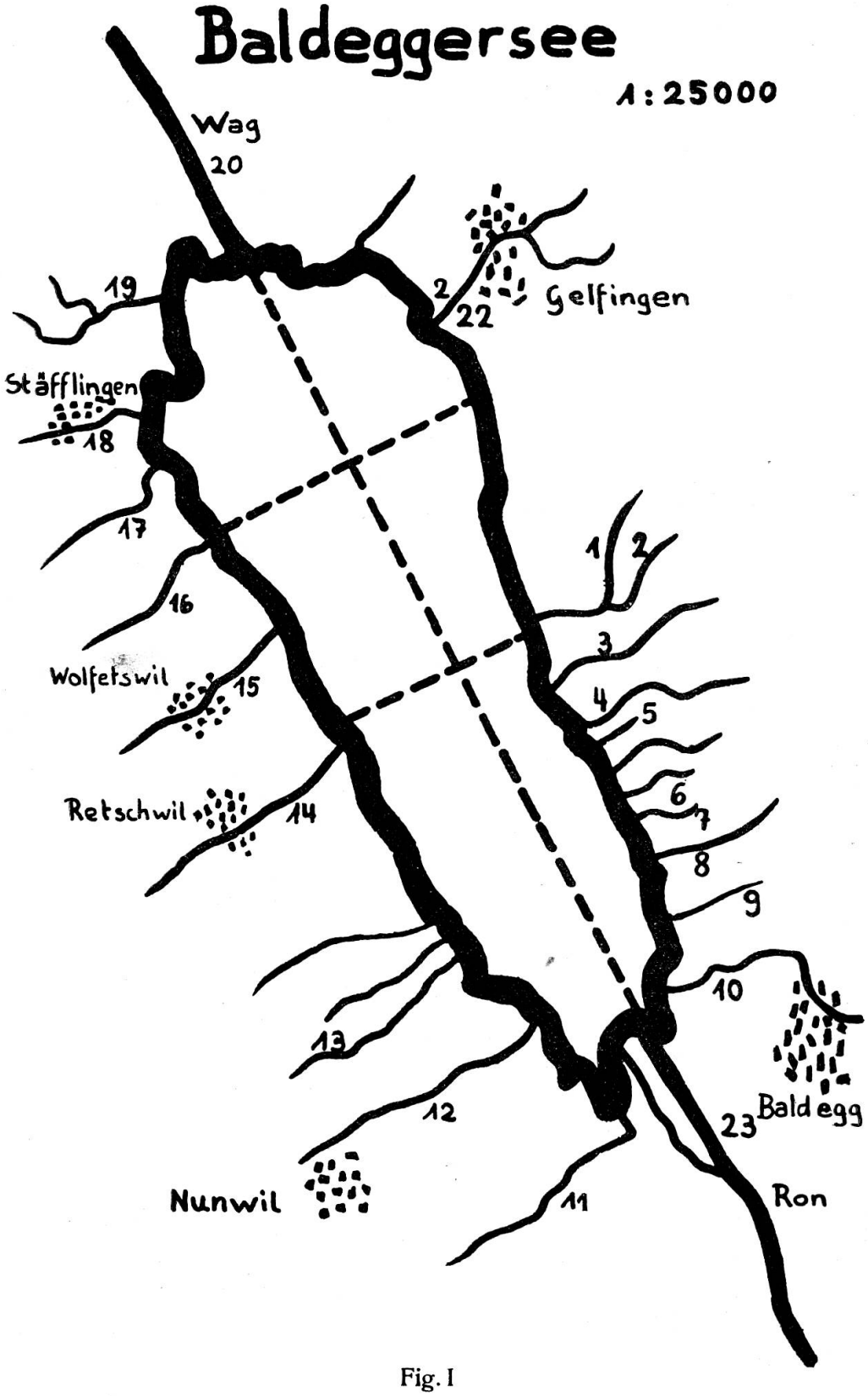
Baldeggersee
1:25000
Wag
20
19
Stäfflingen
18
17
16
Wolfetswil
15
Retschwil
14
13
12
Nunwil
11
2
22
Gelfingen
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Bald egg
23
Ron

Fig. I

schungswinkel von ca. 6 Grad, während der Böschungswinkel an den Schmalufern etwa 2 Grad beträgt. Vergleiche hierzu Textfigur II, wo die wannenförmige Gestalt des Beckens in anschaulicher Weise zur Darstellung gelangt. Es kann bei obwaltenden Uferverhältnissen sozusagen überall mit dem Boot angelegt werden, eine Ausnahme macht nur die Mündungsstelle weniger Bäche.

Die Zeit für die theoretische Wassererneuerung, d. h. die Zeit, die der See zum Auslaufen benötigte, beträgt 2943 Tage. Die mittlere Abflußmenge durch die Wag wird mit 0,7 m^3 pro Sekunde angegeben. Kulturing. *Kaufmann* gibt in einem Gutachten die Wassermenge, die bei Mittelwasser durch die Ron dem See zugeführt wird, mit 0,46 m^3/sec. an. Setzen wir die Niederschlagsmenge auf dem Seeareal gleich der Verdunstungsmenge, was ziemlich genau stimmt, so erhalten wir für die übrigen Zuflüsse (erkennbare Bäche und nicht erkennbare Sickerwässer und Rinnsale) eine Wassermenge von 0,24 m^3/sec. Das Verhältnis der Wassermenge der Ron zu den andern Zuläufen ist demnach rund 2 : 1 ;

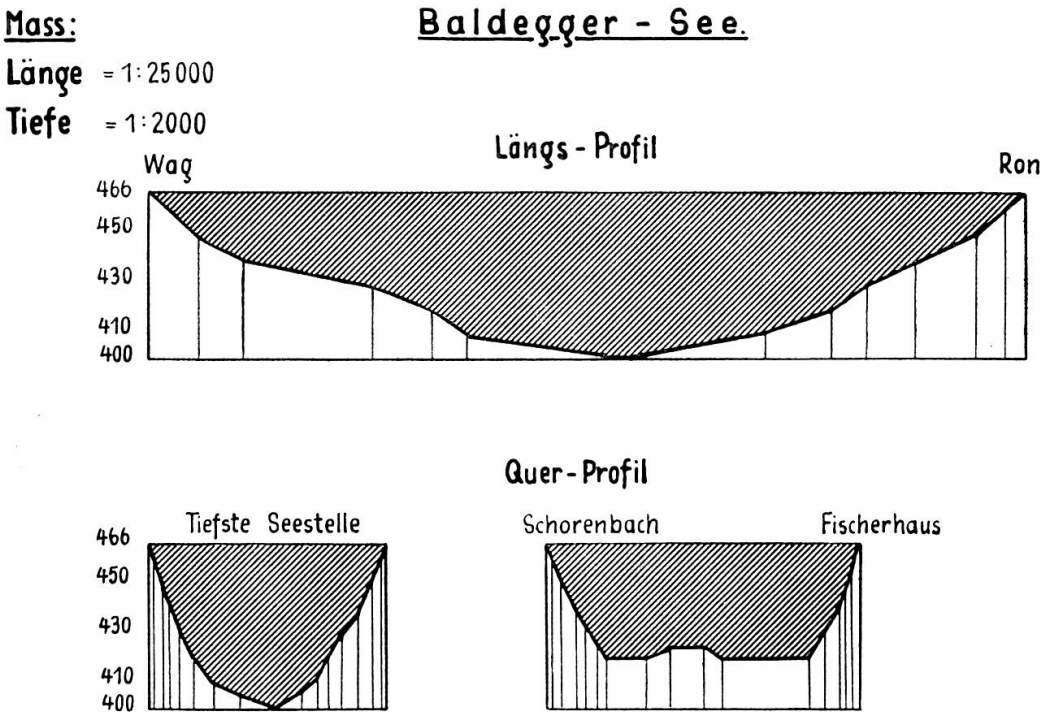

Fig. II

der Ron kommt also für die Wassererneuerung weitaus die größte Bedeutung zu.

Nicht ohne Bedeutung für das Gepräge eines Sees ist ferner die Länge der Uferlinie zum Seeareal, da ohne Zweifel dem Ufer eine düngende Wirkung zukommt. In dieser Beziehung steht der Baldeggersee von den angeführten Seen mit Ausnahme des Rotsees am ungünstigsten da. Bei ihm trifft es auf einen m^2 Seefläche 2,2 mm Uferlinie, während es beim nahegelegenen Hallwilersee nur 1,7 mm, beim Sempachersee nur 1,3 mm und beim buchtenreichen Vierwaldstättersee sogar nur 1,1 mm trifft.

2. Die Thermik

Obwohl die Temperaturen des Wassers auf den ersten Blick kaum sehr viel mit der Fischerei zu tun haben (wenn wir von der allgemeinen Erfahrung, daß gewisse Edelfischarten kaltes Wasser vorziehen, absehen), so stellen doch gerade die Temperaturmessungen zu möglichst vielen verschiedenen Zeitpunkten und in verschiedenen Wassertiefen ein hervorragendes Mittel dar, um in die natürlichen Selbsterhaltungskräfte eines Sees Einblick zu erhalten, besonders dann, wenn wir diese Messungen mit andern Seen von typischem Gepräge vergleichen können. Es zeigt sich nämlich, daß einzelne Seen im Hochsommer von der Oberfläche nach der Tiefe hin ein auffallend starkes Temperaturgefälle aufweisen, während sich bei andern Seen dieses Gefälle mehr ausgleicht, indem auch tiefere Schichten auf die hochsommerliche Oberflächentemperatur ansprechen und wärmer werden. In ausgesprochenem Maße finden wir diesen Unterschied zwischen Vierwaldstättersee und Rotsee, wo bei ersterem noch in einer Tiefe von 40 m im Jahre 1935/36 eine Jahresschwankung von 1,2 Grad C, in 10 m noch eine solche von 6 Grad C festgestellt wurde, während diese beim Rotsee in 10 m Tiefe nur 4 Grad C betrug. In 15 m Tiefe schwankte die Temperatur im Rotsee nur um 2,5 Grad C, welche Maximalschwankung wir im Vierwaldstättersee noch in 30 m Tiefe auswiesen. Die Messungen beziehen sich auf dasselbe Beobachtungsjahr.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, und ist übrigens von namhaften Hydrologen ausgesprochen worden (*Findenegg* usw.), daß derartige Temperaturunterschiede nach der Tiefe hin von ebensolchen Unterschieden in den Umwälzungsverhältnissen herrühren. Es ist einleuchtend, daß ein See mit stärkerer Wasserbewegung, rühre nun diese beispielsweise von stärkerer Windexposition oder von ergiebigen Zuflüssen her, eine bessere Durchmischung des Wassers erleidet, so daß wärmeres Wasser von der Oberfläche bis in eine gewisse Tiefe getragen werden kann. Ohne jede Windeinwirkung oder sonstige Wasserbewegung würde offenbar Erwärmung im Sommer und Abkühlung im Winter nur von der Oberfläche her auf dem Wege der Wärmeleitung vor sich gehen und zu einer extremen Schichtung führen, da bekanntlich das Wasser ein sehr schlechter Wärmeleiter ist. Gleiche Sonnenstrahlen für die bezüglichen Seen vorausgesetzt (was bei so benachbarten Seen wie die für uns in Frage stehenden mit größter Annäherung zutreffen wird), müßten somit alle diese Seen zu gleicher Zeit ziemlich genau gleiche Oberflächentemperaturen und in entsprechender Tiefe wieder gleiche Wärmegrade aufweisen, mit andern Worten, das für diese Seen zu erwartende Temperaturgefälle müßte auch für alle dasselbe sein.

In Wirklichkeit trifft nun weder das eine noch das andere zu. Es wird daher logischerweise die Wasserbewegung als ausgleichendes Element zur Erklärung mit herangezogen werden müssen. Da die Wassererneuerung durch Zuflüsse auch bei kleineren Seen meist jahrelang dauert, so wird dieser Faktor für die Beurteilung in der Regel kaum nennenswert in Betracht fallen, und es bleibt uns eigentlich nur noch die Windeinwirkung, die je nach Lage und Form des Sees natürlich eine sehr verschiedene ist.

Betrachten wir nach diesen grundlegenden Feststellungen zunächst den Baldeggersee und den Sempachersee, welch letzterer, wie wir später noch sehen werden, in hydrobiologischer Hinsicht bedeutend besser dasteht als der benachbarte Baldeggersee. Wir müssen zu diesem Zwecke natürlich Messungen des gleichen Zeitraumes berücksichtigen und verwerten daher diejenigen von *Theiler* in den Jahren 1910 und 1911 (Mitt. Nat. Ges. Luzern, Hft. VII, 1917). Die Kurven in Fig. III, IV und V verbinden Punkte gleicher Tiefe und geben durch ihr Steigen und Fallen die Tem-

peraturschwankungen zu verschiedenen Zeiten im Laufe der Untersuchungsperiode wieder. Wir sehen auf den ersten Blick, daß in einer gewissen Tiefe die Temperaturen des Baldeggersees weniger schwanken, die Kurve also geradliniger verläuft als beim Sempachersee. In 50 m Tiefe macht der Unterschied allerdings nur noch 0,5 Grad C, bei 20 m Tiefe aber schon 2,5 Grad C. aus. Wir müssen also zum Schlusse kommen, daß sich das Wasser des Sempachersees bis in größere Tiefen, d. h. intensiver umwälzt als dasjenige des Baldeggersees, *daß letzterer mithin in dieser Beziehung benachteiligt erscheint.*

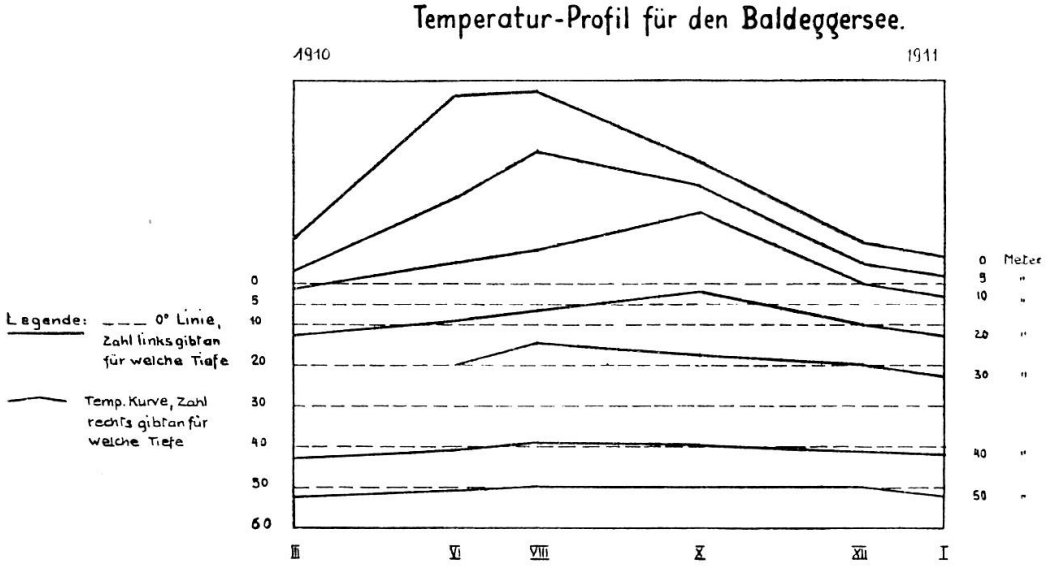

Fig. III

Wenn wir später die Bedeutung des Sauerstoffs und der Sauerstoffaufnahme für den Lebensprozeß im See beleuchten, so werden wir sehen, in welcher Richtung der genannte Punkt eine Benachteiligung erfährt.

Wie nun die Windstärke, in unserem Falle die jährliche Durchschnittswindstärke, im Laufe der Jahre wechselt, so ist zu erwarten, daß auch die von ihr abhängige Wasserbewegung und damit die Werte für die Temperaturen wechseln müssen. Das trifft hier zu. Vergleichen wir die Temperaturkurven der Jahre 1910 und 1911 mit denen der Jahre 1938 und 1939 im Baldeggersee, so erkennen wir, daß wiederum die Temperaturen des Jahres 38/39

in der Tiefe auffällig gleichmäßiger sind als 1910/11. Wir haben zwischen Oktober und Dezember in 20 m Tiefe noch einen kurzen Anstieg um 4 Grad C, so daß, mit andern Worten ausgedrückt, im Herbst noch eine Nachwirkung der obern Wasserschichten bis in diese Tiefe stattgefunden hat. Sonst aber differiert die Temperatur schon in 20 m nur noch um etwa 1,5 Grad C. Während des ganzen Sommers bleiben die untern Wasserschichten von den

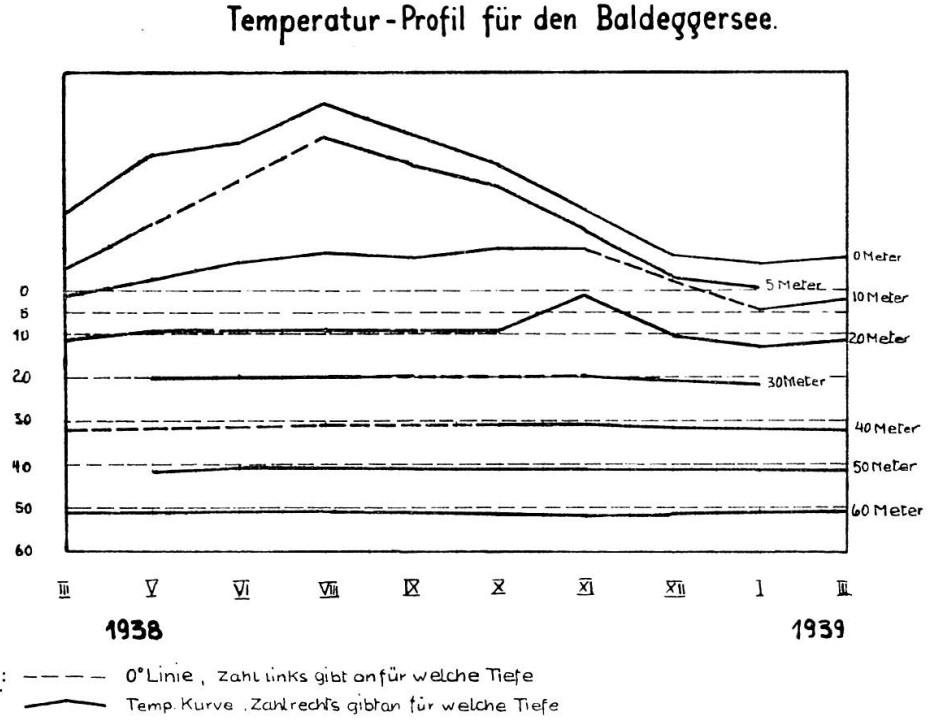

Fig. IV

obern, wärmeren unberührt, ganz im Gegensatz zum Jahre 1910/11, wo auch im Baldeggersee in 20 m Tiefe noch eine Jahresschwankung von 5,5 Grad C nachgewiesen wurde, die aber, wie das Kurvenbild zeigt, sich mehr oder weniger auf das ganze Jahr erstreckt hat, so daß auch während der Sommermonate stets etwas Wasser von der Oberfläche in die Tiefe zirkulierte. Noch deutlicher wird der Unterschied bei 30 m, wo wir im Jahre 1938 eine Maximalschwankung von nur 1 Grad C nachwiesen, während diese im Jahre 1910/11 über 2,5 Grad C betragen hat. (Die tieferen Wintertemperaturen vom März fehlen uns.)

Nun dürfte allerdings zu berücksichtigen sein, daß das Jahr 1910/11 ein ausgesprochen nasses Jahr war. Wir erkennen grundsätzlich, daß die Wasserumwälzung in einem See nicht bloß von seinen konstanten Umweltsbedingungen abhängt, sondern eben auch von den variablen, d. h. vom Wetter, so daß *die Gewißheit besteht, daß trockene Perioden sich ausgesprochen zu Ungunsten eines Sees auswirken können,* insofern eine Beeinträchtigung

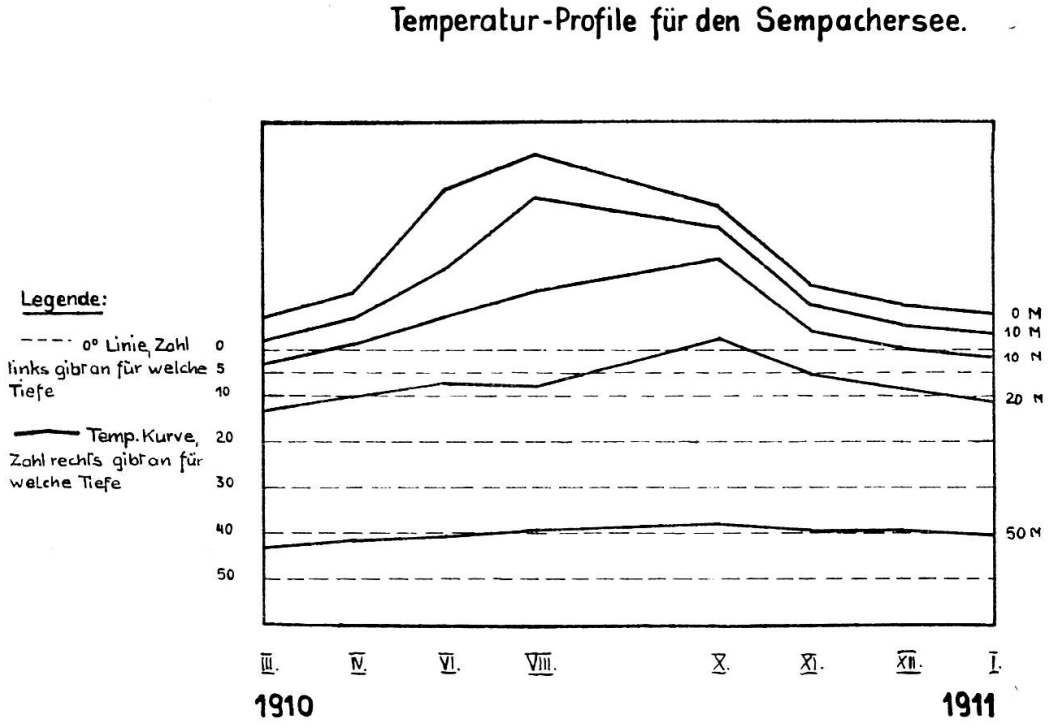

Fig. V

der Wasserumwälzung als Ungunst in die Wagschale fällt, was später zu begründen sein wird.

Eine Differenzierung der Temperatur in *horizontaler* Richtung war im Baldeggersee nicht festzustellen. In gleicher Tiefe sind die Temperaturen oben am See wie in der Mitte oder am untern Ende gleich. An der Oberfläche sorgt der Wind für eine derart rasche Durchmischung, daß eventuelle Unterschiede im Zuflußwasser auf ganz kurze Distanzen ausgeglichen werden.

Die Abhängigkeit des vertikalen Temperaturprofils von der Windexposition und damit von der Witterung und der Lage des

Sees basiert aber durchaus nicht nur auf der durch den Wind hervorgerufenen Wasserbewegung. Da der Wind das Wasser zunächst in horizontaler Richtung in Bewegung setzt, so dürfte die hierdurch entstehende Bewegung eine zirkulierende sein. Das Wasser wird in der Richtung des gerade herrschenden Windes angetrieben und muß in der Tiefe, um einer Stauung zu entgehen, wieder zurückfließen. Es muß also an der Luvseite des Sees hinunter- und an der Leeseite wieder hinaufsteigen. Das würde im Sommer bedeuten, daß das wärmere Oberflächenwasser durch mechanischen Antrieb in die Tiefe befördert und dadurch unter das kältere und daher schwerere Wasser unterlagert, d. h. mit diesem gemischt würde. Tatsächlich beobachtet man bekanntlich im See während des Jahres in der Regel etwa zweimal, nämlich im Frühjahr und Herbst, einen Temperaturausgleich von der Oberfläche zur Tiefe, während im Sommer und Winter ausgesprochene Schichtungen nach Wärmegraden bestehen. Aber der Eintritt des Ausgleichs ist erfahrungsgemäß keineswegs an besonders starke Winde über dem See gebunden, er hängt vielmehr von der Wärme ab, die dem See (durch Insolation oder warme Winde) zugeführt resp. entzogen wird. Ausgehend von der Hochsommerzeit mit ihrer sog. Stagnation, die durch ständige Abnahme der Wasserwärme von der Oberfläche zur Tiefe charakterisiert ist, tritt im Herbst langsam ein von der Oberfläche zur Tiefe fortschreitender Ausgleich im Sinne einer Abkühlung ein. Der Verlauf dieses Vorganges ist im Wesentlichen an die Lufttemperaturverhältnisse gebunden. Schönes, warmes Herbstwetter kann ihn bis Ende Oktober hinauszögern. Er ist bedingt durch die Aenderung des spezifischen Wassergewichtes, das seinerseits von der Temperatur abhängt, ist somit also von der Thermik und nicht von der Dynamik des Sees abhängig. Die herbstliche Luftabkühlung bewirkt zunächst eine oberflächliche Wasserkühlung und damit eine Erhöhung des Gewichts. Da das tiefer liegende Wasser von dieser Abkühlung noch nicht direkt berührt wird, somit leichter ist, beginnt ein Absinken der obersten Wasserschicht und eine Vermischung mit der untern, also auch ein Temperaturausgleich. Beobachten wir im Sommer eine stetige Abnahme der Temperatur nach der Tiefe, so erhalten wir jetzt eine Schicht mit gleichem Wärmegrad. Unterhalb dieser bleibt das sommerliche Wärmebild bestehen. Natur-

gemäß greift aber der Vorgang mit fortschreitender Abkühlung immer tiefer, die Grenze der aequithermalen Schicht verschiebt sich nach der Tiefe, bis unter Umständen der ganze See bis auf den Grund dieselbe Wärme von ca. 4 Grad aufweist.

Diese Konvektionsströmung mag nun bei großen Temperaturunterschieden eine recht hohe Energie entwickeln, sobald aber die Wärmeunterschiede nur noch wenige Grade betragen, wird sie sich sehr verlangsamen, ja praktisch gesprochen überhaupt aufhören. Tatsächlich kann ein See, besonders wenn er dem Winde nur wenig ausgesetzt ist, die Erscheinung der Temperaturinversion aufweisen, indem in einer gewissen Tiefe noch Wasser von vielleicht 4,5 Grad C auftritt, während das darüberlagernde schon auf 4 Grad C abgekühlt, also schwerer ist. Von verschiedenen Seiten wird dies damit erklärt, daß diese tiefern und wärmern Schichten stark mit Zersetzungsprodukten organischer Stoffe verunreinigt und daher trotz höherer Temperatur schwerer seien. Daß diese Auffassung nicht stichhaltig ist, wird später gezeigt werden.

Wenn nun aber die Wärmekonvektion nicht genügend Energie zu einer vollständigen Durchmischung des Sees aufbringt, wenigstens zu einer Durchmischung in nützlicher Frist, so erleichtert sie doch die Arbeit der durch den Wind hervorgerufenen Zirkulationsströmung. Während nämlich die Kraft der Winde während der Sommerschichtung infolge der großen Wärmedifferenzen der einzelnen Schichten zu einer gründlichen Durchmischung nicht ausreicht, so vermag sie jetzt infolge der Milderung der Wärme- und damit der Gewichtsdifferenzen zwischen oben und unten den verringerten Schwerewiderstand zu überwinden. Bei windexponierten Seen wird also mit abnehmender Konvektionsströmung die zunehmende Zirkulationsströmung für eine rasche und vollständige Mischung sorgen, so daß wir bei diesem Seentyp (*Findenegg* nennt sie die „holomiktischen") innert ganz wenigen Wochen aus dem „geschichteten" See einen vollständig durchgemischten See mit gleicher Temperatur von oben bis unten erhalten.

Diese von *Findenegg* zuerst begründete Auffassung über das Wesen der Herbst- (und Frühjahrs-) Zirkulation erklärt unseres Erachtens allein und zwanglos das verschiedene Verhalten der

Seen je nach ihrer topographischen Lage und Beschaffenheit. Sie erklärt namentlich auch das verschiedenartige Wärmebild der Seen im Sommer. Seen mit minimaler Windbewegung, wie der Rotsee, weisen ganz extrem starke Schichtung, große Wärmedifferenzen auf wenige Meter auf, andere zeigen eine viel weniger ausgeprägte Schichtung; diese wird vielmehr durch die Energie der Winde teilweise verwischt, ohne aber bei einigermaßen großen Gewässern ganz ausgeglichen zu werden. Die Sommerstagnation gehört also durchaus zum Normalbild eines Sees.

Der Winter ändert nun das Bild, indem nach der Abkühlung der Seeoberfläche auf 4,0 Grad C das Wasser sein maximales spezifisches Gewicht erreicht hat. Weitere Abkühlung, wie sie vom November bis Ende Februar etwa einzutreten pflegt, bewirkt bis zum Nullpunkt wieder eine Verminderung des Gewichts. Es tritt daher wieder normale Schwere-Schichtung ein; das kältere Oberwasser liegt als leichteres über dem wärmeren der Tiefe. Diese erneut stabile Lage ist die Winterstagnation. Gegen das Frühjahr beginnt mit der Oberflächenerwärmung der analoge Vorgang wie im Herbst, eine Frühjahrszirkulation, aber mit umgekehrtem Temperaturverlauf. Hat wiederum der ganze See mit der Vollzirkulation 4 Grad C erreicht, so beginnt die als Sommerstagnation bezeichnete Erscheinung; die Weitererwärmung über 4 Grad C hinaus führt zur Schichtung und erschwert die Zirkulation durch Windbewegung.

Eigenartigerweise haben wir nun im Januar 1939 im Baldeggersee eine Temperaturinversion festgestellt, wie sie weiter oben beschrieben wurde. Von 0 m bis 30 m stieg der Wärmegrad von 3,1 auf 4,0 Grad C an. Darunter betrug er 4,4—4,5 Grad C. Das Wasser war hier somit leichter als oben, es konnte also von der herbstlichen Zirkulation nicht erfaßt worden sein, sonst müßte zuerst dieser gesetzwidrige Zustand aufgehoben worden sein.

Aus diesem Ergebnis ist zu schließen, daß der Baldeggersee im Herbst 1938 nur bis etwa auf 30 m Tiefe umgewälzt wurde. Er ist nach *Findenegg* somit dem meromiktischen Typus zuzuzählen. Wenigstens hat er sich damals wie ein solcher verhalten. In Uebereinstimmung damit steht das warme, windstille Wetter jener Zeit, das bis in den Dezember hinein andauerte. In Uebereinstimmung damit stehen auch die oben skizzierten Profilvergleiche mit dem

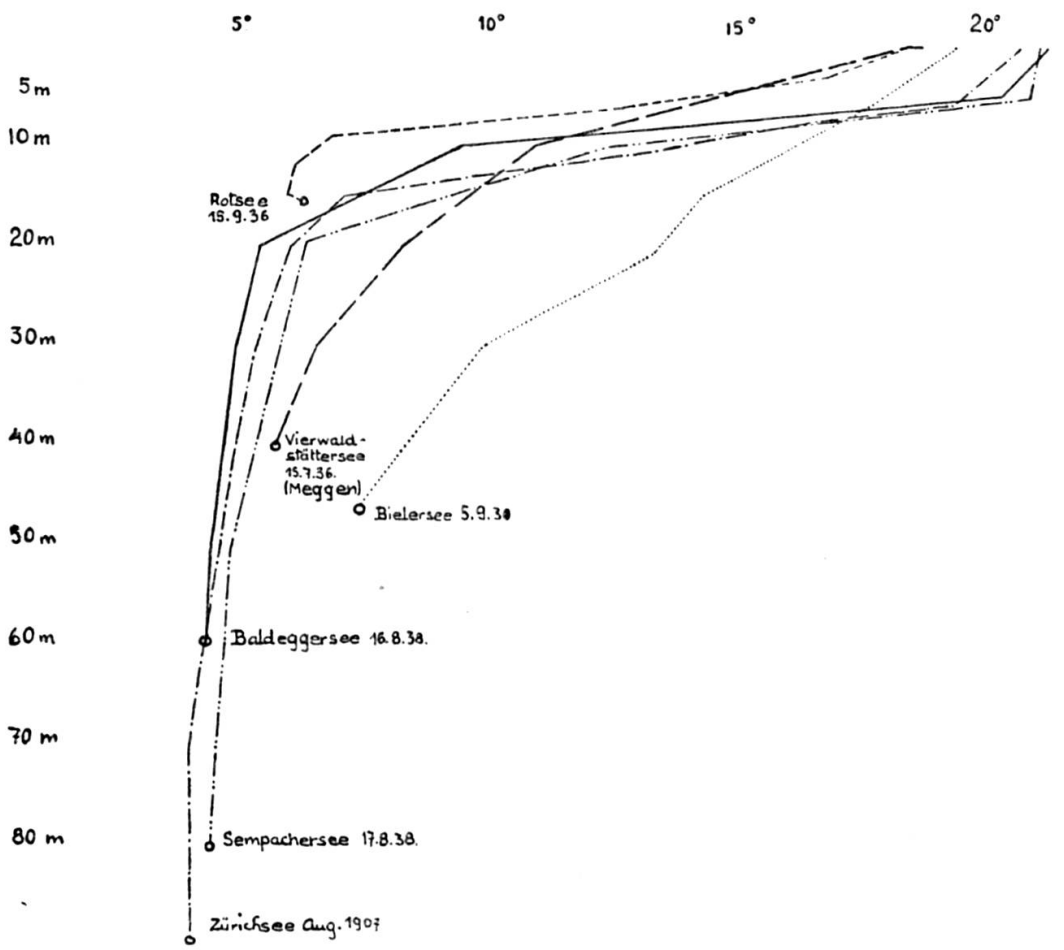

Fig. VI

Sempachersee in den Jahren 1910/11 und 1938, die erwiesen haben, daß unter gleichen Bedingungen auch im Sommer die Zirkulationsströmungen im Sempachersee tiefer vordringen als im Baldeggersee.

Ein recht anschauliches Bild über diese Durchmischungsverhältnisse ergibt das Kurvenbild der Fig. VI. Vergleichsweise wurden dort auch Messungen anderer Autoren an außerkantonalen Seen verwertet. Die sehr verschiedenartigen Profile geben für die Klassifikation der Seen guten Aufschluß.

3. Die Sauerstoffverhältnisse

Von großer Bedeutung in vorliegender Untersuchung sind die Sauerstoffverhältnisse. Sauerstoff ist das wichtigste Lebenselement für alle tierischen Organismen, insbesondere auch für die Fischfauna. Wir sahen uns deshalb veranlaßt, auch dieses Kapitel auszubauen. Das Fehlen früherer Untersuchungen (vor 1921) ähnlicher Art im Baldeggersee (wenigstens sind uns keine solchen bekannt geworden) verursacht etwelche Schwierigkeiten in der Beurteilung.

Schon im Oktober 1937 wiesen wir unterhalb der oberflächlichen Schicht (8 m Tiefe) einen sehr mangelhaften Gehalt an Sauerstoff im Baldeggersee nach; der See war unterhalb 8 m praktisch sauerstoffleer. Nach Aufnahme unserer Untersuchungen im März 1938 ergab sich dann Sauerstoff bis auf den Grund (60 m Tiefe). Dies bedingt eine Zufuhr von der stets sauerstoffreichen, durchlichteten oberflächlichen Wasserschicht her. Die Zufuhr ist durch die im vorstehenden Kapitel diskutierten Strömungen (Frühjahrszirkulation) bewerkstelligt worden, indem Sauerstoff nach der Tiefe verfrachtet wurde. Allerdings war aber unterhalb einer Tiefe von 30 m der Gehalt für ein dauerndes Fischleben noch ungenügend. Es muß angenommen werden, daß die Zirkulation doch mangelhaft war und mit zunehmender Tiefe immer weniger zu wirken vermochte. Die nach dem warmen März folgenden Wetterstürze und Niederschläge, wie die Winde, haben dann nachträglich noch eine wirksamere Durchmischung der Tiefenlagen mit sauerstoffreicherem Oberflächenwasser bewirkt, denn im Mai war das Oberflächenwasser sauerstoffärmer als im März. Dafür war der Sauerstoffgehalt der Tiefe noch gestiegen, obwohl seit März gemäß der Temperaturschichtung normalerweise eine temperaturbedingte Ueberlagerung von wärmerem Wasser einer normalen Durchmischung im Wege stand. Im Mai stellten wir im *ganzen* See so viel Sauerstoff fest, daß sich auch edlere Fischarten vorübergehend in allen Tiefen hätten aufhalten können, dauernd allerdings nur Ruchfische mit geringerer Sauerstoffbedürftigkeit.

Dieses war der einzige Zeitpunkt während unserer Untersuchungsperiode, wo im See inbezug auf Sauerstoff leidliche Verhältnisse herrschten. Im Juni zeigten sich schon die Folgen der

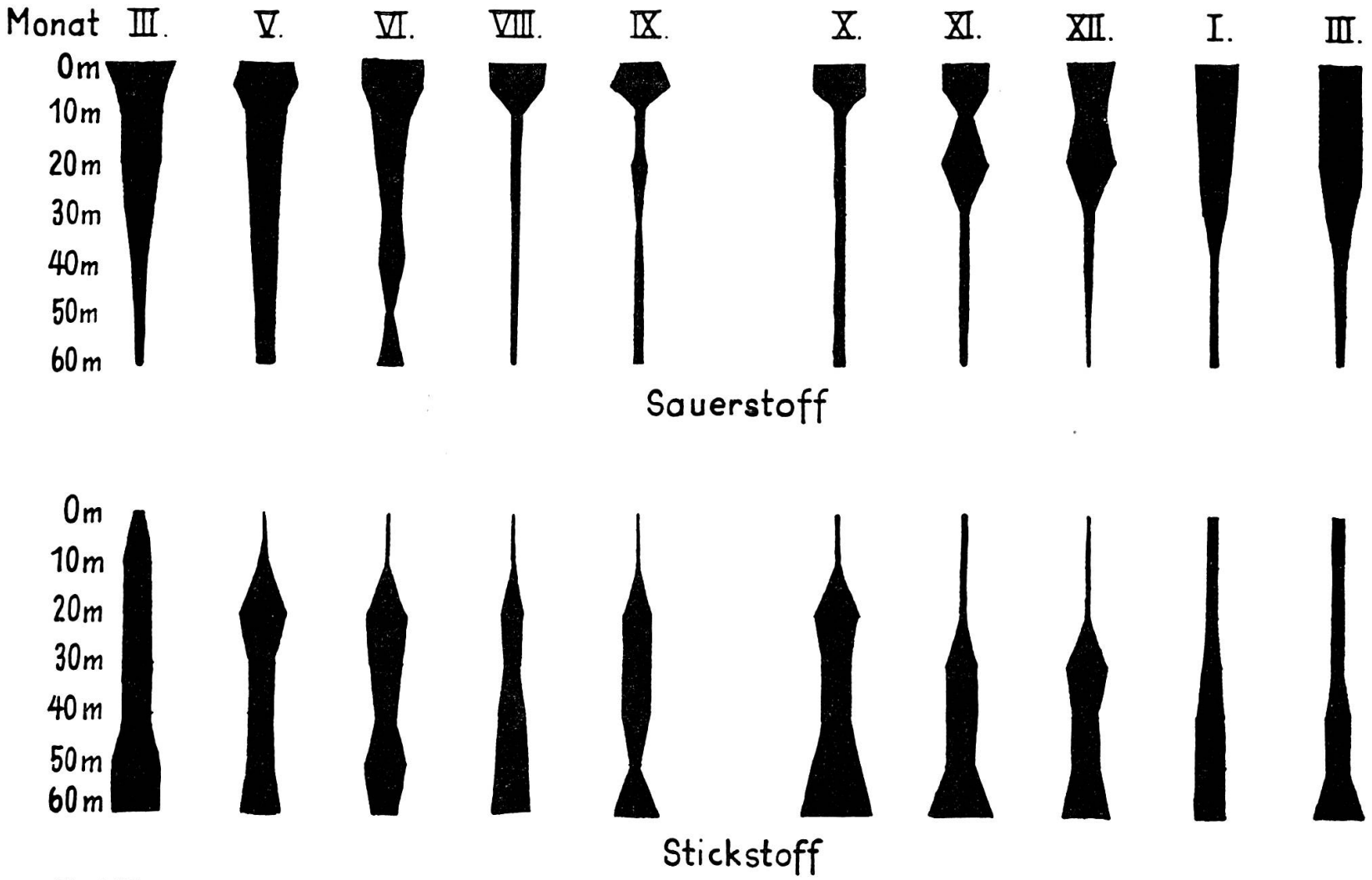
Monat III. V. VI. VIII. IX. X. XI. XII. I. III.
0m
10m
20m
30m
40m
50m
60m
Sauerstoff
0m
10m
20m
30m
40m
50m
60m
Stickstoff

Fig. VII

Stagnation und nun eben auch die Folgen untragbarer Belastung mit organischem Material. Der Sauerstoff ist nach der Tiefe hin zurückgegangen und bereits unter das Niveau vom März gefallen. Im August ist schon in 10 m Tiefe nicht mehr genügend Sauerstoff für ein Fischleben; im September haben wir eine Zwischenprobe in 7,5 m entnommen und dort allerdings noch reichlich von diesem Lebenselement, in 10 m aber nur noch unbedeutende Reste davon gefunden. Eigentümlicherweise lassen sich bei den verschiedenen Untersuchungen dann und wann Zonen höheren Sauerstoffgehaltes mitten in sauerstoffärmerem Gebiet feststellen, doch haben diese Zonen für den Gesamthaushalt keine Bedeutung; immerhin sind sie interessant für den Verlauf der Strömungen. Im November hat Zirkulation bis in 10 m und damit auch schon eine gewisse Anreicherung an Sauerstoff in dieser Tiefe eingesetzt. Eigentümlicherweise findet sich in 20 m Tiefe nun plötzlich eine sehr sauerstoffreiche Schicht; es muß also Wasser aus der Oberflächenzone (vergl. unsere Bemerkungen oben unter September) unter Umgehung der 10 m Zone direkt in diese Tiefe verfrachtet worden sein, was nur durch Rotationszirkulation, nicht aber etwa durch Konvektionsströmung möglich ist. Fischermeister Stirnimann teilte uns denn auch am Beginn der Erhebung mit, die Fische seien ihm merkwürdigerweise in 10 m Tiefe in den Netzen zu Grunde gegangen, in 20 m aber nicht mehr.

Gegenüber den November-Untersuchungen stellten wir im Dezember eine Erhöhung des Sauerstoffgehaltes in 10 m fest; es hat oberhalb 20 m ein Ausgleich stattgefunden. Unterhalb 20 m bleibt nach wie vor eine große Sauerstoffarmut; der Gehalt ist sogar noch etwas gesunken. Erst im Januar vermochte die Zirkulation auf 30 m vorzustoßen und den Sauerstoff daselbst auf 4,3 mg/l zu erhöhen. Damit hatte sich aber (vergl. Kapitel Thermik) die neue Stabilität, die Winterstagnation, eingestellt, was einem weitern Eindringen des Sauerstoffs den Riegel schob.

Wir erkennen auch hier die enge Verbundenheit von Wasserbewegung und Sauerstoffhaushalt. Erfaßt einmal eine starke Wasserbewegung auch die untern, sauerstoffarmen Schichten, so gefährden diese vorübergehend durch ihr Aufsteigen die obern Zonen.

Die mangelhafte Zirkulation erklärt nun aber das große Sauer-

stoffmanko nicht. Das ergibt sich aus dem Vergleich mit dem Sempachersee. Sempachersee und Baldeggersee haben, wie die Kurvenbilder der Temperaturmessungen zur Darstellung bringen, ähnliche Zirkulationsverhältnisse; in den Sauerstoffgehalten divergieren sie in extremer Weise. Es muß zugegeben werden, daß der Sempachersee an sich für die Beeinflussung durch den Wind etwas günstiger dasteht; er hat die doppelte Größe, also die bessere Angriffsfläche, und seine Eisbedeckung ist von weniger langer Dauer als beim Baldeggersee; er ist also auch dadurch im Vorteil, daß Windeinwirkung längere Zeit möglich ist; trotzdem haben wir die Ueberzeugung, daß durch diesen graduellen Unterschied in der Zirkulation der beiden Seen die Divergenz in den Sauerstoffgehalten nicht erklärt werden kann. Unsere Ansicht wird auch gestützt durch Untersuchungen *Findeneggs* an den Seen Kärntens. Für das untere Becken des Wörthersees (*Findenegg,* Naturgeschichte des Wörthersees, in Beiträge zur Naturwissenschaftlichen Heimatkunde Kärntens, 1933) gibt er folgende Sauerstoffwerte an

(16. 8. 32):			30 m	7	mg/l
0 m	9	mg/l	40 m	4	mg/l
10 m	13	mg/l	50 m	2,5	mg/l
20 m	8,5	mg/l	60 m	0	mg/l

Dabei weist dieses Seebecken genau dieselbe Eigenart auf wie der Baldeggersee, indem es nämlich im Frühjahr und im Herbst auch nur bis in 35 m Tiefe durchmischt wurde, also die gleichen Zirkulationsmängel aufweist wie dieser. In bezug auf die Sauerstoffgehalte stehen sich die beiden Seen wie folgt gegenüber:

16. August 1932	Wörthersee	in 10 m Tiefe	13 mg/l 02
16. August 1938	Baldeggersee	in 10 m Tiefe	2 mg/l 02

Der Wörthersee zeigt auch, trotzdem ähnliche Durchmischungsverhältnisse vorliegen, in 50 m Tiefe noch nicht schlechtere Sauerstoffwerte als der Baldeggersee in 10 m.

Wie liegen nun die Sauerstoffverhältnisse im Sempachersee? Unsere Untersuchung desselben stammt vom 17. August 1938; am Tage zuvor hatten wir den Baldeggersee untersucht. In beiden Seen lag Stagnation vor, wenn auch im Baldeggersee etwas ausgeprägter. Der Sauerstoffgehalt beträgt *im Sempachersee von*

oben bis unten, d.h. bis in 60 m Tiefe, immer zwischen 8 und 9 mg/l. Erst bei 80 m geht er etwas zurück.

Es wurde auch die Ansicht geäußert, im Baldeggersee seien am obern und am untern See-Ende die Wasserqualitäten verschieden. Zur Ueberprüfung dieser Frage haben wir in mehreren Fällen am obern und am untern See-Ende Proben erhoben. Fassungsstellen lagen so weit vom Ufer entfernt, daß die Tiefe ca. 7 bis 12 m betrug; es wurde jeweils eine Probe an der Oberfläche und eine unmittelbar über dem Grunde entnommen.

Die Abweichungen gegenüber den Proben aus der Seemitte erwiesen sich aber als unbedeutend und jedenfalls nicht immer als gleichsinnig, so daß ein Schluß in der vermuteten Richtung nicht zu ziehen ist. Die Wasserbeschaffenheit am obern See-Ende ist derart, daß ein unmittelbarer Einfluß der Ron chemisch, auch im Sauerstoffgehalt, nicht nachzuweisen ist. Das Ronwasser wird so stark verdünnt und die Durchmischung in der Oberflächenschicht geht so rasch vor sich, daß die ganze Seeoberfläche, chemisch gesprochen, als einheitlich angesehen werden muß. Die Vorgänge der Verschmutzung gehen also auch im ganzen See regional praktisch gleichmäßig vor sich.

Nach Abschluß obiger Ausführungen erhielten wir Kenntnis von einem Gutachten von Prof. *Bachmann* über den Baldeggersee vom *Jahre 1927*. Der Autor fand damals bis auf 10 m hinreichende Sauerstoffgehalte, nämlich zwischen 9,5 mg und 8,1 mg/l. In 20 m bestimmte er den Wert mit 1,2 mg, in 32 m mit 1,5 mg/l. In größere Tiefen gehen die Untersuchungen nicht. Da es sich um eine Oktoberuntersuchung handelt, können wir sie vergleichen mit unseren Oktoberuntersuchungen von den Jahren 1937 und 1938. Nachfolgend die Gegenüberstellung:

Tiefe m	1927 (Bachmann) mg	1937 mg	1938 mg
0	9,4	10,2	10,3
5	9,0	10,0	10,4
7,5	—	10,0	*1,8*
10	8,1	*1,6*	0,6
20	*1,2*	4,2	1,0
30 (32)	1,5	3,6	0,8
40	—	1,7	—

Im Oktober 1937 fanden wir bis auf 7,5 m noch 10 mg, bei 10 m nur noch 1,6 mg. Im Oktober 1938 betrug der Gehalt schon in 7,5 m nur noch 1,7 mg. In beiden Fällen zeigt sich zwischen 20 und 30 m wieder ein gewisser Anstieg, der aber für ein dauerndes Fischleben doch nicht in Betracht fällt.

Im ganzen genommen, sehen wir, daß die *Sauerstoffverhältnisse 1927 den heutigen sehr ähnlich waren.* Genau betrachtet, hätten sie sich sogar, wie die kursiv gedruckten Werte dartun, in den letzten 10 Jahren noch etwas verschlimmert, weil die Sauerstoffzone, d. h. die Region mit für Fische genügendem Sauerstoff, sich mit jeder Untersuchung etwas verkleinert hat. (Die Proben sind fast auf den Tag zur gleichen Jahreszeit gefaßt.) *Sicher waren schon 1927 die Lebensbedingungen für Fische bereits in relativ geringer Tiefe unhaltbar.*

4. Oxydierbarkeit und Mineralstickstoff

Damit kommen wir zu den eigentlichen Verschmutzungsquellen oder, um ein weniger tendenziöses Wort zu gebrauchen, zu den Eutrophierungsursachen, d. h. zu den primären Ursachen des Sauerstoffverbrauches. Die Oxydierbarkeit gibt an, wieviel Milligramm (mg) Kaliumpermanganat zur Verbrennung der organischen Stoffe in einem Liter Wasser notwendig sind. Weil durch diese Methode die organischen Stoffe nicht genau erfaßt werden, der Permanganatverbrauch sich vielmehr auch nach der Form richtet, in welcher die organische Substanz vorhanden ist, kann dieser Zahl nicht absolute Bedeutung zukommen. Sie ist mehr generell zu verwerten und gibt bei einer großen Zahl von Bestimmungen ein brauchbares Mittel zum Vergleich verschiedener Seen hinsichtlich ihres Eutrophierungsgrades, d. h. ihres Nährstoffreichtums. Beim Vorhandensein von Schwefelwasserstoff steigt der Wert für die Oxydierbarkeit stark an, wie wir das früher beim Rotsee nachgewiesen haben. Der Baldeggersee zeigte aber während des Untersuchungsjahres nur ganz vereinzelt in 60 m Tiefe Schwefelwasserstoff, weshalb die Zahlen für die Oxydierbarkeit in der Regel von oben nach unten nicht stark auseinandergehen; geringfügigen Schwankungen in vertikaler Richtung vermögen wir

keine größere Bedeutung beizumessen. Interessant ist ihr Anwachsen in ihrer Gesamtheit vom März bis Mai und ihre Abnahme vom September bis zum Ende der Untersuchung. Die Schwankungen liegen zwischen 8,1 mg und 10,9 mg/l, reichen also noch lange nicht an den Rotsee heran, der 1936/37 solche von 9,4 bis 18,3 mg/l aufwies und der übrigens auch schon in geringer Tiefe größere Mengen von Schwefelwasserstoff enthielt. Hingegen liegen die Werte wesentlich über denjenigen des Sempachersees und andern Reinwasserseen, weist doch ersterer im August, wo der Wert für die Oxydierbarkeit an sich hoch liegt, eine durchschnittliche Oxydierbarkeit von bloß 6,8 mg, der Vierwaldstättersee bei Messungen zur gleichen Jahreszeit nur 3,8 mg/l auf.

Ein besonders wichtiger Indikator für den Stoffhaushalt bildet der *Stickstoff,* der als ständiger Begleiter aller eiweißartigen Körper überall dort angereichert ist, wo sich Abfallstoffe des menschlichen und tierischen Stoffwechsels vorfinden. Das Endprodukt der Zersetzung dieser Abfallprodukte sind salpetersaure Salze (Nitrate) und Ammoniak. Selbstverständlich brauchen diese Salze nicht unbedingt aus einer Abwasserleitung oder einer Jauchegrube zu stammen, sie können auch auf dem Wege durch den Boden aus der Uferregion oder gar mittelst eines Grundwasseraufstoßes in den See gelangt sein. Sie entstehen auch alljährlich in der Uferregion des Sees, wenn im Herbst die üppigen Pflanzenbestände zum Absterben kommen, sie entstehen beim Absterben des Planktons und bei der Zersetzung desselben, ferner bei der Zersetzung von Laub und Holz, das durch Wind oder Zuflüsse in beträchtlicher Menge dem See zugeführt wird, wie bei Untersuchung des Seebodens nachgewiesen werden konnte. Auf jeden Fall bewirken diese Düngsalze eine eigentliche Düngung des Sees, und wie diese Salze das Wachstum der Landpflanzen fördern, so wirken sie auch fördernd auf das Wachstum der Wasserflora (Uferpflanzen, Algen, Bakterien). Die Vermehrung der Wasserflora ruft aber auch wieder einer Vermehrung der Wassertierwelt (Mikrofauna), die Algen und Bakterien als Futter ausnützen. Da sich die Weidegründe der Mikrofauna, d. h. die Planktonalgen, zumeist in den oberen Wasserschichten, soweit das Licht ein Pflanzenwachstum noch gestattet, entwickeln, so ist auch die Produktion der Mikrofauna an diese Zone gebunden. Diese Zone heißt da-

her die planktonbildende oder trophogene (nahrungserzeugende) Schicht. Die durch eine ungeheure Fruchtbarkeit sich rasch vermehrenden Planktonorganismen sind äußerst kurzlebig. Je rascher in der trophogenen Schicht die Produktion vor sich geht, um so mehr setzt etwas später das Sterben der Planktonorganismen ein, die nun als totes Material langsam (einem Regen gleich) in die Tiefe rieseln, während welchem Vorgang sie bereits von den Bakterien abgebaut und eben in einfache Stoffwechselprodukte, wie Ammoniak, salpetersaure Salze als endgültige Abbauprodukte des Stickstoffes, dann in schwefelsauren Kalk, phosphorsaure Salze, Kohlensäure und Wasser zerlegt werden. Dieser Abbauprozeß geht, da die beteiligten Abbauorganismen in der Regel Sauerstoffatmer sind, unter Sauerstoffverbrauch vor sich, während die trophogene Schicht Sauerstoff produziert infolge der Assimilation der Pflanzen. Wir haben somit *unterhalb der trophogenen* oder produzierenden Schicht eine konsumierende oder *tropholytische Schicht,* in welcher sich unter Sauerstoffverbrauch die oben abgestorbene mikroskopische Kleinlebewelt bis auf Kiesel-, Kalk- und Keratinfragmente auflöst.

Es ist nun einleuchtend, daß der nahrungsarme oder oligotrophe See, wie z. B. der Vierwaldstättersee, beide eben genannten Schichten in sehr wenig deutlicher Form zum Ausdruck bringt. Je mehr aber ein See abbaufähige, fäulnisfähige Substanzen und Düngsalze aufnimmt, umso mehr wuchert in der trophogenen Schicht das Planktonwachstum, während in der dunklen Tiefe vermehrte Verwesung der Planktonleichen auftritt. Es reichert sich somit in den obern Schichten durch die produzierende Wirkung der Assimilation der Sauerstoff an, und in der Tiefe nimmt er rasch ab. Umgekehrt reichert sich in der Tiefe der mineralische Stickstoff in Form des Ammoniaks und der Nitrate an, während sich an den oberflächlichen Schichten bei diesem Seetypus der mineralische Stickstoff offensichtlich vermindert, weil trotz der Zufuhr von außen der Verbrauch zu bestimmten Vegetationszeiten nicht ersetzt zu werden vermag.

Diese theoretisch für einen „nahrungsreichen" See abgeleiteten Verhältnisse bestehen für den Baldeggersee in ausgesprochenem Maße. Die Kurven in Fig. VII zeigen, daß vom Mai bis September, also in der Zeit der intensiven Vegetation, der Stickstoffgehalt in

den obersten 10 m auf fast 0 herabsinkt, so daß anzunehmen ist, daß das Fehlen des Stickstoffes schließlich die Weiterentwicklung der Algen hemmen und sogar begrenzen dürfte (Minimumsfaktor). Parallel erkennen wir in 0 und 5 m dauernd einen hohen Sauerstoffgehalt. Bereits in 20 m sehen wir eine ausgesprochene Anreicherung des Stickstoffes, gepaart mit einer Abnahme des Sauerstoffs. Im August 1938 wurde zum Vergleich der Sauerstoff- und der Stickstoffgehalt auch im Sempachersee bestimmt. Die Werte sind in der Tabelle Seite 96 angegeben. Es ist dabei ersichtlich, daß sich der Sauerstoffwert des Sempachersees in allen Punkten nach der Tiefe zu auf fast gleicher Höhe hält, während der Wert für den Mineralstickstoff in den obersten 10 m fast (Folgeerscheinung des starken Verbrauches) auf 0 sinkt. Doch vermag er sich trotz des Absinkens der Planktonleichen (wir haben daselbst auch nicht eine solche Massenvegetation wie im Baldeggersee) in der Tiefe nicht wesentlich anzureichern und bleibt stets bedeutend unter dem des Baldeggersees. Es läßt sich also auch von dieser Seite her die *bedeutend geringere Belastung des Sempachersees gegenüber dem Baldeggersee nachweisen.*

Betrachten wir zum Vergleich noch den als typischen Reinwassersee bekannten Vierwaldstättersee, so erkennen wir folgendes: Im Monat August schwankt im Baldeggersee der Mineralstickstoffgehalt zwischen 0 und 0,6 mg/l, im Sempachersee zur gleichen Zeit zwischen 0 und 0,3 mg/l, im Vierwaldstättersee zwischen 0,2 und 0,3, also nur um 0,1 mg/l. Es läßt sich in beiden letzteren Seen in bezug auf den Stickstoffgehalt eine Differenzierung in trophogene und tropholytische Schicht kaum noch erkennen. Im Rotsee betrug die Schwankung im Spätsommer 1936 7,6 mg/l. Wir stellen der Anschaulichkeit halber die Schwankungen im Stickstoffgehalt zwischen Oberfläche und Tiefe der verschiedenen Seen einander nochmals gegenüber:

Vierwaldstättersee	Schwankung	0,1 mg/l
Sempachersee	Schwankung	0,2 mg/l
Baldeggersee	Schwankung	0,6 mg/l
Rotsee	Schwankung	7,6 mg/l

Diese Zahlenwerte ergeben einen brauchbaren Maßstab für den Trophierungsgrad, d. h. für den „Verschmutzungsgrad". Sie geben

ein vorzügliches Mittel, diese Seen hinsichtlich ihrer Wasserqualität miteinander zu vergleichen, wobei aber natürlich über die Herkunft der Düngstoffe noch nichts gesagt ist, und auch noch nicht bewiesen ist, daß der reinste dieser Seen das beste Fischgewässer ist.

Die *Stickstoffbilanz* bestätigt ferner den im Kapitel über Thermik gezogenen Schluß, daß der See im Herbst 1938 nur bis in ca. 30 m Tiefe umgewälzt wurde. Denn in den Tiefen von 30 m an ist dieser Mineralstickstoff (abgesehen von geringeren Schwankungen) sehr hoch geblieben, während eine richtige Umwälzung einen Ausgleich in allen Schichten hätte herbeiführen müssen.

5. Die Alkalität

Die Alkalität gibt den Gehalt des Wassers an doppelkohlensaurem Kalk (Calciumbicarbonat) an. Der Kalk ist in seiner Kohlensäureverbindung (um diese handelt es sich zumeist in der freien Natur) nur als doppelkohlensaurer Kalk im Wasser merklich *löslich,* während der einfachkohlensaure Kalk praktisch unlöslich ist. Es ist verständlich, daß der doppelkohlensaure Kalk nur bei Gegenwart eines gewissen Kohlensäureüberschusses im Wasser zu finden ist. Wird von dieser „Ueberschußkohlensäure" ein Teil entfernt, so muß der entstehende, einfachkohlensaure Kalk, weil im Wasser unlöslich, ausscheiden und dank seiner Schwere zu Boden sinken. Bekanntlich verbrauchen in der trophogenen Schicht die Algen (am Ufer auch die Makrophyten) Kohlensäure. Ist keine CO_2 mehr vorhanden, so entziehen sie solche dem doppelkohlensauren Kalk. In den stark gedüngten, algenreichen Seen kommt es daher vor, daß der Kalk in den belichteten Oberflächenschichten ganz oder fast verschwindet, weil der entsäuerte, d. h. der einfachkohlensaure Kalk als feine Ausscheidung in die Tiefe sinkt. Da nun aber in den tieferen Schichten „Ueberschußkohlensäure" vorhanden ist, so kann sich dort der absinkende Kalk wieder ganz oder doch teilweise lösen. *Es findet also eine Verfrachtung des Kalkes in die Tiefe statt, die Alkalität steigt somit von oben nach unten.*

Beim Baldeggersee ist die Erscheinung deutlich in der Unter-

suchungsperiode aufgetreten. Wir konstatieren auf den Oberflächenschichten im Herbst eine Abnahme, in den Tiefenschichten eine leichte, vorübergehende Zunahme des Kalkes, bzw. der Alkalität. Im übrigen besitzen wir in der Größe der Alkalität einen Maßstab über die Stoffwechselvorgänge in einem See.

Es ist hier gleich der Ort, um auf eine verbreitete Anschauung vieler Biologen einzutreten (es wird auch von *Findenegg* diese Ansicht vertreten), der Mangel an Durchmischung des Seewassers rühre unter anderem auch von der Anreicherung an Salzen in der Seetiefe her. Das Tiefenwasser erhalte durch seinen Salzgehalt ein erhöhtes spezifisches Gewicht, so daß zur Zeit der Frühjahrs- oder Herbstzirkulation trotz der annähernden Temperaturgleichheit die Windeinwirkung nicht ausreiche, um die eben spezifisch schwereren Tiefenschichten nach oben zu bringen. Die Richtigkeit dieser Anschauung vorausgesetzt, würde nun eine einmal eingetretene Verschmutzung eine Verminderung der Durchlüftung und damit der Selbstreinigungskraft nach sich ziehen.

Wir haben die erwähnte Behauptung daher nachgeprüft, indem wir die Erhöhung des spezifischen Gewichtes von reinem Wasser durch Zusatz von 1 gr Salz feststellten und mit der Aenderung des spezifischen Wassergewichtes durch die Temperatur verglichen. Während ein Grad (1 Grad C) Temperaturschwankung eine Aenderung des spezifischen Gewichtes um 0,0002 bis 0,0003 bewirkt, erhielten wir für das Salzwasser genau dasselbe spezifische Gewicht wie für das zugehörige reine Wasser, nämlich 0,9983 bei 21,8 Grad C. Nicht einmal der Gehalt von 1 gr Salz vermag das spezifische Gewicht überhaupt nachweisbar zu verändern, geschweige denn die ums vielfache geringeren Schwankungen im Salzgehalt des Seewassers. Es ist leicht nachzuweisen, daß der Wind Schichten mit 1 Grad C Temperaturunterschied noch zu vermischen vermag. Viel eher vermag der Wind aber noch Wasserschichten mit den Differenzen im Salzgehalt, wie sie in unseren Seen gebräuchlich sind, zu durchmischen.

6. Die Biologie des Baldeggersees

Aus den Sauerstoffgehalten, den Werten über Oxydierbarkeit, dem Stickstoffhaushalt, wie auch der Thermik im Jahresverlauf können wichtige Schlüsse über einen See als Lebensraum gezogen werden, während umgekehrt die Resultate der biologischen Untersuchung es uns auch ermöglichen, ein Bild über den chemisch-physikalischen Zustand zu machen. Die Verbindung der beiden Untersuchungsarten, der biologischen und der chemisch-physikalischen, gibt uns ein zuverlässiges Mittel in die Hand, in die mannigfachen Geschehnisse eines Sees einzudringen, so daß wir mit doppelter Sicherheit unser Urteil bilden können.

Die vorliegende biologische Untersuchung insbesondere soll uns Aufschluß geben über Art und Zahl der vorhandenen Organismen, über ihre Verteilung im See und über ihr jahreszeitliches Auftreten. Selbstverständlich wurden die Probleme nur soweit behandelt, als sie für die Charakterisierung des Seezustandes von Belang erschienen und soweit Fischnährtiere oder Verschmutzungsindikatoren in Betracht fallen. Aus den Existenzmöglichkeiten der niedern tierischen oder pflanzlichen Organismen muß auch auf die Existenzmöglichkeiten für Fische geschlossen werden. Eine eventuelle Schädigung des Lebensraumes für die Fische mußte vom biologischen Zustand des Lebensraumes der niedern Organismen beurteilt werden. Es konnte nicht auf die Fischfänge selber abgestellt werden, denn erstens fehlt vom Baldeggersee eine amtliche Fangstatistik und zweitens können Mindererträge einzelner Jahre auch von Zufälligkeiten und insbesondere auch von Bewirtschaftungsmethoden abhängig sein.

A. Die Organismen der freien Wasserflut

Wenn *Bachmann* („Das Phytoplankton der Schweizerseen") in seiner Eröffnungsrede als Jahrespräsident in der Versammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 1924 in Luzern vom Baldeggersee den Satz aufstellte: „Seit mehr wie 40 Jahren ist in stets gleicher Ueppigkeit *Oscillatoria rubescens* der Hauptbestandteil des Planktonbildes", so hat dieser Satz auch heute noch seine volle Bedeutung, nur müßte der Referent heute sagen

seit 55 Jahren, statt seit 40 Jahren. In allen unsern Untersuchungen trafen wir *Oscillatoria rubescens* an. (Oscillatoria rubescens = rötlich schimmernde Schwingalge, bei Massenentfaltung vom Volk als Burgunderblut bezeichnet, weil diese Alge auch im Murtnersee zu starker Entwicklung kommt.) Mit Ausnahme vom August und September (vergleiche hierzu die protokollarischen Zusammenstellungen der Untersuchungsresultate im Anhang!) stieg die Burgunderblutalge bis an die Oberfläche empor, dort wiederholt den See rot verfärbend. In den Tiefenregionen fand sie mit dem Vordringen des Sauerstoffes — wir möchten aber nicht etwa einen kausalen Zusammenhang damit behaupten — ihre Begrenzung. Ihre Tiefenkurve würde annähernd mit der des Sauerstoffs verlaufen. Ihr ganzes oder fast ganzes Fehlen im August und September an der Oberfläche führen wir auf das Fehlen des Stickstoffes in dieser Zone zurück; der Wert für denselben ist dort auf Null gesunken.

Wiederholt, zumeist aber im Winter und im Frühling, hat sich Oscillatoria an der Oberfläche aufgerahmt, z. B. auch zur Zeit des Hechtlaiches im Jahre 1938. Damals wurde sie vom Wind an die Ufer getrieben und vom Wellenschlag teilweise ans Land gespült. Solche Aufrahmungen verleihen jeweils dem See ein so auffallendes Gepräge, daß alle Seeanwohner darauf aufmerksam werden.

Ueber die Häufigkeit der Burgunderblutalge zu solchen Zeiten kann man sich auf Grund unserer Zählungen ein Bild machen. Im August fanden wir in einem cm^3 Wasser aus 10 m Tiefe 976 und aus 7,5 m Tiefe im September über 2000 Fäden. Auf die Bedeutung von Oscillatoria werden wir am Schlusse dieses Kapitels im Zusammenhang mit andern Organismen nochmals zurückkommen. Zu recht ansehnlicher Entwicklung, ebenfalls die Wasserfarbe beeinflussend (braunfärbend), gelangte im März 1939 auch *Asterionella*. Ferner stellten wir u. a. fest: *Peridinium cinctum, Ceratium hirundinella, Tabellaria fenestrata*. Auch *Fragilaria crotonensis* und *Synedra delicatissima,* die *Bachmann* nebst *Asterionella* als Illustratoren eines Reinwassersees angesehen hat. (Vergl. pg. 5 des ob. cit. Vortrages!)

Lebendes Krebsplankton, das als Fischfutter, vor allem als Futter für die Felchen, in Frage kommt, war in folgenden Tiefenregionen entwickelt:

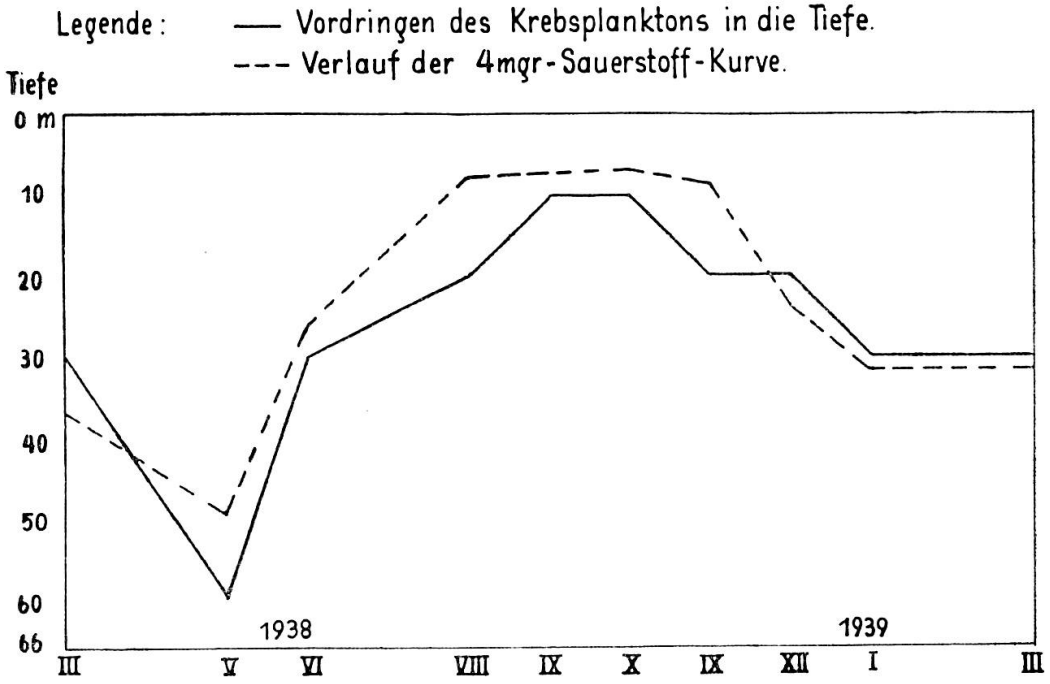

Fig. VIII

Am 25. März 1938 in der Seemitte von 0 bis 30 m
„ 27. Mai 1938 „ „ „ „ 0 „ 60 „
„ 17. Juni 1938 „ „ „ „ 0 „ 30 „
„ 16. Aug. 1938 „ „ „ „ 0 „ 20 „
(unterhalb ohne Bedeutung)
Am 20. Sept. 1938 in der Seemitte von 0 bis 10 m
„ 20. Okt. 1938 „ „ „ „ 0 „ 10 „
„ 16. Nov. 1938 „ „ „ „ 5 „ 20 „
„ 27. Jan. 1939 „ „ „ „ 0 „ 30 „
(unterhalb ohne Bedeutung)
Am 9. März 1939 in der Seemitte von 0 bis 30 m

Folgende Arten waren die wesentlichen Bestandteile des Krebsplanktons und konnten das ganze Jahr, wenn auch nicht in gleichbleibender Individuenzahl, beobachtet werden: *Daphnia hyalina, Bosmina longirostris* und *Bos. Coregoni, Diaptomus* und *Cyclops,* ausgewachsen und im Naupliusstadium. Bemerkenswert ist das Fehlen von *Bytothrephes* und *Leptodora.* Von den Rädertieren erwähnen wir als am häufigsten vorkommend: *Anuraea aculeata, An. cochlearis, Polyarthra platyptera, Triarthra longi-*

seta, Notholca longispina, von den Protozoen: *Coleps hirtus,* oft massenhaft, auch noch in sauerstoffarmen Schichten auftretend, *Vorticella spec., Difflugia spec., Amoeba spec.* Es erübrigt sich, hier über die Häufigkeit viele Worte zu verlieren. *Festzuhalten ist, daß, soweit die herrschenden Sauerstoffverhältnisse tierisches Leben gestatteten, die plankterischen Krebse stets in größerer Anzahl und in mehreren Arten aufgetreten sind.* Allerdings wurde ihre vertikale Verbreitung durch Mangel an Sauerstoff in den untern Regionen begrenzt. Nur im Mai 1938, wie aus vorstehender Zusammenstellung hervorgeht, nach der Frühjahrszirkulation, wo der Sauerstoff bis in die Tiefe vorgedrungen war, trafen wir sie bis in 60 m in nennenswerter Anzahl; im März, Juni und Januar lag ihre untere Grenze bei 30 m, im August, November und Dezember bei 20 m und im September und Oktober, am Schlusse der Sommerstagnation, sogar schon in 10 m Tiefe.

Bei Beginn unserer Untersuchungen haben wir ein spezielles Augenmerk auch auf Unterschiede in horizontaler Richtung gelegt, indem eventuell am obern See-Ende weniger Planktonorganismen vorhanden wären als in der Seemitte oder am untern See-Ende in der entsprechenden Tiefe. Es konnten keine Anhaltspunkte für eine solche gesetzmäßige Differenzierung gefunden werden.

Die tabellarischen Zusammenstellungen im Anhang der Sestonmengen (lebendes und totes Material in der freien Wasserflut) stimmen annähernd überein mit den Werten über Oxydierbarkeit, d. h. ihre Kurven würden annähernd paralell verlaufen, und wie die Resultate der Oxydierbarkeit von hohen Mengen organischer Substanz zeugen, tun das auch die Werte der Sestonmengen. Da diese letzteren durch Zentrifugieren des Filtrates in Sedimentiergläsern erhalten wurden und sich Oscillatoria nur mangelhaft absetzt, würden sich zur Zeit der Dominanz dieser Alge die Werte in Wirklichkeit noch stark erhöhen, ja verdoppeln. Wir erkennen in den Werten für das Seston, das bis zu 50 cm^3/m^3 Wasser betragen hat, ein weiteres Merkmal für die fortgeschrittene Eutrophierung des Baldeggersees.

Wie lagen die Verhältnisse in biologischer Hinsicht in früheren Zeiten? Gerade in bezug auf die Planktonorganismen finden wir im Schrifttum wiederholt einzelne Daten für den Baldeggersee

verzeichnet. *Bachmann* (Biologisches Zentralblatt, Bd. XX, Nr. 11) fand in Proben aus dem Baldeggersee, die am 31. August 1899 gefaßt worden waren, jene Planktonalgen, die wir auch im Untersuchungsjahr wieder angetroffen haben. Vergleiche tabellarischen Anhang! Er schreibt darüber: „Im Plankton des Baldeggersees herrscht *Oscillatoria rubescens* vor." Und ferner: „Während das Oberflächenwasser keinen einzigen Faden von Oscillatoria aufwies, war das Filtrat aus den gepumpten 10 l aus einer Tiefe von 13 m wie roter Weinmost anzusehen. Nach den Pumpresultaten mußte in 13 m Tiefe diese Alge eine eigentliche schwebende Algenwiese bilden." In der Botanischen Zeitung, 62. Jahrgang, Nr. 6/7, vom 24. März 1904, äußert sich *Bachmann* wie folgt: „Im Baldeggersee tritt sie (Oscillatoria) so zahlreich auf, daß der See wie bepudert erscheint und am Ufer ganze Fladen von fleischroter Farbe an den Schilfstengeln hin und her flottieren." Einleitend im Kapitel über die Organismenwelt der freien Wasserflut zitierten wir ebenfalls *Bachmann,* wie er an der Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 1924 in Luzern ausführte, daß seit 1884 Oscillatoria in stets gleicher Ueppigkeit den Hauptbestandteil des Planktonbildes ausmache. In den Wintermonaten sei sie stets gleichmäßig in der Wassersäule verteilt, ziehe sich aber in den Sommermonaten in die tiefern Wasserschichten zurück. Er machte also die gleiche Beobachtung wie wir, für die wir im Stickstoffmangel in der Oberflächenschicht in der sommerlichen Stagnation auch die Erklärung gaben. Trotz der Massenentwicklung (führt er weiter aus) von Oscillatoria, seien Ceratium hirundinella und Peridinium cinctum noch in hervorragender Menge entwickelt. Tabellaria fenestrata liefere die schöne Varietät asterionelloides. Die Bacillariaceen Asterionella, Fragilaria und Synedra delicattissima, sowie Cyclotella socialis und die kleineren Cyclotellaformen illustrieren immer noch den Reinwassersee, dessen Stadium wahrscheinlich für den Baldeggersee nächstens abgeschlossen sein werde. Denn durch die fortwährenden Mengen von Oscillatoria und die zugeführten Mengen organischen Verunreinigungen könne der Baldeggersee dem Stadium des Rotsees zugeführt werden." Die angeführten Bacillariaceen können auch heute noch im Baldeggersee nachgewiesen werden. Asterionella hat sich im März 1939 sogar zur

Wasserblüte entwickelt. In bezug auf die Algenentwicklung, wie solche durch obige Zitate von Prof. *Bachmann* charakterisiert wird, scheint zwischen früher und heute kein Unterschied im Baldeggersee zu bestehen. Die Wasserblüte, verursacht durch die Burgunderblutalge, schildert er schon um die Jahrhundertwende so, wie sie auch heute jedem sorgfältigen Beobachter des Sees entgegentritt.

Die Beobachtungsreihe von *Bachmann* wird ergänzt durch Aeußerungen über den Baldeggersee, die er auf Grund einer Untersuchung vom 27. Oktober 1927 in seinem Gutachten an das Departement der Staatswirtschaft des Kantons Luzern machte. Der Gehalt an Ammoniak und an organischer Substanz sei sehr groß, der Sauerstoff werde völlig aufgezehrt. Ein Fischleben sei unter den Bedingungen, die am 27. Oktober 1927 im Baldeggersee herrschten, unterhalb von 20 m Tiefe nicht denkbar. Ferner schreibt er wörtlich: „Welchen Anteil nun die Abwasser von Hochdorf an den Verschlechterungen der Lebensbedingungen des Baldeggersees haben, ist nicht ohne weiteres anzugeben. *Aber das ist sicher, daß die Menge an organischer Substanz und an Sauerstoffmangel der Ron einen wichtigen Anteil hat an der Beschaffenheit des Tiefenwassers des Baldeggersees.*"

Einzelne illustrative Notizen über den Zustand des Baldeggersees finden wir in „Beiträge zur Planktonkunde des Sempacher- und Baldeggersees" in Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, Heft VII, 1917, von *Theiler,* von Untersuchungen, die in den Jahren 1910 und 1911 ausgeführt worden waren. *Theiler* führt darin aus, daß der Planktongehalt des Baldeggersees reicher sei als der des größeren Sempachersees. Fast jedes Jahr trete im Baldeggersee als Wasserblüte Oscillatoria rubescens auf, die durch ihr massenhaftes Vorkommen nicht nur die Durchsichtigkeit wesentlich beeinflusse, sondern auch die Farbe des Sees stark verändere. Nicht nur für die feinen Planktonnetze, sondern auch für die gröberen Fischernetze mache sich dieses sogenannte Burgunderblut höchst unangenehm bemerkbar.

Wegen den Wesensverwandtschaften vom Hallwilersee und dem Baldeggersee ziehen wir aus der Arbeit von *Brutschy* und *Güntert,* „Gutachten über den Rückgang des Fischbestandes im Hallwilersee", Archiv für Hydrobiologie, Bd. XIV, 1923, einige

Parallelen. Ueber die Planktongehalte verschiedener Seen machen sie folgende Angaben:

Hallwilersee	24— 86	cm^3 unter 1 m^2 Seefläche
Baldeggersee	64— 124	cm^3 unter 1 m^2 Seefläche
Zürichsee	260—1006	cm^3 unter 1 m^2 Seefläche
Zugersee	2— 14	cm^3 unter 1 m^2 Seefläche

Der an organischer Substanz reichere Baldeggersee enthalte also wesentlich mehr Plankton als der Hallwilersee, werde aber vom Zürichsee, dessen reiche Zuführung von organischer Substanz und gleichzeitig von Sauerstoff die Entwicklung eines reichen Planktons offenbar begünstige, übertroffen. Hören wir, was sie über Oscillatoria schreiben:

„Auch der Baldeggersee ist stark mit der Burgunderblutalge durchsetzt, und Planktonfänge aus der Tiefe fördern stets eine dunkelrote Brühe zu Tage.

Im Hallwilersee zeigt sie eine etwas schwächere Entwicklung. Doch berichten die Fischer, daß sie an windstillen Wintertagen gelegentlich Wasserblüten beobachtet hätten. — Vor dem Jahre 1897 wußte man im Hallwilersee noch nichts von ihr. — Im Jahre 1898 trat sie mit einem Schlage massenhaft auf und auf jenen Zeitpunkt *datieren auch die Fischer den Beginn des raschen Rückganges der Coregonen. Auch im Baldeggersee* (die Veröffentlichung stammt aus dem Jahre 1923) *ist ihre Zahl auf ein Minimum gesunken. Wie uns Herr Fischerei-Inspektor Dr. Surbeck mitteilt, ist das Verschwinden der Coregonen auch im Murtensee mit aller Wahrscheinlichkeit der Oscillatoria rubescens zuzuschreiben.*“

Resümierend über vorstehendes Kapitel, „Die Organismen der freien Wasserflut“, halten wir folgende Punkte fest:

a) Von den Algen ist im Untersuchungsjahr *Oscillatoria rubescens* stets in dominierender Menge vorhanden gewesen.
b) Lebendes Krebsplankton, als wichtigster Nahrungsbestandteil vieler Fische, vor allem der Felchen, haben wir in den sauerstoffreichen Schichten und nur dort in genügender Quantität gefunden; in den sauerstoffarmen und sauerstoffleeren Tiefenschichten fehlte es.
c) In bezug auf die vorkommenden Planktonarten von früher und von heute stellen wir keine Unterschiede fest.

d) Bezüglich der Burgunderblutalge wurde im einschlägigen Schrifttum festgestellt, daß sie seit dem Jahre 1884 den Hauptbestandteil des Planktons ausmacht, daß sie seit diesem Zeitpunkt nie mehr aus dem See verschwunden ist, sondern dort stets in gleicher Ueppigkeit vertreten war. (Vergl. *Bachmann,* 1899, 1904, 1924 und 1927, ferner *Theiler,* 1910/11 und *Brutschy* 1923!)

e) Es ist nach dem Gesagten nicht möglich, eine Veränderung der *biologischen* Verhältnisse in der freien Wasserflut des Baldeggersees in den letzten fünf Jahrzehnten zu konstatieren, in dem Sinne, daß der See heute wesentlich schlechter wäre als vor 10, 20, 30, 40 oder 50 Jahren. Wenn wir gezwungen sind, dieses Urteil bezüglich der Organismen auszusprechen, so wollen wir nicht gesagt haben, daß es auch in bezug auf den Sauerstoff immer so gewesen ist.

B. Die Ufer- und Tiefenregion des Baldeggersees

Wie schon im Kapitel über die allgemeine Gestalt und Form des Sees angedeutet wurde, fallen die Ufer im Baldeggersee ziemlich rasch ab, zumal an den Längsufern. Der Böschungswinkel beträgt hier 6 Grad, während er bei den Längsufern des Sempachersees nur 4 Grad beträgt. Langsamer sinken die Ufer bei den Schmalseiten ab und messen bei beiden Seen ca. 2 Grad. Der Baldeggersee ist auch gegenüber dem Hallwilersee steilufriger. Rechnen wir die Uferzonen bis in eine Tiefe von 20 m gehend, so betragen sie im Verhältnis zum Gesamtvolumen der Wassermasse beim Baldeggersee 9,8 %, beim Hallwilersee aber 11,4 %. (Vergl. Brutschy, 1923, pg. 552.) Automatisch muß also der Pflanzengürtel gegen die Tiefe hin beim Baldeggersee gegenüber vom Sempacher- oder Hallwilersee eine Einengung erfahren.

Ueber die Uferflora hat Prof. Dr. *Gamma* im Herbst 1938 am Baldeggersee Untersuchungen angestellt, dem wir nachfolgende Angaben verdanken: „Das Ufer des Baldeggersees ist von einem zusammenhängenden, teilweise sehr dichten Rohrwald umgeben, bestehend aus Schilf (Phragmitees communis) und Seebinse *(Schoenoplectus lacustris).* Das Röhricht ist, soweit es im Wasser

steht, sehr stark veralgt. An diese erste Zone reihen sich die Wasserpflanzen mit Schwimmblättern und auftauchenden Blüten. Die gelbe Seerose findet man häufig in stillen Buchten, besonders auf der West- und Ostseite. Die weiße Seerose *(Nymphaea alba)* beschränkt sich aber hauptsächlich auf das untere und obere Ende des Sees und auf die Westseite, wo sie aber überall spärlicher und im Schutze der gelben Seerose *(Nymphozanthus luteus)* wächst. Nach Aussagen von seeanwohnenden Leuten sind die Seerosen im letzten Jahrzehnt stark zurückgegangen. Eigentümlich ist, daß die gelbe Seerose auf weite Strecken hin nur noch untergetauchte Blätter ausbildet, also nicht mehr zur Schwimmblattbildung und Blütenentwicklung gelangt. Das an der Oberfläche ölige und stark verunreinigte Wasser behagt ihr nicht mehr. Besonders in stillen Buchten bilden sich Kahmhäute von Bakterien und Algen, was das Faulen der Schwimmblätter zur Folge hat.

Die Laichkrautarten sind im ganzen See spärlich vertreten. Das durchwachsene Laichkraut *(Potamogeton perfoliatus)* kommt überall dort vor, wo sich die menschliche Kultur am See bemerkbar macht, bei Bootshütten von Herrn Stirnimann, Badanstalt Baldegg und bei allen Abwasserkanälen. Das krause und das kleine Laichkraut *(Pot. crispus und Pot. pusillus)* sind selten anzutreffen. Hingegen ist das ährenblütige Tausenblatt *(Myriophyllum spicatum)* ein steter und treuer Begleiter des Schilfes, aber geht doch nicht in jene Wassertiefen wie z. B. etwa im Vierwaldstättersee.

Von den Hahnenfußarten sind nur noch der kreisrunde und schlaffblättrige Hahnenfuß *(Ranunculus circinatus* und *flaccidus)* als spärliche Ueberreste einer früher wohl üppigen Flora vorhanden. Auch diese Pflanzen gehören in größere Tiefen, wo sie heute nicht mehr gedeihen können. Am obern Ende flottiert in einer Bucht eine schöne Kolonie von Wasserknöterich *(Polygonum amphibium)*.

Von allen im Herbst 1938 untersuchten Luzernerseen ist der Baldeggersee am stärksten verunreinigt, zeigt die geringste Sichttiefe, eine stark veralgte Wasservegetation, eine sehr geringe Bodenflora von 2 m Tiefe an, die wohl kaum 4 bis 5 m übersteigen dürfte. Zu den völlig untergetauchten Wasserpflanzen gehört das Nixenkraut *(Najas marina)*. Im Sempachersee bildet es weit ausgedehnte unterseeische Wiesen in einer Tiefe von 2 bis 5 m. Im

Baldeggersee ist Najas nur an wenigen Stellen in kleiner Ausdehnung anzutreffen." So weit Dr. *Gamma,* was die makrophytischen Uferpflanzen anbetrifft. Es geht daraus hervor, daß das ganze Seeufer mit Wasserpflanzen bewachsen ist, daß aber der Pflanzengürtel keine große Breite erreicht und in eine maximale Tiefe von nur etwa 5 m eindringt. Aufgefallen ist Dr. *Gamma* auch eine starke Veralgung des Schilfes und der Binsen, die Aufrahmung von Algen auf der Wasseroberfläche, die zusammen mit Bakterien eine Kahmhaut bilden.

Unsere eigenen Untersuchungen erstreckten sich auf die makroskopische Ufer- und Tiefenfauna, die als Fischfutter in Betracht fällt. Infolge des nährstoffreichen Wassers und des idealen, zahlreiche Schlupfwinkel und Befestigungsstellen bietenden Pflanzengürtels am *äußersten Ufersaum* ist daselbst die Lebewelt (Fischnährtiere) zahlreich vertreten. Wir fanden mehrere Arten von Strudelwürmern, Borstenwürmern, Egeln, Fadenwürmern, Schnecken, Muscheln, Ruderkrebschen, Muschelkrebschen, ferner von Insektenlarven, Chironomiden, Sialiden, Ephemeriden usw. Während die erwähnten Formen im Schilfbelag, an Steinen und an Holz oder auf dem Grund im Pflanzengürtel heimisch waren, stellten wir dann an den *Mündungsstellen der zahlreichen Bäche* auch Gammariden, Trichopteren und in vermehrtem Maße Strudelwürmer und Ephemeriden fest.

Zur Bestimmung der Fischnährtiere außerhalb der Pflanzenzone an der Halde und in der Tiefenregion bedienten wir uns des Bodengreifers, der ein quantitatives Arbeiten ermöglicht. Dieser gestattete uns eine Bodenfläche von 400 cm^2 in einer Dicke von ca. 5 cm heraufzuheben und zu sieben. Es wurde ein Drahtsieb mit 0,65 mm Maschenweite verwendet. Die makroskopischen Lebewesen wurden an Ort und Stelle gezählt oder geschätzt. Nebst Art und Zahl der gefundenen tierischen Organismen geben wir gleichzeitig auch eine kurze Charakteristik über die Beschaffenheit des Grundes in bezug auf Aussehen, Geruch und siebbare Bestandteile.

17. VI. 38:

1. 60 m tief, Seemitte: Farbe schwarz; Geruch leicht teerig; alles durchsiebbar.
   Organismen: keine.

2. 54 m tief, von der Seemitte aus Richtung Baldegg: Farbe grau-schwarz; Geruch leicht teerig; alles durchsiebbar.
   Organismen: keine.
3. 35 m tief, von der Seemitte aus Richtung Baldegg: Farbe grau-braun; Geruch leicht faulig (Mürele); fast ganz durchsiebbar.
   Organismen: Chironomiden 12
   Tubificiden 5
4. 25 m tief, außerhalb Badeanstalt bei Baldegg: Farbe grau-braun mit weißlichen Flecken, vermutlich von abgesetzten, verwesenen Oscillatorienfäden herrührend; Geruch deutlich faulig; Spur Laub.
   Organismen: Tubificiden 5
   Corethra 4
5. 17 m tief, außerhalb Badeanstalt: Farbe gelbbraun mit weißen Flecken; Geruch faulig; alles durchsiebbar.
   Organismen: Tubificiden 4
   Corethra 3
6. 11 m tief, vor Baldegg: Farbe grau-braun; Geruch faulig; in Sieb Spuren Laub und Pflanzenfasern zurückbleibend.
   Organismen: Tubificiden 3
   Corethra 4
7. 6 m tief, links der Ronmündung: Untergrund sandig, nächst dem Schilfgürtel; Farbe gelblich-grau; Geruch leicht faulig; im Sieb bleiben Pflanzenfasern und Laub zurück, nur wenig passiert das Sieb. Die Zahl der Organismen muß daher geschätzt werden:

Chironomiden	ns bis h
Tubificiden	ns bis h
Corethra	vereinzelt
Planorbis	vereinzelt

8. 5 m tief, Zulaufzone der Ron: Farbe grausandig; Geruch faulig; ca. 70 % lassen sich durchsieben, was zurückbleibt besteht aus Holz und Laub (massenhaft).
   Organismen: Schlammegel nicht selten
   Tubificiden nicht selten
   Schnecken und Muscheln selten

9. 4 m tief, Bucht rechts der Ron (Klosterloch): Farbe graubraun; sandig; Geruch schwach faulig; wenig durchsiebbar; Rückstand besteht aus Laub, Holz, Pflanzenresten.
   Organismen: Tubificiden nicht selten
   Schnecken und Muscheln vereinzelt

10. 8 m tief bei der Wag am untern See-Ende, Uferabstand etwa 20 m: Grund schlammig-sandig; Farbe hellgrau; Geruch frisch.
   Organismen: Tubificiden 3 Exemplare
   Molluskenschalen sehr zahlreich, meistens leer
   Corethra nicht selten

11. 4 m tief, ebenda: Sandig; Farbe hellgrau; Geruch frisch; wenig absiebbar; Rückstand besteht aus ungeheurer Menge leerer Molluskenschalen, worunter es aber auch vereinzelte lebende Exemplare hat.
   Organismen: Mollusken (lebend) v
   Chirnomiden ns
   Tubificiden v
   Corethra ns

12. 11 m tief, ca. 50 m Uferabstand, ebenda: Sandig; Farbe hellgrau; Geruch frisch; großer Siebrückstand.
   Organismen: Molluskenschalen sehr häufig, lebende Exemplare nicht selten
   Corethra nicht selten
   Tubificiden vereinzelt

13. 15 m tief, ebenda: Sandig; graugelb; Geruch leicht „müre-lig“:
   Organismen: Mollusken zahlreich
   Tubificiden vereinzelt
   Corethra vereinzelt

14. 2 m tief, östlich von Stäffligen: Farbe schwarz-braun; Geruch leicht teerig; alles durchsiebbar.
   Organismen: Tubificiden 5
   Corethra 3

15. 35 m tief, gegenüber Badanstalt Gelfingen: Farbe braunschwarz; Geruch teerig; alles durchsiebbar.
   Organismen: Corethra vereinzelt

16. 3 m tief, unmittelbar vor dem Schilfbestand bei Wolfetswil: Grund sandig, steinig; Geruch frisch; ca. 90 % im Sieb zurückbleibend (Pflanzenbestandteile).
Organismen: Teichmuscheln
Malermuscheln
Ephemeridenlarven

17. 10 m tief, 15 m Uferentfernung vor Wolfetswil: Grund sandig, steinig; Geruch leicht faulig; viele Pflanzenreste im Sieb zurückbleibend.
Organismen: Tubificiden ns
Mollusken selten

18. 15 m tief vor Wolfetswil, außerhalb der Bachmündung: Farbe des schlammigen Grundes gelblich-grau; Geruch leicht faulig; alles nicht durchsiebbare Bestandteile; viel Laub.
Organismen: Tubificiden ns
Corethra ns

19. 25 m tief, ebenda: Grund schlammig, Farbe des Schlammes gelblich-grau; Geruch leicht faulig; Reste von Laub und Pflanzenfasern.
Organismen: Tubificiden ns
Corethra v

20. 43 m tief, zwischen Wolfetswil und Fischerhaus: Schlammfarbe schwarz; Geruch leicht faulig; restlos durchsiebbar.
Organismen: Tubificiden 3
Corethra 2

21. 35 m tief, vor Fischerhaus: Schlamm schwarz mit leicht teerigem Geruch; läßt sich restlos durchsieben.
Organismen: Tubificiden 1
Corethra 4

22. 20 m tief, ca. 50 m vor dem Fischerhaus: Schlammfarbe hellgrau bis gelbgrau; Geruch ziemlich frisch; fast alles durchsiebbar.
Organismen: Tubificiden 3
Corethra 2
Pisidien v

23. 7 m tief vor Pflanzenzone neben der Fischerhütte: Seegrund sandig, kiesig, von gelbgrauer Farbe mit frischem Geruch. Als

Siebrückstand finden wir Pflanzendetritus und Laub nebst folgenden Organismen:

Chironomus	ns
Tubifex	v
Schlammegel	ns
Sialis	v

Von den 23 untersuchten Bodenproben wiesen nur jene aus 60 und aus 54 m Tiefe keine Organismen auf. Von 43 m an aufwärts stellten wir immer solche fest; demnach muß also die Bodenfauna bis in diese Tiefe die nötigen Existenzbedingungen finden. Im Vierwaldstättersee finden wir bis auf 100 und mehr Meter Tiefe in sozusagen gleichbleibender Konstanz die Bodenorganismen vertreten.

Die Zusammensetzung der Tiefenfauna ist im Baldeggersee äußerst monoton. Stets wiederkehrend ist *Tubifex tubifex,* der Schlammwurm, der nach *Kolkwitz* sogar einige Tage im sauerstoffreien Wasser leben kann, ferner *Corethra plumicornis,* die Larve der Büschelmücke, ein ebenfalls sehr widerstandsfähiger Organismus, dem als Fischfutter große Bedeutung zukommt, und *Chironomus plumosus,* die große, kirschrote Form der Gattung der Zuckmücken, die in fast sauerstofflosem Wasser noch leben kann und im übrigen ein gutes Fischfutter darstellt. (Vergl. Kolkwitz, pg. 218.) Die Corethralarve ist nicht nur auf dem Grund, sondern auch im Plankton anzutreffen, wo sie den Felchen als Nahrungskomponent zugute kommt. Mit größerer Ufernähe und geringerer Wassertiefe gesellen sich zu diesen drei Formen noch Schnecken und Muscheln, Ephemeriden, Sialiden usw. Charakteristisch ist im Baldeggersee das Fehlen von Gammarus, Niphargus und Pisidium in größerer Tiefe, Organismen, die in bezug auf Sauerstoff vermehrte Ansprüche machen.

Der Schlamm ist an seiner obersten Stelle, wo er mit dem Wasser in Berührung kommt, etwas heller gefärbt als in der Tiefe. Sehr häufig war er durchsetzt mit Laub, Holz und Pflanzenresten, die z. T. dem See durch Wind und die zahlreichen Bäche zugeführt werden, z. T. im Pflanzenbestand der Uferzone ihren Ursprung haben. Als eigentlichen, stinkigen Faulschlamm läßt er sich nicht ansprechen. (Vergl. hierzu chemische Befunde!)

Resümierend über die Ufer- und Tiefenregion des Baldeggersees stellen wir fest, daß es in der pflanzenbewachsenen Uferzone nicht an Fischnährtieren fehlt, sondern daß diese sogar reich vertreten sind, daß Organismen bis auf die 40 m-Zone für Fischfutter in hinreichender Menge vorhanden sind, daß unterhalb 43 m Tiefe keine makroskopischen Tiere mehr nachgewiesen werden konnten, daß die Bodenfauna für ein stark eutrophiertes Gewässer charakteristisch ist.

7. Die Ergebnisse der chemischen Schlammuntersuchung

Diese Untersuchungen haben den Zweck, unsere s. Zt. verfochtene These über den Schlamm als sekundären Verschmutzungsfaktor zu überprüfen. (Chemische Untersuchungen am Rotsee, „Straße und Verkehr", 1938, Nr. 5.) Es stellte sich somit auch hier die Frage nach dem eigentlichen Verschmutzungsgrad des Schlamms und nach dessen eventuellen Rückwirkung auf das Seewasser. Wie wir im letzten Kapitel gesehen haben, tritt im Vor- und Nachsommer in der Seetiefe eine starke Anreicherung von Mineralstickstoff (Ammoniak) und eine ebenso empfindliche Sauerstoffabnahme ein. Eine natürliche Erklärung dieser Ergebnisse fanden wir bereits in der Zersetzung des abgestorbenen Planktons in der tropholytischen Schicht. Es erhebt sich aber die Frage, ob auch durch Diffusion aus dem Schlamm lösliche Abbauprodukte in die höheren Wasserschichten gelangen können. In unsern Ausführungen über den Rotsee haben wir diese Frage grundsätzlich verneint. Ein Stoffaustausch zwischen Schlamm und Wasser findet u. E. nur nahe der Grenzfläche statt. Es wurde bereits dort erwähnt, daß sich die Wirkung des Wassers auf den Schlamm auf eine ganz dünne, wenige Millimeter dicke Schicht beschränkt. Gegen eine starke Rückwirkung spricht aber auch der Umstand, daß trotz großer Gleichförmigkeit der Schlammzusammensetzung während des ganzen Jahres die Konzentration des Wassers an Zersetzungsprodukten stark schwankt, und zwar, wie der Baldeggersee erwies, deutlich mit den Vorgängen in der trophogenen Schicht im Zusammenhang steht.

Nehmen wir mit dem Schlammbagger eine Schlammprobe aus großer Seetiefe, so macht diese allerdings einen sehr unappetitlichen Eindruck. Er ist schwarz bis braunschwarz, von breiiger Konsistenz. Der Geruch hat uns aber in allen Fällen davon überzeugt, daß es sich nicht um einen richtigen Faulschlamm handeln kann, denn sein Geruch ist nicht etwa deutlich faulig (Schwefelwasserstoff), sondern mehr teer- und bitumenartig. Genau dieselben Erscheinungen haben wir z. B. beim Rotsee beobachtet (Untersuchungen 1935/36). Die Wasseruntersuchungen haben damals ergeben, daß die fäulnisfähigen organischen Substanzen bis zur Ankunft auf dem Seegrund praktisch vollständig aufgelöst sind. Was an organischen Stoffen den Boden erreicht, besteht zur Hauptsache nur noch aus Zelluloseresten der Algenkörper und aus Keratinpanzern der Rotatorien und Kleinkrebse. Diese Stoffe sind dem weiteren Abbau gegenüber äußerst widerstandsfähig und sind daher nicht in der Lage, das Wasser noch namhaft zu beeinflussen, wenn sie auch bei der Analyse schließlich als organische (d. h. brennbare) Stoffe zum Ausdruck kommen. Eine Bestätigung für die damals geäußerte Auffassung ist auch heute wieder der Baldeggersee, insbesondere auch dann, wenn wir zum Vergleich den Vierwaldstättersee heranziehen.

Die Analysentabelle im Anhang zeigt uns, daß die Werte für Gehalt an *organischer Substanz* im gleichen Rahmen liegen, wie sie für den Sempachersee im August 1938 ermittelt wurden. Während die Werte für den Baldeggersee an seiner tiefsten Stelle 7,2 % und 8,1 % betragen, fanden wir im Sempachersee 7,0 % (6,95 %). Vor Meggen erhielten wir in 250 m Uferdistanz und 40 m Tiefe im Verlaufe dreier Untersuchungen 5,7 %, dann 6,6 % und 11,7 % ; im Rotsee schließlich schwankten die Werte in drei Untersuchungen zwischen 12,2 und 14,0 %. Dabei ist die Farbe des Rotsee- und des Baldeggerseeschlammes dieselbe dunkelbraunschwarze, während die des Sempachersees mehr rotbraun und diejenige des Vierwaldstättersees mehr rötlichgelb erscheint.

Nun mag man ja aus obigen Zahlen herauslesen, daß der Rotseeschlamm reicher an organischen Stoffen ist als der Sempacherseeschlamm und der Vierwaldstätterseeschlamm und auch als der Baldeggerseeschlamm. Letzterer ist mit einer Ausnahme wiederum reicher als der des Sempachersees. Im Verhältnis zum Durch-

schnittsgehalt in allen diesen Seen oder zu den absoluten Mengen sind jedoch die Unterschiede gering. Die Unterschiede von See zu See sind überdies auch kaum nennenswerter als die Schwankungen innerhalb desselben Beckens zu verschiedenen Jahreszeiten.

Zu gleichen Resultaten kommen wir beim Vergleich des *biochemischen Sauerstoffbedarfes,* worunter wir die Menge Sauerstoff verstehen (in mg angegeben), die ein Gramm feuchter Schlamm innert fünf Tagen verbraucht. Die diesbezüglichen Werte schwanken beim Baldeggersee laut Analysentabelle in drei Untersuchungen zwischen 2,42 und 1,9 mg; der Sempachersee wies im August einen Wert auf von 1,15 mg; im Vierwaldstättersee bei Meggen variierte der Wert im Verlaufe des Untersuchungsjahres 1935/36 zwischen 1,16 und 1,4 mg. Etwas Zufälliges haftet diesen Werten deshalb an, weil sie sich auf den *nassen* Schlamm beziehen. Wir haben deshalb die Werte auch auf den trockenen Schlamm bezogen. Dann erhalten wir beim Baldeggersee in der größten Seetiefe Werte zwischen 4,2 und 8,9 mg auf 1 gr, beim Sempachersee im August 1938 4,2 mg (zu dieser Zeit beträgt er im Baldeggersee 7,6 mg), im Vierwaldstättersee zwischen 2,0 und 5,1 und im Rotsee zwischen 6,7 und 7,8 mg. Auch bei dieser exakteren Berechnung ergibt sich in den beiden Schwarzschlammseen immerhin ein durchschnittlich höherer Wert. Aber eigentümlicherweise berühren sich auch hier die Resultate der besseren und der schlechteren Seengruppe zum Teil derart, daß z. B. der Sauerstoffbedarf des Vierwaldstätterseeschlammes einmal größer war als der des Baldeggerseeschlammes.

Aufschlußreich wird die Sache erst, wenn wir den ausgefaulten Schlamm einer richtig funktionierenden Kläranlage heranziehen. Der ausgefaulte Schlamm der Kläranlage Maihof ergab z. B. für die organische Substanz 31 %, für den Sauerstoffbedarf 4,5 mg pro gr Naßschlamm und 23,1 mg pro gr Trockenschlamm, also die mehrfach höheren Werte als in allen genannten Seen. Es handelt sich aber auch hier nicht etwa um Faulschlamm, sondern um ein Material, das nach ca. 6 Monaten Aufenthalt im Schlammbecken der Anlage als vollständig ausgefault abgelassen wurde. Dieser Schlamm roch, obwohl er ebenfalls von schwarzer Farbe war, keineswegs mehr nach Schwefelwasserstoff, sondern teer- bis bi-

tumenartig. Namhafte Abbauprozesse im Sinne akuter Fäulnis spielen sich in ihm nicht mehr ab.

Wir erkennen gerade an diesem Beispiel, daß es ungerechtfertigt ist, bei den genannten Seen von Fäulnisschlamm oder faulendem Schlamm zu sprechen. Es dürfte dieser Schlamm kaum mehr bedeutende Wirkungen auf das darüberstehende Wasser haben, und es darf das Ergebnis der Schlammuntersuchungen als eine Bestätigung der früher skizzierten Auffassung gedeutet werden, wonach das organische Material aus dem freien Wasser, aus der trophogenen Schicht, sich praktisch vollständig abbaut, bevor es den Seegrund erreicht.

Der biochemische Sauerstoffbedarf des Schlammes ist am obern See-Ende nicht höher als in der Seemitte und am untern See-Ende. Einigermaßen überraschend ist auch der geringe Unterschied im Gehalte der organischen Substanzen an den verschiedenen Probenahmestellen. Ein etwas erhöhter Wert in der Einlaufzone der Ron am obern See-Ende kann leicht auf einen höheren Gehalt des Schlammes daselbst an Laub, Holz und dergl. zurückgeführt werden. Es sind dies Körper, die langsam abgebaut werden und daher den Sauerstoffbedarf nicht wesentlich zu beeinflussen vermögen. Im übrigen deuten die erhaltenen Resultate zweifellos darauf hin, daß die Schmutzstoffe aus der Ron sehr rasch auf die Seeoberfläche verteilt werden und nicht zu einem Schlammdepot im Delta führen. *Eine primäre Verschmutzung, d. h. eine Deponierung von Schmutzstoffen im obern Seeteil findet nicht statt, die Brandung schwemmt offenbar den Unrat rasch ins freie Wasser.*

8. Die Zuflüsse und der Abfluß des Baldeggersees

Die folgenden Ausführungen stützen sich auf ein recht umfangreiches, zu verschiedenen Zeiten gewonnenes Untersuchungsmaterial.

Auch die verschmutzten Zuflüsse von Seiten der Gemeinde Hochdorf wurden in diesen Untersuch mehrmals einbezogen. Während der Untersuchungen des Sees wurden ebenfalls mehrmals Proben aus der Ron und dem Aabach entnommen. Vorerst

ist zu sagen, daß die Ron mit ihren 0,46 m^3/Sek. Mittelwasserführung bedeutend mehr Wasser an den See abgibt als alle übrigen Zuflüsse zusammen. Der Abfluß durch den Aabach beträgt im Mittel 0,7 m^3/Sek. Da nach einer Erfahrungsregel die Niederschläge auf die Seefläche gleich der Verdunstung (beides im Jahresmittel) gesetzt werden können, so ist die Differenz zwischen dem Zufluß durch die Ron und dem Abfluß auf Kosten der übrigen Zuflüsse zu setzen, sodaß im vorliegenden Falle auf diese letzteren nur 0,24 m^3/Sek. entfallen. Die Ron allein bringt demnach dem See das doppelte Wasser zu wie die übrigen Zuflüsse miteinander.

Wir haben außer der Ron, abgesehen von einigen fast wasserlosen Drainagegräben, 22 Zuflüsse gezählt und einmal untersucht. (Vergl. Fig. I.) Von diesen sind noch zwei als Abwasserbäche zu bezeichnen, nämlich der Bach vom Kloster Baldegg und der Bach bei Gelfingen. Der letztere dürfte allerdings in der Hauptsache nur Jauchegrubenüberläufe aufnehmen und damit im Verhältnis weniger Schmutzstoffe und namentlich absetzbare Stoffe mitführen. Die beiden Zuflüsse werden schätzungsweise noch ca. $^1/_8$ des Gesamtzuflusses aus diesen 22 Bächen und Bächlein bestreiten. Der Bach vom Kloster Baldegg zeigt sehr starke Abbauerscheinungen und weist, infolge der relativ geringen Wassergeschwindigkeit, zur Zeit der Probenahme nur 6 mg/l Sauerstoff auf. Sein Bett ist total verschlammt und entwickelt beim Einstich eine Unmasse Faulgas. Sein Ammoniakgehalt betrug 9,0 mg/l. Der Gelfingerbach besitzt starkes Gefälle und bietet daher keine Gelegenheit zur Bildung von Schlammbänken. Dementsprechend bietet er augenscheinlich ein vorteilhafteres Bild. Sein Sauerstoffgehalt kommt der Sättigung nahe. Hingegen beweist der Ammoniakgehalt von 5,0 mg/l die bedenkliche Wasserqualität. Die rein landwirtschaftliche Besiedlung seines Einzugsgebietes legt den Schluß nahe, daß auch zur Zeit der Probenahme Jauchegrubenüberläufe den Bach verschmutzt haben. Die *Oxydierbarkeit* der Wasserproben aus den beiden Bächen beweisen ebenfalls ihren Abwassercharakter. Der Wert ist für den Gelfingerbach mit 28 doppelt so hoch wie für den Baldeggerbach und bewegt sich im Rahmen der Ron, ohne allerdings deren von uns gemessenes Maximum von 120 zu erreichen. Diese einmaligen Zahlen dürfen selbstverständ-

lich nicht zu weitgehend interpretiert werden, da sie außerordentlich starken Schwankungen ausgesetzt sind. In der Ron betragen die Schwankungen zwischen 17 und 120 mg/l.

Alle übrigen Zuflüsse zum See haben sich zur Zeit der Untersuchung als sehr reine Bäche erwiesen, die allgemein zur Verbesserung des Seezustandes beitragen. Eventuelle Schmutzwassereinläufe in diese Gewässer sind bis zur Mündung in den See soweit gereinigt, daß sie nicht mehr nachweisbar sind.

Im Hinblick auf diese Zuflußverhältnisse kommt nun naturgemäß der Ron als „Nährvater" des Sees eine überragende Bedeutung zu.

Die Ron wurde von uns zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen untersucht, stets auf jeden Fall bei der untersten Brücke, also ca. 100 m oberhalb der Mündung in den See. Hier macht sich der Rückstau vom See her insofern bemerkbar, als das Wasser eine größere Tiefe hat und meist ruhig und langsam durchfließt.

Eingehender wurde sie durch uns bereits früher untersucht, wobei in der Regel auch die Abwasserzuläufe einbezogen wurden.

Schließlich hat auch *Bachmann* einen Bericht über die Ron abgegeben.

Einen namhaften Beitrag an die Belastung mit Abwassern leistete bis 1938 auch eine Großbrennerei. Wie in andern Fällen festzustellen war, charakterisiert sich die Wirkung der Brennereiabflüsse, hauptsächlich zur Zeit der Mostkampagne und der Obstweinbrennerei, durch eine dunklere Färbung des Wassers — infolge Umschlagens des gelben Farbstoffs in schwarz in dem schwach alkalischen oder neutralen Medium des Vorfluters — sowie durch eine Massenentwicklung des *Sphaerotilus natans*. Zur Brennzeit pflegt dieser Boden und Böschungen der Flußläufe mit einem dichten schaffellartigen Ueberzug zu bekleiden. Da die Mostbrennerei sich in der Hauptsache während der Laichzeit und der Laichentwicklung der Forellen abspielt, ist der große Schaden auf Forellengewässer nicht zu bestreiten, denn es ist klar, daß der Laichfisch solche verpilzten Bachstrecken, die sich oft kilometerweit hinziehen, meidet, oder daß der schon abgegebene Laich unter diesen Teppich zu liegen kommt und dann abstirbt. Da die Brennereiabflüsse, wenn sie in schädlicher Menge anfallen, jetzt

im Kanton Luzern auf Wiesland verrieselt werden müssen, hat der Zufluß in die Ron nun ebenfalls aufgehört.

Im übrigen sind die Untersuchungsresultate der Jahre 1938/39 in den Tabellen der Seeresultate ersichtlich. Sehr instruktiv ist ferner eine Ronuntersuchung vom Mai 1938, die in der Tabelle, weil außerhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit liegend, nicht verzeichnet ist, aber einen interessanten Extremfall darstellt. Wir erhielten damals bei der Nunwilerbrücke folgende Untersuchungsresultate:

Oxydierbarkeit (Permanganatverbrauch)	120,1	mg/l	
Absetzbare organische Stoffe	106,0	mg/l	= 10 cc./l
Gesamte organische Stoffe	240,0	mg/l	
Sauerstoffgehalt	1,36	mg/l	
Sauerstoff*bedarf* in 24 Stunden	87,8	mg/l	

Die vier übrigen Untersuchungen 1938/39 ergaben folgende Schwankungen (Ron, bei der Brücke, 100 m oberhalb Mündung in den See):

Oxydierbarkeit	17,4—52,1	mg/l
Freies Ammoniak	0,4— 1,6	mg/l
Nitrat-Jon	1,5— 6,0	mg/l
Sauerstoffgehalt	5,5— 7,2	mg/l

Diese Zahlen zeigen einmal die abwasserbedingten starken Schwankungen in der Zusammensetzung des Ronwassers und anderseits den im ganzen genommen starken Verschmutzungsgrad.

Von den 22 Bacheinläufen in den Baldeggersee, die wir am 23. und 25. März untersuchten, zeigten Nr. 10, der Bach vom Institut Baldegg und der Bach von Gelfingen, Abwassercharakter; die andern könnten, wenn ihre Ausdehnung dies zuließe, als Forellenbäche bezeichnet werden. Im ersteren fanden wir im schwarzen Faulschlamm der Sohle die typischen Schmutzwasserindikatoren Tubifex und Chironomus dominierend, während hereinhängendes Gras und Geäst mit Zotten des Abwasserpilzes Sphaerotilus behangen waren. Leichteren Grades verunreinigt schien der Bach von Gelfingen, wo die Verunreinigung in Form einer Verschleimung der Bachsohle zum Ausdruck kam, während die faunistische Zusammensetzung normal erschien. (Vide Faunenliste.)

Die Wag, der Abfluß des Baldeggersees

Die Wag macht einen ganz andern Eindruck als die Ron, indem ihr eine üppige Vegetation von Wasserpflanzen eigen ist. Sie stellt in der Nähe des Sees und auch in einiger Entfernung davon in Bezug auf die Wasserbeschaffenheit und die Planktonorganismen ein ziemlich genaues Spiegelbild der Seeoberfläche dar, was nicht anders zu erwarten ist, da ja naturgemäß Oberflächenwasser zum Abfluß kommt. Den Sauerstoffreichtum der obersten Wasserschicht im See trafen wir auch in der Wag an. Zeigte der See eine geringe Sichttiefe, war dies auch bei der Wag der Fall. Zu wiederholten Malen stellten wir in der Wag Fischschwärme fest. Wir hielten sie für ein gutes Fischgewässer.

9. Zusammenfassung über den derzeitigen Zustand des Sees

Im Vergleich mit andern Seen haben unsere Untersuchungen ergeben, daß die in den Kreis unserer Betrachtungen gezogenen Umweltfaktoren durchgehend im Sinne einer Benachteiligung des Baldeggersees wirksam sind, namentlich im Hinblick auf den hydrographisch ähnlichen Sempachersee.

1. Die klimatisch bedingte Umwälzung des Wassers bleibt etwas hinter derjenigen des Sempachersees zurück. Da diese einen bedeutenden Selbstreinigungsfaktor darstellen dürfte, so wäre dadurch auch die natürliche Selbstreinigungskraft des Baldeggersees etwas, wenn auch nur wenig, vermindert. Stärker kann sich dieser Unterschied auswirken, wenn die Windenergie zur Zeit der herbstlichen Zirkulation nicht genügt, um auch die tieferen Wasserschichten in Bewegung zu bringen und damit der Sanierung in der belüfteten Oberschicht zuzuführen. Das war wegen des milden und windstillen Wetters gerade im Herbst 1938 der Fall, während die Untersuchungen im Frühling 1938 und auch wieder 1939 zeigen, daß hier die Umwälzung eine vollständige war. Durch dieses Ausbleiben der Vollzirkulation werden die während des Sommers 1938 in der Tiefe angereicherten Nährstoffe erst im Jahre 1939 wieder der produzierenden Schicht zugeführt, woraus

sich in der Summierung mit den von außen neu zugeführten Nährstoffen für das laufende Jahr eine Mehrbelastung ergibt, die bei normaler Funktion der Umwälzung im Herbst 1938 ausgeblieben wäre.

2. Der zweite natürliche Faktor, der grundsätzlich bei kleineren Seen von Bedeutung ist, ist in der relativen Länge der Uferlinie zu suchen. Schon im Kapitel über die Hydrographie wurde auf diesen Umstand hingewiesen. Eine einfache Rechnung zeigt, daß der auf die Flächeneinheit entfallende Uferstreifen eines Sees umso kleiner ist, je größer der Gesamtflächeninhalt. Ein Quadrat von 1 m² Fläche hat 4 m, ein solches von 4 m² aber nicht etwa 16 m, sondern 8 m Umfang. Liegt ein See in Kulturland, so werden nicht nur durch die Zuflüsse, sondern auch unmittelbar vom Ufer aus, insbesondere bei Niederschlägen, die Auslaugungswässer des Bodens dem See zufließen, und zwar naturgemäß umsomehr, je länger der Uferanstoß ist. Daß diese Ueberlegung stimmt, kann durch den Vergleich mit ausgesprochenen Kleinseen bewiesen werden, die keine Abwasser aufzunehmen haben. So zeigte anläßlich einer Untersuchung durch *von Büren* der auf dem Belpberg liegende Gerzensee, der in rein ländlich besiedeltem Gebiet liegt und außer einem klaren Forellenbach keinerlei Zuflüsse aufnimmt, während der Sommerstagnation in den Jahren 1933/35 fast genau dasselbe Bild wie der Rotsee bei Luzern. Die dort beobachteten Tatsachen sind seither an einer ganzen Reihe von Kleinseen bestätigt worden. Bei einem sehr kleinen See genügt also schon der reine Uferzufluß, um den See in ausgiebigem Maße zu „verschmutzen", d. h. zu düngen. Dieser See weist schon in einer Tiefe von 6 m im Moment der Untersuchung einen fast vollständigen Sauerstoffschwund auf. Seine Gesamttiefe beträgt ca. 10 m, der Flächeninhalt ca. die Hälfte des Rotsees.

Wir haben also der Vollständigkeit halber auch diese Möglichkeit ins Auge gefaßt und die sogenannte relative Uferlinie des Baldeggersees einmal mit derjenigen eines typischen Kleinsees, in unserem Falle des Rotsees, anderseits aber mit derjenigen eines ähnlichen Sees von unbestrittener Reinheit, d. h. des Sempachersees, verglichen. Auf 1 m² Seefläche jedes dieser Seen entfallen folgende Uferlängen:

Sempachersee	1,3 mm
Hallwilersee	1,7 mm
Baldeggersee	2,2 mm
Rotsee	10,9 mm
Gerzensee	10,9 mm

Wir erkennen hieraus, daß die relative Uferlinie des Baldeggersees etwas länger ist als diejenige des Sempachersees, aber doch weit kürzer ist als diejenige des Rotsees oder des Gerzensees. Wir müssen daher sagen, daß klimatische *und* Ufereinflüsse die Selbstreinigungskräfte des Baldeggersees reduzieren.

3. Nachdem die Klima- und Ufereinflüsse berücksichtigt sind, ergibt die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der *Zuflüsse* folgende Ergänzung des Bildes:

Wenn Regen und Verdunstung über der Seefläche gleichzusetzen sind, so entfallen etwa $^2/_3$ des Gesamtzuflusses auf die Ron, $^1/_3$ auf die 22 übrigen kleineren Bäche und Bächlein. Unter diesen sind es noch zwei, die als Verschmutzer in Frage kommen. Ihr Beitrag ist aber nur auf $^1/_8$ der Gesamtwassermenge der 22 kleineren Einläufe zu schätzen.

Die Verschmutzung des Sees durch die Ron ist vorwiegend eine sekundäre. Es kommt nicht zur Ablagerung auffälliger Schlammdepots. Die Schmutzstoffe werden durch die oberflächliche Wasserbewegung in der Hauptsache weiter in den See hinausgespült und fallen dort dem biologischen Abbau anheim. Hierbei entstehen Nährsalze, die ihrerseits einem intensiveren Algenwachstum rufen. Das bedingt dann auch lebhaftere Vermehrung des Zooplanktons. Wir schließen auf eine Sekundärverschmutzung hauptsächlich aus der gleichmäßigen Verteilung der chemischen Verschmutzungskomponenten über den ganzen See und aus der Dominanz des Sauerstoffhaushaltes im gesamten Stoffhaushalt des Sees. Die Planktonorganismen entwickeln sich in der trophogenen Schicht so massenhaft, daß hier sogar ein ausgesprochener Mangel an Nährsalzen eintritt — die Nitrate gehen während der Sommermonate auf Null herunter — während es in der Tiefe durch das Absinken und die Zersetzung der Plankter zu einer jahreszeitlich bedingten Anreicherung von Salzen kommt. Die ursprünglich dem See in mineralischer Form zugeführten Nährstoffe werden also

in Form von Plankton-Leibessubstanz in der belichteten Oberflächenzone verteilt und durch die abgestorbenen und in die Tiefe sinkenden Körper langsam nach der Tiefe verfrachtet. Durch die Abbauvorgänge in der tropholytischen Schicht werden sie wieder in Freiheit gesetzt. Es bildet sich somit das Bild des typisch eutrophen Sees heraus, der in den Oberschichten viel Sauerstoff und wenig Salze, in der Tiefe wenig Sauerstoff und viel Salze enthält.

Die im Frühjahr und Herbst eintretenden Zirkulationsströme haben dann die Aufgabe, diese Verlagerungen auszugleichen und die angereicherten Nährstoffe der Wiederaufarbeitung zuzuführen, wobei aber bei raschem Eintritt der Winterstagnation die Regeneration auf halbem Wege stecken bleibt.

4. Um schließlich auf den Einfluß des Schlammes zurückzukommen, hat sich bei unsern Untersuchungen folgendes ergeben:

a) Der Gehalt der verschiedenen in unsere Betrachtung einbezogenen Seeschlamme an abbaufähiger Substanz ist trotz des verschiedenen Aussehens nicht wesentlich verschieden, wenn auch graduelle Unterschiede zu konstatieren sind.

b) Ein Vergleich mit gut ausgefaultem Klärschlamm zeigt, daß der Seeschlamm diesem gegenüber wesentlich ärmer an sauerstoffzehrenden Stoffen ist, so daß es sich beim Baldeggersee — wie übrigens auch bei andern schwarzen Schlammen der Seeböden — nicht rechtfertigt, von einem eigentlichen „Faulschlamm“ zu sprechen. Die Vorstellung, daß da riesige Faulschlammdepots auf Jahre hinaus das Tiefenwasser verpesten und ihm den Sauerstoff rauben könnten, dürfte damit der Wirklichkeit nicht entsprechen. Wird solcher Schlamm aus der Mitte des Baldeggersees in einem Aquarium mit frischem, sauerstoffhaltigem Wasser überschichtet, so ist in wenig Stunden ein hellgelb-grauer, scheinbar völlig reiner Seeboden aus diesem Schlamm geworden. Die unansehnliche Schwarzfärbung, herrührend von dem unter Sauerstoffmangel entstandenen Schwefeleisen, wird durch Oxydation durch den frischen Sauerstoff chemisch aufgearbeitet, und das genügt, um das äußerliche Bild eines reinen Seegrundes herzustellen. Die Reaktion beschränkt sich auf eine dünne, wenige mm umfassende Kontaktzone, darunter bleibt der Schlamm schwarz.

Die Wechselwirkung zwischen Schlamm und Wasser beschränkt sich also nur auf eine wenige mm dicke Schlammschicht, sodaß mit einer sehr lange dauernden Einwirkung des Schlammes auf das überstehende Wasser nicht zu rechnen ist.

c) Das Sauerstoffmanko in der Tiefe erklärt sich ungezwungen aus der Verminderung der Bewegungsenergie des Wassers nach der Tiefe hin, infolge der gegenseitigen Reibung der Wasserschichten. Die Zirkulation und Durchmischung ist in der Tiefe infolge dieses Reibungsverlustes einfach geringer als oben. Die Bewegung dauert daher nicht lange genug (sie wird ja wieder durch Stagnationsperioden abgelöst), daß der Ausgleich sich bis unten vollziehen könnte.

5. Wie präsentiert sich der Baldeggersee im Untersuchungsjahr in biologischer Hinsicht? Er gehört zu den planktonreichen Seen (eutropher Seetypus). Da die als Fischfutter wertvollen Planktonorganismen an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden sind, sind diese daher in Stagnationszeiten auf die oberflächliche Wasserschicht von oft nur 10 m (September und Oktober 1938) oder 20 m (August und November 1938) angewiesen. Einzig im Mai 1938 fanden wir lebendes Krebsplankton bis auf 60 m Tiefe. In der Zwischenzeit (März, Juni 1938, Januar und März 1939) lag die Grenze seines Eindringens bei 30 m Tiefe.

Als dominierender Bestandteil muß die Burgunderblutalge angesprochen werden, die zuweilen eine Vegetationsfärbung des Sees hervorruft und dann in 1 cm^3 Wasser in 1000 und mehr Exemplaren vorhanden sein kann.

Die Litoralfauna findet in dem fast einen zusammenhängenden Gürtel bildenden Pflanzenbestand des Ufersaumes Nahrung, Schlupfwinkel und Befestigungsstellen in reichlicher Menge und ist dementsprechend auch zahlreich entwickelt.

Die Grundfauna fanden wir nur bis in ca. 40 m Tiefe. Sie setzt sich zusammen aus wenig anspruchsvollen Vertretern, zur Hauptsache aus Tubificiden und Chironomiden. Abgesehen von der Begrenzung nach der Tiefe hin, sind diese in hinreichender Anzahl vorhanden; sie sind zahlreicher als in den entsprechenden Tiefen des Vierwaldstättersees.

Von den Zuläufen ist einzig der Bach vom Kloster Baldegg her

und die Ron hinsichtlich Biologie zu beanstanden. Der Klosterbach fällt der minimalen Wasserführung wegen mit bezug auf den See kaum in die Waagschale. Die Ron aber erwies sich als typischer Abwasserbach mit entsprechender Organismenwelt und mit Verpilzung und teilweiser Verschlammung.

6. Unterwerfen wir endlich den See noch einem generellen Vergleich mit andern Seen, indem wir die Durchschnittswerte aus verschiedenen Tiefen und zu verschiedenen Untersuchungszeiten gegeneinander abwägen, so kommen wir zu folgender Einreihung: Auf Grund der Oxydierbarkeit haben wir die Reihenfolge (vom reinsten zum schmutzigsten fortschreitend) Vierwaldstättersee, Sempachersee, Baldeggersee, Rotsee. Hierbei liegt der Baldeggersee ungefähr in der Mitte zwischen Rotsee und Sempachersee. Die übrigen Untersuchungen bestätigen dieses Urteil. Zweifellos kann die auch schon geäußerte Ansicht, daß der Rotsee heute besser sei als der Baldeggersee, keineswegs bejaht werden.

10. Seit wann besteht dieser Zustand?

Es dürfte von größerer Wichtigkeit sein, auch diesem Punkte Beachtung zu schenken. Ueber die Biologie des Sees in früherer Zeit liegen uns Berichte in wissenschaftlichen Publikationen vor, die zum Teil über die Jahrhundertwende zurückreichen. Ueber den chemischen Zustand orientieren Gutachten seit dem Jahre 1921.

Wir haben bereits in den grundlegenden Ausführungen vorstehender Kapitel vom früheren Zustande Erwähnung getan, sodaß wir hier mehr zusammenfassend referieren können.

a) Biologische Beurteilungen aus früheren Zeiten: Nach *Bachmann* (Referat 1924) hat seit mehr wie 40 Jahren Oscillatoria rubescens den Hauptbestandteil des Planktons im Baldeggersee ausgemacht. Demnach ist die Burgunderblutalge schon vor 1884 im See vertreten gewesen. Im „Biologischen Zentralblatt" (vergl. pg. 33) schildert er die Untersuchungsergebnisse vom 31. August 1899 und weist ebenfalls auf Massenentwicklung dieser Alge hin. Das Filtrat aus 10 und 13 m Tiefe sei wie roter Weinmost anzusehen gewesen. Aehnlich äußert er sich in der „Botanischen Zei-

tung", 62. Jahrgang, Nr. 6—7, über Beobachtungen vom 24. März 1904. Der See erscheine wie mit Oscillatoria bepudert und am Ufer würden ganze Fladen von fleischroter Farbe am Schilf hin und her flottieren. Da diese Aeußerungen, in wissenschaftlichen Fachschriften niedergelegt, nicht anzuzweifeln sind, muß der *Baldeggersee schon um die Jahrhundertwende einen hohen Grad der Eutrophierung erreicht haben.* Im Gutachten 1921 an Hochdorf nennt derselbe Autor Oscillatoria die Charakterpflanze des Baldeggersees. Auch Professor *Theiler* (Untersuchungen 1910 bis 1911) spricht von Wasserblüten durch Oscillatoria, die fast jedes Jahr auftreten. Ebenfalls *Brutschy und Güntert* (1923) äußern sich in dem Sinne.

In Bezug auf die andern Planktonorganismen konnten wir ebenfalls keinen Unterschied zwischen heute und früher konstatieren. Wir haben entsprechende Listen von *Bachmann* und von uns verglichen.

b) In *chemischer Hinsicht* sind die Quellen spärlich, die uns einen Einblick in den früheren Zustand ermöglichen. Aufschlußreich sind die Resultate chemischer Untersuchungen von *Dr. Baragiola* und *Frau Dr. Eder,* wie sie im Gutachten *1921* von Professor *Bachmann,* erstattet an die Gemeinde Hochdorf, zum Ausdruck kommen. Darnach ist der Baldeggersee im ersten Stadium eines Verjauchungsprozesses begriffen. Nur bis in 17 m Tiefe wurde für ein normales Fischleben der nötige Sauerstoff gefunden. Also lagen die Sauerstoffverhältnisse damals schon ziemlich ungünstig, immerhin noch besser wie heute.

Im Einklang mit den heutigen Untersuchungsergebnissen gehen aber die gutachtlichen Aeußerungen *Bachmanns* von Kontrollen vom 27. Oktober 1927 und vom 4. November 1927. Damals fand er in 10 m Tiefe noch 3,3 ccm und in 20 m nur noch 0,79 ccm Sauerstoff vor, also genau dieselben Verhältnisse, wie sie sich uns im Untersuchungsjahr 1938/39 präsentierten. Das Fischleben war unter diesen Umständen auf die obersten 10 m beschränkt.

c) Wenn wir auf Grund aller angeführten Tatsachen zu einem Schluß über den Beginn der Eutrophierung und die Dauer des heutigen Zustandes kommen, so ergibt sich folgende Entwicklung:

Der Zustand vor der Jahrhundertwende: Als dominierender Planktonbestandteil wird die als Verschmutzungsindikator berüch-

tigte Alge Oscillatoria rubescens angegeben. Hochdorf ist in dieser Zeit eine vorwiegend landwirtschaftliche Siedlung, praktisch ohne Abwasserproduktion (keine Schwemmkanalisation, meist Jauchelöcher). In biologischer Hinsicht gleicht der damalige Zustand des Sees trotzdem dem heutigen. Chemische Untersuchungen fehlen aus dieser Zeit.

Der Zustand von 1900 bis 1920: Hochdorf vergrößert sich aufs doppelte und gründet seine industriellen Unternehmungen. Soweit biologische Untersuchungen aus jener Zeit vorliegen, weisen sie wieder auf die Massenentfaltung von Oscillatoria hin. (Bachmann, Theiler.)

Der Zustand von 1920—1939: Aus dem Jahre 1921 liegen uns die ersten chemischen Untersuchungen vor und geben uns einen Einblick in das Sauerstoffmanko der tieferen Wasserschichten. Leider wissen wir in dieser Richtung nichts aus der Zeit vor der Jahrhundertwende. Im Jahre 1927 zeigen erneute Untersuchungen eine weitere Verschlechterung, die sich bis 1939 ungefähr stationär hält.

11. Ist eine Schädigung der Fischerei im Baldeggersee festzustellen?

Bevor wir den *heutigen* Baldeggersee als Wohngewässer für Fische beurteilen, wenden wir uns der historischen Seite zu. Auch über die Fische, insbesondere über den Balchen, finden wir im einschlägigen Schrifttum wiederholt Angaben. Alle Autoren, die sich darüber aussprechen, betonen den Rückgang der Fischerei schon in früherer Zeit. Es ist dies auch gar nicht anders zu erwarten, da nach Ausspruch erster Autoritäten, wir erwähnen nur *Dr. Surbeck,* mit der Oscillatoriaentfaltung die Abnahme des Edelfischbestandes Hand in Hand geht. Dies gilt nicht nur für den Baldeggersee, sondern auch für andere Seen.

Hören wir zuerst, was *Brutschy* und *Güntert* im „Gutachten über den Rückgang des Fischbestandes im Hallwilersee" im Jahre 1923 auf Seite 556 schreiben: „Im Jahre 1898 trat sie (Oscillatoria) mit einem Schlage massenhaft (im Hallwilersee) auf und auf jenen Zeitpunkt datieren auch die Fischer den Beginn

des raschen Rückganges der Coregonen. *Auch im Baldeggersee ist ihre Zahl* (bezieht sich auf die Nachkriegsjahre) *auf ein Minimum gesunken.* Wie uns Herr Fischereiinspektor *Dr. Surbeck* mitteilte, ist das Verschwinden der Coregonen auch im Murtensee mit aller Wahrscheinlichkeit der Oscillatoria rubescens zuzuschreiben." Wir haben uns mit Bezug auf Oscillatoria und Coregonenbestand im Murtensee an Herrn *Vouga,* Inspecteur général de la pêche, in Neuenburg gewendet. Er schreibt uns unterm 29. April 1939, daß die Burgunderblutalge fast jedes Jahr im Murtensee auftauche. Das sei ein schlechtes Zeichen, und trotz zahlreichen Einsätzen von Brut von verschiedenen Schweizerseen bleibe der Balchenbestand des Murtensees unbedeutend (insignifiant). Insbesondere über die Verhältnisse im Baldeggersee spricht sich dann wieder Prof. *Heller* (Schw. F. Ztg., Bd. 16, 1909, pg. 38) aus. Er schreibt, daß trotz des gewaltigen jährlichen Einsatzes von über 3 Millionen Balchen und 10—40,000 Seeforellen der Bestand an Edelfischen zurückgehen wolle. Erstmals bemerkte man nach ihm den Rückgang in der Laichzeit 1907 und bedeutend stärker 1908. Der Ausfall pro 1908 betrage mindestens 50 %, und was das Fatale sei, man fange nur große Fische. — Die Ursache des Rückganges der Balchen sucht Prof. *Heller* mit dem intensiven Fang des Hechtes zu erklären. Dadurch seien Egli, Hasel und Alet als Laichfresser und Bruträuber stark begünstigt. Er führt wörtlich an: „Die Fischer erklären übereinstimmend, daß das kleine Egli die gesellig lebenden Coregonen, wenn sie an die Wasseroberfläche kommen, zusammenschnappen, wie eine Henne den Weizen aufpickt."

Bei *Theiler,* pg. 322, 1917, finden wir eine Beobachtung wiedergegeben, wonach die Burgunderblutalge auf die Fischernetze einen höchst unangenehmen Einfluß ausübe, und das in den Jahren 1910 und 1911.

Wir haben also aus den Jahren 1907, 1908 und 1923 direkte Zeugnisse über den Rückgang des Balchenbestandes im See, und zwar lauten sie allgemein. Der Rückgang der Balchen wird nicht als vorübergehende Erscheinung angesehen. „Ihre Zahl ist auf ein Minimum gesunken." Hinzu kommt noch das Urteil von *Bachmann* von 1921, wonach aus den chemischen und biologischen Untersuchungen geschlossen werden müsse, daß nur die oberen

Wasserschichten bis in ca. 17 m Tiefe biologisch und wirtschaftlich wertvoll seien. „Inwieweit die üblen Zustände der untern Wasserschichten auf die Felchen einen Einfluß ausgeübt haben, konnten wir nicht feststellen. Dafür müßten eigene Untersuchungen durchgeführt werden."

Falls tatsächlich die starke Eutrophierung und ihre Folgeerscheinung, die Burgunderblutalge, den Rückgang des Balchenbestandes bewirken, was allgemein so angenommen wird (Surbeck, Brutschy und Güntert, Vouga, Blöchlinger), so kann eine wesentliche Verschlechterung *nach* 1923 nicht mehr eingetreten sein; damals war nämlich Oscillatoria in Massenentwicklung schon auf 40 Jahre zurück nachgewiesen. Diese Oscillatoriavegetation hat bis 1938/39 angehalten.

Hinzu kommt für die Periode von 1923 bis 1927 nochmals eine Vergrößerung der sauerstoffarmen Tiefenzone, die dann bis zu unseren Untersuchungen 1938/39 konstant geblieben, resp. keine Erweiterung mehr erfahren hat. *Bachmann* führt 1927 in 10 m 5,383 ccm Sauerstoff an, in 20 m nur noch 0,79 ccm. Also war unterhalb 10 m ein normales Fischleben praktisch ausgeschlossen, wie wir dies auch auf Grund der letzten Untersuchungen 1938/39 wieder konstatieren mußten.

Nachdem einerseits aus dem biologischen und dem chemisch-physikalischen Zustand des Baldeggersees, wie er im einschlägigen Schrifttum charakterisiert wird, und anderseits aus Zeugnissen, die die Fischerei speziell betreffen, hervorgeht, daß der Felchenbestand bereits vor 1923 ein schlechter und minimaler war, und nachdem hervorgeht, daß seit 1927 der Lebensraum für die Fische keine namhafte Verschlechterung mehr erfahren hat, erübrigt es sich für uns vorläufig, des weitern die heute im See vorliegenden Fischereischädigungen einzuschätzen. Es hat unseres Erachtens keinen Sinn, in extenso auf diesen Fragenkomplex einzutreten, da alle bisherigen Erhebungen zum Schlusse führten, daß in den letzten 12 Jahren, seit 1927, eine Verschlechterung des Sees und seiner Wasserverhältnisse im Sinne fortschreitender Eutrophierung nicht eingetreten ist.

Ganz allgemein möchten wir die Fischereiverhältnisse folgendermaßen charakterisieren:

1. Der Baldeggersee im heutigen Zustand verdient das Prädikat eines Felchensees nicht mehr! Er war auch schon 1921 und insbesondere 1927 kein Felchensee mehr, was nicht besagen will, daß stets wieder einzelne Balchen gefangen werden können. Wie gesagt, spielen klimatische Faktoren, die sich im Umwälzungsprozeß auswirken, auch hier eine Rolle. Laichmöglichkeiten für den Balchen sind im See vorhanden; die Laichplätze haben keine Einbuße erlitten. Nahrungstiere, sowohl Planktonkrebse als auch Grundorganismen, sind zahlreich vertreten, sodaß die Tafel für den Balchen hinreichend gedeckt ist. Als negative, den Balchen ungünstig beeinflußende Faktoren sind zu erwähnen:

a) Die Massenentfaltung von Oscillatoria rubescens. Welcher Art die Schädigung durch Oscillatoria ist, wurde bis anhin mit Sicherheit nicht festgestellt. Als erwiesen kann gelten, daß der Balchen der Oscillatoria auszuweichen sucht. Da nun aber die Oscillatoriaregion vielfach mit der sauerstoffhaltigen Region identisch ist, kann der Balchen nicht fliehen, ohne daß er in die sauerstoffarme Tiefenschicht gerät, wo er an Sauerstoffknappheit leidet oder erstickt. Warum aber sucht der Felchen der Burgunderblutalge auszuweichen? Da begegnen wir der Ansicht (auch in jüngster Zeit äußerte sich Blöchlinger in dem Sinne), daß die Fäden dieser Alge zu Kiemenverstopfungen führen. Wir vermögen dieser Ansicht in bezug auf Brut beizupflichten, nicht aber in bezug auf ausgewachsene Fische. Ansonst müßten doch im Verlaufe der Zeit schon ausgewachsene tote Fische mit verstopften Kiemen beobachtet worden sein.

b) Dadurch, daß die sauerstoffarme Tiefenschicht oft bis auf 10 m unter die Oberfläche hinansteigen kann, wird der Lebensraum für die Balchen und auch für die übrigen Fische stark eingeengt. Es findet eine Zusammendrängung der Fische statt, so daß Nahrungskonkurrenz wahrscheinlich wird. Ferner werden einzelne Fische gezwungen, sich in einem ihnen nicht zusagenden Raume aufzuhalten, und viele Friedfische sind der vermehrten Verfolgung durch Raubfische ausgesetzt. Diesen Punkten kommt die Bedeutung von die ganze Produktion herabmindernden Faktoren zu.

2. Laichplätze für Ruchfische sind in guter Verfassung vorhanden. Deren Laichabgabe erfolgt ja in der sauerstoffreichen Oberschicht, an der Halde und am Ufer, wo die Möglichkeiten der Entwicklung für Eier und Brut gegeben sind. Daß die Veralgung des Röhrichts schädlich sei, scheint uns wenig wahrscheinlich. Jedenfalls läßt sich an Hand von Beispielen das Gegenteil leichter beweisen. Es ist bekannt, daß karpfenartige Fische in reichlich gedüngten Teichen, wie Enten- und Abwasserfischteichen, vorzüglich gedeihen. Ueberdies ist das Oberflächenwasser auch bei dichtester Oscillatoriabesiedlung stets mit Sauerstoff übersättigt.

3. Schädigung, d. h. Behinderung, des Fischfanges steht außer Zweifel, da die Fischnetze und die Reusen durch die anhaftenden Oscillatoriafäden für die Fische deutlich sichtbar und daher unfängig werden. Dies macht eine intensive Reinigung notwendig, wodurch die Netze ihre Haltbarkeit einbüßen.

Benütztes oder zitiertes Schrifttum

1934 *Adam Dr. F. und Birrer Dr. A.* „Ergebnisse der Untersuchungen am Baldeggersee und an der Ron vom 11. Mai."

1934 *Adam Dr. F. und Birrer Dr. A.* „Bericht über die Untersuchungen der Ron (Hochdorf) und des Vorflutgrabens der Brennerei Ottiger, hinsichtlich der Wirkung der Brennereiabwasser" vom August und Oktober.

1936 *Adam Dr. F. und Birrer Dr. A.* „Gutachten über den derzeitigen Zustand des Rotsees im Hinblick auf Möglichkeiten zur Sanierung", erstattet an die Baudirektion der Stadt Luzern.

1937 *Adam Dr. F. und Birrer Dr. A.* „Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene." Separatdruck, Heft 1/2.

1938 *Adam Dr. F.* „Chemische Untersuchungen am Rotsee." Sonderdruck aus: „Straße und Verkehr", Nr. 5.

1897 *Bachmann Prof. Dr. H.* „Oscillatoria im Baldeggersee" in „Biologisches Zentralblatt", Pg. 230—241.

1900 *Bachmann Prof. Dr. H.* „Die Planktonfänge mittels der Pumpe." Sonderdruck im „Biologischen Zentralblatt", Bd. 20, Nr. 11.

1921 *Bachmann Dr. H.* „Gutachten über die chemische, bakteriologische und biologische Beschaffenheit von Wasser- und Schlammproben aus dem Gebiete des Baldeggersee", vom 16./20. September.

1924 *Bachmann Dr. H.* „Das Phytoplankton der Schweizerseen." Abdruck aus: „Verhandlungen der Schw. Nat. Ges."

1928 *Bachmann Dr. H.* „Gutachten betreff Verunreinigung von Fischereigewässern des Kantons Luzern." „Die Ron bei Hochdorf."

1938 *Bachmann Dr. H.* „Die biologischen Verhältnisse des Rotsees." Sonderdruck aus: „Straße und Verkehr", Nr. 5.

1938 *Blöchlinger Dr.* In „Aussprache" „Vom Wasser", Bd. 13, Pg. 55—56.

1931 *Brutschy Dr. A.* „Vegetation und das Zooplankton des Hallwilersees."

1924 *Brutschy Dr. A. und Güntert Dr.* „Gutachten über den Rückgang des Fischbestandes im Baldeggersee." Sonderdruck aus: „Archiv für Hydrobiologie", Bd. 14.

1935 *Büren von G.* „Der Gerzensee", eine limnologische Studie. Sonderdruck aus: „Mitt. der Nat. Ges. Bern."

1938 *Czensny Prof. Dr. R.* „Die Oscillatorien-Erkrankung unserer Seen; Biologie und Chemismus einiger Märkischer Seen" in „Vom Wasser", Bd. 13, Pg. 36—37.

1921 *Doljan-Haempel.* „Handbuch der modernen Fischereibetriebslehre."

1917 *Fehlmann Dr. W.* „Die Bedeutung des Sauerstoffes für die aquatile Fauna." Vierteljahresschrift der Schw. Nat. Ges.

1933 *Fehlmann Dr. W.* „Die fischereilichen Interessen und die sich daraus ergebenden Anforderungen in der Schweiz." Nr. 1, 2, 3.

1934 *Findenegg Ingo.* „Beiträge zur Kenntnis des Ossiacher Sees." Sonderdruck: „Carinthia II", Mitteilungen des Vereins naturk. Landesmuseum für Kärnten. 123./124. Jahrg. Klagenfurt.

1934 *Findenegg Ingo.* „Die Entstehung sommerlicher Temperaturinversionen in Ostalpen-Seen." Sonderdruck: „Bioklimatische Blätter", Heft 4.

1934 *Findenegg Ingo.* „Zur Frage der Entstehung pseudotropher Schichtungsverhältnisse in den Seen." Sonderdruck aus: „Archiv für Hydrobiologie."

1935 *Findenegg Ingo.* „Limnologische Untersuchungen im Gebiete der Turracher Höhe." Sonderdruck „Carinthia II", Mitt. d. Vereins naturk. Landesm. f. Kärnten, 123. Jahrg.

1935 *Findenegg Ingo.* „Limnologische Untersuchungen im Kärtner Seegebiete." Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffhaushaltes in Alpenseen. Sonderdr. „Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie", Bd. 32, Heft 6.

1935 *Findenegg Ingo.* „Eine Boden- und Tiefenkarte des Kärntner Weißensees." Separatdr.: „Geopraph. Jahresb. aus Oesterreich", Bd. 18.

1936 *Findenegg Ingo.* „Bedeutung des Klimas für die Entstehung biologischer Seetypen. Sechs Jahre Temperaturlotungen in den Kärntnerseen." Sonderdruck aus: „Bioklimatische Beiblätter", Heft 2.

1936 *Findenegg Ingo.* „Der Weißensee in Kärnten", 4. Sonderheft d. Mitt. d. Ver. naturk. Landesm. Kärnten.

1936 *Findenegg Ingo.* „Ueber den Sauerstoffgehalt tiefer Seen und seine indikatorische Bedeutung für ihren Trophienzustand." Sonderdruck aus: „Archiv für Hydrobiologie", Bd. 30.

1937 *Findenegg Ingo.* „Tiefen- und Bodenkarten des Afritzer- und Brennsees in Kärnten." Sonderdruck: „Mitt. der geogr. Ges.", Bd. 80.

1937 *Findenegg Ingo.* „Holomiktische und meromiktische Seen." Sonderdruck aus: „Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie", Bd. 35.

1939 *Gamma Dr. H.* „Bericht über die makrophysische Uferflora des Baldeggersees."

1923 *Güntert Dr. A.* Siehe Brutschy.

1928 *Helfer Dr. H.* „Ueber die Stellung der Fische im Saprobiensystem." „Kleine Mitt. Bunte Hefte."

1931 *Helfer Dr. H.* „Das Saprobiensystem" in „Kleine Mitteilungen" v. d. Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Luft-Hygiene. Heft 5/8.

1939 *Hofer A., Meggen.* „Brief an Birrer Dr. A."

1939 *Huber-Pestalozzi G.* „Das Phytoplankton des Süßwassers." Pg. 238.

1914 *Kolkwitz R.* „Pflanzenphysiologie."

1918 *Minder Dr. Leo.* „Zur Hydrophysik des Zürich- und Walensees, nebst Beitrag zur Hydrochemie und Hydrobakteriologie des Zürichsees." Sonderdruck: „Bioklimatische Beiblätter", Heft 4.

1934 *Minder Leo.* „Die Sauerstoffverhältnisse des Zürichsees im Wandel der letzten Jahrzehnte." Sonderdruck d. Nat. Ges. Zürich.

1938 *Minder Leo.* „Der Zürichsee als Eutrophierungsphänomen." Sonderdruck aus: „Geologie der Meere und Binnengewässer", Bd. 2, Heft 2.

1909 *Nußbaumer Th.* „Ueber die Verunreinigung von Seen durch Einleitung städtischer Abwässer mit spezieller Berücksichtigung des Zugersees." Diss. an die Univ. Zürich.

1909 *Schweiz. Fischerei-Zeitung.* „Vom Baldeggersee." Pg. 38.

1936 *Schweiz. Fischerei-Zeitung.* „Der Fischbestand des Hallwilersees." Pg. 188.

1917 *Theiler Dr. A.* „Beiträge zur Planktonkunde des Sempachersees und Baldeggersees." Mitt. Nat. Ges. Luzern, Heft 7.

1935 *Thienemann A.* (Plön.) „Lebensgemeinschaft und Lebensraum" in „Unterrichtsblätter für Mathematik u. Naturwissenschaften", Heft 2.

1935 *Thienemann A.* „Die Bedeutung der Limnologie für die Kultur der Gegenwart. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

1939 *Vouga M., Neuenburg.* „Brief an Birrer Dr. A." vom 29. April.

1934 *Waser Prof. Dr. E., Husmann Dr. Ing. und Blöchliger Dr. G.* „Die Glatt", eine systematische Flußuntersuchung. Separatdruck: „Berichte der Schweiz. Botanischen Ges.", Bd. 43, Heft 2.

1937 *Waser Prof. Dr. E., Husmann Dr. Ing. und Blöchliger Dr. G.* „Untersuchungen an der Limmat." Sonderdruck aus: „Vom Wasser", Bd. 12.

1938 *Waser Prof. Dr. E., Husmann Dr. Ing. und Lardy G.* „Die Töß und ihre wichtigsten Nebenflüsse." „Untersuchungen der öffentlichen Gewässer des Kantons Zürich", Bd. 4.

1937 *Winkler Otto.* „Grundsätze für die Schadenberechnung bei fischereischädlichen Einwirkungen und Ereignissen." Schw. F. Zeitung.

Tabellarischer Anhang

Planktonlisten

Netzzug am 11. Mai 1934 aus 60 m Tiefe von der Seemitte. Die Häufigkeitsvermerke haben folgende Bedeutung: d = dominierend; h = häufig; ns = nicht selten; v = vereinzelt.

Phytoplankton		*Zooplankton*	
Peridinium cinctum	v	Colepe hirtus	ns
Ceratium hirundinella	v	Anuraea cochlearis	ns
Dinobryon divergens	ns	Anuraea aculeata	h
Asterionella spec.	v	Polyarthra platyptera	h
Synedra spec.	h	Triarthra longiseta	ns
Fragilaria crotonensis	v	Gastropus stylifer	v
Tabellaria fenestrata	v	Naupliusstadien	ns
Oscillatoria rubescens	d	Diaptomus gracilis	ns
		Cyolops spec.	v
		Bosmina coregoni	ns
		Daphnia longispina	ns

Bestimmungen aus Zentrifugaten von der Oberfläche bis in 60 m Tiefe aus der Seemitte *vom 2. August 1934:*

Phytoplankton		*Zooplankton*	
Peridinium cinctum	v	Vorticella spec.	v
Ceratium hirundinella	h	Difflugia spec.	v
Dinobyron divergens	h	Amoeba div. spec.	ns
Asterionella	v	Anuraea cochlearis	ns
Fragilaria crotonensis	v	Polyarthra platyptera	v
Tabellaria fenestrata	v	Diurella spec.	ns
Oscillatoria rubescens	d	Notholca longispina	v
		Naupliusstadien	h
		Cyclops	ns
		Diaptomus	ns
		Daphnia	v

Bestimmungen aus Zentrifugaten von der Oberfläche bis in 60 m Tiefe aus der Seemitte *vom 20. Oktober 1937:*

Phytoplankton		*Zooplankton*	
Peridinium cinctum	ns	Heliozoa spec.	ns
Ceratium hirundinella	ns	Vorticella spec.	ns
Dinobryon divergens	ns	Coleps hirtus	h
Asterionella	v	Infusorien div. spec.	ns
Fragilaria crotonensis	ns	Anuraea cochlearis	ns
Tabellaria fenestrata	ns	Polyarthra platyptera	v
Oscillatoria rubescens	h	Naupliusstadion	ns
		Cyclope	ns
		Diaptomus	ns
		Bosmina	v
		Daphnia	ns

Bestimmungen aus Zentrifugaten von 0 bis auf 60 m Tiefe *vom 9. März 1939:*

Phytoplankton		*Zooplankton:*	
Dinobryon divergens	v	Heliozoa spec.	ns
Ceratium (leere Gehäuse)	v	Vorticella spec.	v
Asterionella gracillima	h—d	Coleps hirtus	ns
Fragilaria crotonensis	v	Infusorien div. spec.	ns
Tabellaria fenestrata	h	Anuraea cochlearis	v
Synedra spez.	h	Anuraea aculeata	v
Oscillatoria rubescens	d	Polyarthra platyptera	v
		Naupliusstadien	h
		Diaptomus	v
		Cyclops	v
		Bosmina coregoni	v
		Daphnia longispina	v

Bestimmungen aus Zentrifugaten von der Oberfläche bis in 60 m Tiefe aus der Seemitte *vom 21. September 1938:*

Phytoplankton		*Zooplankton*	
Ceratium hirundinella	h	Heliozoa	ns
Dinobryon divergens	h	Anapus ovalis	v
Asterionella spec.	ns	Nauplien	h
Fragilaria crotonensis	v	Cyclops	ns
Tabellaria fenestrata	ns	Diaptomus	ns
Oscillatoria rubescens	d	Bosmina	ns
		Daphnia	v
		Corethralarven	v

Plankton- und Sestonmengen im Verlaufe des Untersuchungsjahres und in verschiedenen Tiefen

Während in vorstehenden tabellarischen Zusammenstellungen das Hauptgewicht auf die Arten gelegt wurde, sollen die nachstehenden Tabellen uns einen Einblick gewähren in die Mengenverhältnisse des Planktons und des Sestons in den verschiedenen Seetiefen zu den verschiedenen Untersuchungszeiten. Unter Seston verstehen wir alles (leblose Partikelchen, Detritus, Organismen), was sich im Wasser vorfindet, das sich beim Zentrifugieren der Wasserprobe im Sedimentiergläschen absetzt. Zum Plankton zählen wir die Algen, Protozoen, Rädertiere und Kleinkrebse. Das Zwergplankton sowie die Bakterien wurden nicht berücksichtigt. Methodisch ist folgendes zu bemerken. Die Sestonmenge wurde bestimmt, indem zwei Liter Seewasser aus der gewünschten Tiefe durch ein feines Seidennetz filtriert wurden. Das Filtrat von ca. 40 cm^3 wurde hernach im Laboratorium in einem in eine feine, tarierte Spitze ausgezogenem Glasröhrchen zentrifugiert und das Sediment abgelesen. Der in zwei Litern gefundene Wert wurde mit 500 multipliziert, so daß sich die Angaben auf die Menge in 1 m^3 beziehen. Die Planktonorganismen (Algen, Rädertiere, Krebschen) wurden in 1 cm^3 Wasser unter dem Mikroskop gezählt, wobei die angegebenen Werte Durchschnitte aus mehreren Zählungen darstellen. Häufigkeitsvermerke, wie d = dominierend, h = häufig, ns = nicht selten, v = vereinzelt, beruhen auf bloßen Schätzungen.

Baldeggersee

Tiefe m	Sestonmenge cm^3/m^3	Planktonorganismen in 1 cm^3	Oscillatoria rubescens	Krebsplankton
25. März 1938, Seemitte:				
0	25	—	d	ns
5	15	—	d	ns
10	20	—	d	ns
20	12,5	—	ns-h	v
30	12,5	—	ns	v
40	10	—	v	o
50	10	—	o	o
60	15	—	o	o
27. Mai 1938, Seemitte:				
0	25	—	d	v
5	40	—	d	h
10	25	—	d	h
20	25	—	d	h
30	25	—	h	ns
40	25	—	ns	ns
50	20	—	ns	ns
60	15	—	ns	v

Tiefe m	Sestonmenge cm^3/m^3	Plankton-organismen in 1 cm^3	Oscillatoria rubescens	Krebsplankton
17. Juni 1938, Seemitte:				
0	30	—	d	v
10	10	—	d	h
30	15	—	ns	ns
50	10	—	o	o
16. August 1938, Seemitte:				
0	19	46	o	v
5	20	112	v	h
10	23	983	d	h
20	8	113	ns	vv
30	8	9	v	vv
40	12	8	o	vv
50	4	6	o	o
60	3,5	3	o	o
Oberes See-Ende:				
Oberfläche	50	—	vv	v
Grund	45	—	h	h
Unteres See-Ende:				
Oberfläche	35	—	o	o
Grund	46	—	h	h
20. September 1938, Seemitte:				
0	15	36	o	v
5	19	116	v	h
7,5	42	2780	d	h
10	13	170	ns	v
20	10	30	v	o
30	7	5	o	o
40	10	0	o	o
50	11	0	o	o
60	15	0	o	o
Oberes See-Ende:				
Oberfläche	17	—	o	v
Grund	32	—	d	h
Unteres See-Ende:				
Oberfläche	20	—	o	v
Grund	23	—	d	h

20. Oktober 1938, Seemitte: Kurze Charakteristik des Planktons:

Tiefe m	Oscillatoria	Krebsplankton
0	h	zh
5	h	h
7,5	sh	sh
10	zh	v

Unterhalb dieser Tiefe ist weder Oscillatoria noch Krebsplankton makroskopisch erkennbar.

16. November 1938, Seemitte:

Tiefe m	Seston cm^3/m^3	Planktonorgan. (Makrosk.) ohne Oscillat.	Oscillatoria rubescens
0	25	o	d
5	45	h	d
10	25	sh	d
20	25	h	d
30	5	o	o
40	5	o	o
50	2,5	o	o
60	2,5	o	o

21. Dezember 1938, Seemitte:

0	10	ns	d
5	15	ns	d
7,5	15	ns	d
10	10	ns	d
20	10	ns	d
30	2,5	o	v
40	2	o	Spur
50	2	o	Spur
60	2	o	Spur

27. Januar 1939, Seemitte:

Tiefe m	Seston cm^3/m^3	Plankton ohne Oscillatoria	Oscillatoria rubescens
0	8	ns	d
5	10	ns	d
10	15	h	d
20	7	ns	d
30	5	v	h
40	2,5	o	vv
50	2,5	o	o
60	1	o	o

9. März 1939, Seemitte:

Tiefe m	Seston cm^3/m^3	Oscillatoria in 1 cm^3	Asterionella in 1 cm^3	Tabellaria in 1 cm^3	Synedra in 1 cm^3	Dinobryon in 1 cm^3	Fragilaria in 1 cm^3	Krebsplankton
0	50	50	140	53	40	13	0	ns
5	33	170	103	43	10	0	0	h
10	33	194	110	48	43	0	0	h
20	30	190	90	40	50	0	0	ns
30	20	160	60	23	20	0	0	ns
40	10	46	0	6	0	0	0	o
50	3	25	0	0	0	0	0	o
60	3	20	0	0	0	0	0	o

Die Zuflüsse des Baldeggersees, ausgenommen die Ron

Vergleiche Fig. I

Die Kontrollen am 23. und am 25. März 1938, nach einer seit dem 15. Februar 1938 andauernden Schönwetterperiode, zeigen folgendes Bild:

1. Kleiner Wiesengraben, nördlich Rohrbach: Der Graben entspringt im Ried, unweit des Sees, Bachsohle sauber, Wasser klar. Temperatur 7,4 Grad C.

   Ephemeriden — Gammarus
   Steinfliegen

2. Rohrbach: Wasser klar, Bachsohle sauber, teilweise verkalkt. Temperatur 5,4 Grad C.

   Ephemeriden — Gammarus ns
   Köcherfliegen h — Fontinalis

3. Oehrisbühlbach: Wasser klar, Bachbett steinig, sauber. Temperatur 5,6 Grad C.

   Ephemeriden — Gammarus h
   Köcherfliegen — Fontinalis
   Steinfliegen h

4. Kleiner Bach zwischen Höhebach und Oehrisbühlbach: Ohne Bedeutung, da ganz geringe Wasserführung.

5. Höhebach: Wasser klar und sauber, Bachsohle verkalkt, rein. Temperatur 7,0 Grad C.

   Fontinalis — Schnecken v
   Gammarus h — Rhyacophila v
   Ephemeriden h — Köcherfliegen v

6. Kleiner Bach, südlich Höhebach: Bächlein mit ganz geringer Wasserführung, ohne größere Bedeutung.

7. Bach nördlich Seewäldli: Wasser klar, Bachbett leicht verkalkt und teilweise verschlammt. Temperatur 7,6 Grad C.

8. Spittlisbach: Wasser leicht trübe, da Trübung anorganisch, vermutlich von einer Kieswäscherei stammend. Bachbett steinig, mit Diatomeenfilzen überzogen, leicht schleimig. Sohle verunreinigt mit Abfällen aus Haus und Gewerbe. Temperatur 7,0 Grad C.

Gammarus sehr h	Planaria gonocephala v
Steinfliegen v	Ephemeriden v

9. Stegbach: Bach mit verhältnismäßig großer Wasserführung, vom See her etwas zurückgestaut, große Kolken bildend. Steinig, in Kolken Schlammansammlungen (kein Faulschlamm), mit häuslichen und gewerblichen Abfällen verunreinigt. Temperatur 8,2 Grad C.

Diatomeenfilze	Steinfliegen ns
Grünalgenpolster	Köcherfliegen ns
Ephemeriden ns	Gammarus ns

10. Bach unterhalb des Institutes Baldegg: Untergrund total verschlammt und verpilzt. Hereinhängendes Geäst und Gras, zusammen mit dem Abwasserpilz dicke Zotten bildend, Faulschlamm in großer Menge. Temperatur 11 Grad C.

Tubificiden	Chironomiden

11. Bach am südlichen See-Ende, zwischen Ron und Nunwil: Riedbach, schlammiger Grund (kein Faulschlamm), Wasser klar. Temperatur 12 Grad C. Seestau am untern Ende.

12. Bach von Kaltweid (Nunwilerbach): Bachbett steinig, Sohle sauber. Temperatur 9,8 Grad C.

Diatomeenfilze	Steinfliegen v
Gammarus h	Ephemeriden v

13. Eigentobelbach: Wasser klar, Sohle sauber. Temperatur 10 Grad C.

Diatomeenrasen	Ephemeriden
Planaria gonocephala	

14. Mühlebach bei Retschwil: Wasser anorganisch getrübt, Steine sauber und blank. Temperatur 8 Grad C.

Ephemeriden h

15. Burgbach: Bachbett steinig, sauber, Wasser klar. Temperatur 9 Grad C.

Diatomeenrasen	Planaria ns
Ephemeriden h	Gammarus ns

16. Schorenbach: Sohle sauber, Wasser klar. Temperatur 9.8 Grad C.

Steine mit Cyanophyceen und Diatomeen

Ephemeriden h	Fontinalis

17. Bach von Herlisberg: Wasser klar, Bachbett steinig, zum Teil mit Kalk inkrustiert. Temperatur 11 Grad C.

Diatomeenfilze	Gammarus
Ephemeriden	Köcherfliegenlarven

18. und 19. Bäche bei Stäfligen: Sauber, klar, ohne weitere Bedeutung.

20. Wag, Seeausfluß, kommt nachstehend!

21. Bach nordwestlich Gelfingen: Geringe Wasserführung, heller Bodengrund, kein Schlammdepot oder Faulschlamm.

22. Bach bei Gelfingen: Wasser klar, Bachbett steinig, Steine leicht schleimig, Sohle verunreinigt mit Abfällen aus Haus und Hof. Temperatur 12,2 Grad C.

Ephemeriden ns	Steinfliegen v
Köcherfliegen v	

Die Ron

Die erste eingehende Kontrolle datiert zurück auf den 11. Mai 1934, zu welcher Zeit das kantonale Laboratorium bereits Untersuchungen in bezug auf Verschmutzung durch die Brennereiabwässer der Mosterei und der Brennerei Ottiger, Niffel, anstellte. An diesem Datum wurde nicht gebrannt, hingegen am *16. November 1935*. Der Abwasserbach vom Niffel her war schwarz anzusehen und sein Geruch war der nach faulenden Trestern.

Auf der Bachsohle lagerte ein schwarzer Schlamm; Gras und hereinhängendes Geäst war mit Sphaerotilus behaftet. An tierischen Organismen im Schlamm konnten einzig Tubificidenlarven und Chironomidenlarven festgestellt werden.

11. Mai 1934

Ron bei der untersten Brücke: Bachsohle verschlammt, und es steigen Gasblasen auf. Das Wasser hat eine gelb-graue Färbung und führt viele Schwebestoffe mit sich. Die mikroskopische Prüfung einer Bodenprobe zeigte folgende Organismen:

Sphaerotilus v
Diatomeen ns (Synedra, Navicula)
Closterium v
Rotifer vulgaris ns
Chironomidenlarven v

2. August 1934

Ron oberhalb Hochdorf bei der Hildisriederbrücke: Hier zeigt sie das Aussehen eines normalen Forellenbaches. Das Gefälle ist ziemlich stark, die Steine auf der Sohle sind sauber und blank. Die Organismenwelt setzt sich wie folgt zusammen:

Fontinalis	Chironomidenlarven (kleine gelbe)
Köcherfliegen	Vereinzelte Infusorien
Steinfliegen	Callidina als einziges Rädertier
Egel	Diatomeen spärlich

Ron nach Einlauf des Moosbrünnelibaches: Der Moosbrünnelibach führte viele Schwebestoffe, Schlachthausabfälle usw. Sein Wasser war trübe. Auf der Sohle lagert ein schwarzer Schlamm, die Ufer sind mit Abwasserpilzen behaftet. Die Ron wird augenfällig durch diesen Abwasserzulauf verschmutzt.

Ron nach Einlauf des Sagenbaches: Der Sagenbach war eine typische Kloake mit schlammigem Untergrund, mit Verpilzung und mit Tubificidenrasen. Der Abwassergeruch des Sagenbaches teilte sich auch der Ron mit, ebenso die Verpilzung. Die Steine sind ganz bedeckt damit. An Organismen stellten wir fest:

Chironomus h	Mollusken v
Rotifer h	Euglena v
Infusorien ns	Sphaerotilus h
Nematoden h	

Ron bei der untersten Brücke: Rückstau durch den See. Steine schleimig, kein Sphaerotilus (mangelnde Strömung), in Kolken Schlammdepots.

Chironomus h	Nematoden ns
Egel h	Infusorien ns
Rotifer v	Diatomeen z. h.

16. November 1935

Ron ca. 200 m unterhalb Einmündung des Niffelbaches: Bei der Einmündung des Niffelbaches nimmt das Ronwasser eine dunklere Farbe an und trübt sich. Der Bachboden ist total mit Sphaerotilus bedeckt. An Organismen stellten wir folgende fest:

Sphaerotiluszotten h	Navicula v
Cymatopleura v	Chironomuslarven v
Oscillatoria limasa v	

Ron bei der Nunwilerbrücke: Freie Wasserflut, voller Pilzflocken, Steine und hereinhängendes Gras verpilzt, Bachbett schlammig, Wasser dunkel, trübe, Geruch nach Brennereiabwasser. Es wurden folgende Organismen festgestellt:

Sphaerotilus h	Nematoden v
Navicula v	Insektenlarven v
Euglena v	

Ron bei der See-Einmündung: Der oben geschilderte Zustand hält bis zur Einmündung in den See an. Im See selber sind keine Pilzbildungen feststellbar. Wir können folgende Organismenliste wiedergeben:

Sphaerotilusfäden v (Seerückstau, nur geringe Wasserbewegung)
Navicula v Infusorien ns
Oscillatoria v Nematoden ns

25. März 1938

Ron bei der Nunwilerbrücke: Das Wasser ist milchig trübe; das Bachbett an Stellen mit etwas stärkerem Gefälle ist steinig, wobei die Steine mit Sphaerotilus behangen sind; ebenso ist hereinhängendes Gras mit Abwasserpilzen behaftet. Vertiefte Stellen im Bachbett, Kolken, sind verschlammt. Die Organismenwelt ist sehr einseitig vertreten, nämlich:

Chironomidenlarven
Sphaerotilus
Tubificiden h
Ephemeriden auf steinigen Stellen sehr vereinzelt

27. Mai 1938

Ron bei der Einmündung in den See: Wasser milchig trübe; Steine, Holz, Zweige, Ufergräser mit Sphaerotilus behaftet.

20. September 1938

Ron bei Nunwilerbrücke: Wasser durch Pilzflocken getrübt. Bachsohle: Steine, Gras mit Abwasserpilzen bekleidet. In vertieften Stellen Schlammdepots.

Ron bei See-Einmündung: Infolge Seerückstau fast stagnierend. Wasser stark trübe, stellenweise Schwimmfladen tragend. Auf der Oberfläche Fett- und Oelspuren.

16. August 1938

Ron bei der untersten Brücke: Das Wasser ist im untern Teil durch den See stark zurückgestaut und trübe. Zur Beobachtung gelangten:

Schwarm Jungfische (Ruchfische)
Insektenlarven
Nematoden
Infusorien

Die Wag (Abfluß des Baldeggersees)

16. August 1938: Starke Wasserführung, freie Wasserflut klar, Flußbett sauber. Ueppiger Pflanzenbestand, ohne nennenswerten Belag.

27. Mai 1938: Freie Wasserflut führt vereinzelte Schwimmfladen, bestehend aus abgestorbenen, aufgerahmten Oscillatorien. Diese Beobachtung konnten wir nur im Oberlauf machen, also in Seenähe.

20. September 1938: Wasserflut klar, Bachbett sauber, an Wasserpflanzen befindet sich Algenbelag.

Chemische Untersuchungen 1938/39

25. März 1938

	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität	Ges. Stickst.	Sauerstoff	Temperatur
Ron, unterste Br.	52,1	1,60	1,5	36,0	—	5,70	—
Oben am See:							
Oberfläche	9,2	0,04	0,4	19,0	—	14,30	—
Grund	8,2	0,04	1,8	19,0	—	9,30	—
Seemitte 0 m	10,1	0,06	0,5	19,0	0,164	14,30	8,8
5 m	10,1	0,04	1,5	19,0	0,378	10,60	5,0
10 m	7,3	0,04	1,8	19,5	0,447	9,10	4,2
20 m	7,3	0,04	2,2	19,5	0,539	8,60	4,0
30 m	7,3	0,04	2,5	19,0	0,608	8,60	4,0
40 m	7,6	0,04	2,2	19,5	0,539	6,40	4,0
50 m	7,6	0,44	1,7	19,5	0,702	1,70	4,2
60 m	9,6	0,70	1,0	19,5	0,804	1,10	4,2
Unten am See:							
Oberfläche	9,5	0,10	0,6	20,0	—	13,80	—
Grund	10,1	0,04	1,6	19,5	—	12,80	—
Aabach	—	0,04	0,5	19,5	—	12,60	nicht meßbar

Sichttiefe: 1,6 m

27. Mai 1938

Ron, unterste Br.	17,4	0,80	6,0	—	—	6,47	—
Oben am See:							
Oberfläche	8,8	0,04	—	—	—	10,75	—
Grund	10,7	0,08	1,5	—	—	9,72	—
Seemitte 0 m	10,4	0,04	—	—	0,033	11,00	16,0
5 m	12,0	0,04	—	—	0,033	11,60	10,4
7,5 m	—	—	—	—	—	—	—
10 m	14,8	0,08	0,7	—	0,227	8,85	6,4
20 m	7,6	0,04	4,0	—	0,953	6,65	5,2
30 m	9,2	0,08	2,0	—	0,526	5,91	4,9
40 m	11,4	0,08	1,8	—	0,480	4,93	—
50 m	10,4	0,08	1,8	—	0,480	3,82	4,3
60 m	9,5	0,20	1,6	—	0,532	3,80	4,3

	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität	Ges. Stickst.	Sauerstoff	Temperatur
Unten am See:							
Oberfläche	9,5	0,03	—	—	—	12,58	—
Grund	16,7	0,06	—	—	—	11,23	—
Aabach	18,0	0,08	—	—	—	9,50	—

Sichttiefe: 1,9 m

17. Juni 1938

Seemitte 0 m	12,6	0,04	—	17,5	0,330	10,60	16,8
10 m	10,4	0,03	0,1	19,0	0,048	7,46	8,2
30 m	8,8	0,10	2,5	20,0	0,657	3,27	4,9
50 m	8,2	0,14	3,0	20,0	0,805	1,13	4,4

Der Chloridgehalt beträgt bei allen Proben 9,0 mg/l

Sichttiefe: 2,5 m

Die Zwischentemperaturen am 17. Juni sind:

5 m	20 m
14,7°	5,6°

Alle chemischen Angaben beziehen sich auf mgl.
Die Fassungsstelle „Seemitte" liegt an der tiefsten Stelle auf der Höhe.
Das Zeichen < bedeutet kleiner als (weniger als).

16. August 1938

Ron, unterste Br.	18,6	0,40	4,0	28,5	—	7,16	—
Oben am See:							
Oberfläche	12,6	< 0,20	—	16,5	—	10,13	—
Grund	13,0	< 0,02	—	27,5	—	9,30	—
Seemitte 0 m	11,1	< 0,02	—	15,0	0,046	10,09	21.4
5 m	13,9	< 0,02	0,2	17,5	—	8,45	20,4
10 m	13,3	< 0,02	—	18,5	—	2,02	9,6
20 m	10,4	< 0,02	1,5	19,0	0,345	2,43	5,5
30 m	8,5	< 0,02	1,5	19,5	0,345	1,21	5,0
40 m	9,2	0,14	1,0	—	0,345	1,20	4,8
50 m	9,5	0,40	0,8	—	0,512	1,01	4,5
60 m	10,7	0,70	0	—	0,574	1,15	4,4

	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität	Ges. Stickst.	Sauerstoff	Temperatur
Unten am See:							
Oberfläche	10,7	< 0,02	0	—	—	9,30	—
Grund	13,3	< 0,02	0	—	—	8,96	—
Aabach	12,0	< 0,02	0	—	—	9,67	

Sichttiefe: 2,7m

20. September 1938

Ron, unterste Br.	58,5	1,40	3,0	—	—	5,52	
Oben am See:							
Oberfläche	11,1	< 0,02	0	—	—	10,32	
Grund	12,6	< 0,02	0	—	—	3,40	
Seemitte 0 m	10,0	< 0,02	0	—	—	8,38	18,2
5 m	10,1	< 0,02	0	—	—	10,67	17,4
10 m	11,0	< 0,02	0	—	—	0,82	8,9
20 m	10,4	< 0,02	2,0	—	0,460	1,61	5,5
30 m	9,5	0,10	1,8	—	0,496	0,27	4,9
40 m	—	—	—	—	—	—	—
50 m	9,8	0,24	—	—	0,197	1,34	4,6
60 m	10,7	0,90	—	—	0,738	1,66	4,5
Unten am See:							
Oberfläche	10,1	< 0,02	0	—	—	10,60	—
Grund	10,7	< 0,02	0	—	—	1,58	—
Aabach	10,1	< 0,02	0	—	—	8,99	

Sichttiefe: 2,7 m

20. Oktober 1938

Seemitte 0 m	10,7	0	0	15,0	0	10,30	15,2
5 m	9,2	0	0	15,0	0	10,30	15,3
7,5 m	9,5	0,02	0	17,5	0,016	1,76	—
10 m	8,5	0,02	0	19,0	0,160	0,55	10,0
20 m	7,6	0,088	3,0	19,0	0,760	1,05	5,5
30 m	8,8	0,22	2,0	19,0	0,640	0,81	—
50 m	9,1	1,10	0	19,5	0,900	0,81	—
60 m	8,8	1,50	0	19,5	1,230	0,81	4,6

Sichttiefe: 2,50 m

16. November 1938

	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität	Ges. Stickst.	Sauerstoff	Temperatur
Seemitte 0 m	9,8	0,04	0	16,5	0,033	9,25	10,0
5 m	11,1	0,04	0	16,5	0,033	8,83	10,0
10 m	8,2	0,04	0	16,5	0,033	2,85	10,0
20 m	9,5	0,10	0	16,0	0,082	9,23	9,4
30 m	8,5	0,32	0,2	19,5	0,538	1,35	5,0
40 m	9,5	0,50	0,5	20,0	0,525	1,31	4,8
50 m	9,8	0,32	1,2	19,0	0,538	1,35	4,7
60 m	10,4	1,50	0	20,0	1,730	0	4,6

Sichttiefe: 2,5 m

---

21. Dezember 1938

Seemitte 0 m	8,8	0,02	0,2	18,5	0,062	7,60	4,8
5 m	9,7	0,02	0,2	18,5	0,062	6,50	5,0
7,5 m	9,1	0,02	0,2	18,5	0,062	6,80	—
10 m	9,5	0,02	0,2	18,5	0,062	6,56	—
20 m	7,9	0,04	0,2	18,5	0,078	7,10	5,0
30 m	7,9	0,32	1,8	20,5	0,676	0,55	—
40 m	7,9	0,60	0	21,0	0,492	0,55	4,8
50 m	8,2	0,76	0	21,0	0,632	0,55	—
60 m	9,1	1,00	0	21,0	0,820	0,27	4,6

Sichttiefe: 3 m

---

27. Januar 1939

Seemitte 0 m	8,4	0	1,0	17,5	0,230	9,50	3,1
5 m	8,1	0	1,0	19,0	0,230	9,30	3,1
10 m	8,1	0	1,0	18,5	0,230	8,30	3,4
20 m	8,1	0,04	1,0	19,0	0,263	7,13	3,6
30 m	8,1	0,14	1,0	19,0	0,346	4,35	4,0
40 m	8,4	0,60	0	19,5	0,492	1,10	4,4
50 m	7,8	0,76	0	19,5	0,623	1,10	4,5
60 m	8,4	0,76	0	19,5	0,623	1,10	4,5

Sichttiefe: 3 m

9. März 1939

	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität	Ges. Stickst.	Sauerstoff	Temperatur
Seemitte 0 m	11,0	0	0,8	18,0	0,184	9,11	4,0
5 m	9,7	0	0,8	19,0	0,184	8,91	—
10 m	9,7	0	0,8	18,5	0,184	9,15	4,0
20 m	9,2	0	0,8	18,5	0,184	9,11	4,0
30 m	8,8	0,06	0,8	19,0	0,233	5,73	—
40 m	9,2	0,36	0,2	19,0	0,341	0,81	4,0
50 m	10,1	0,60	0	20,0	0,492	1,39	4,3
60 m	10,7	1,10	0	20,0	0,902	1,10	4,4

Durchschnittszahlen und Vergleiche mit andern Seen

Untenstehende Zahlen geben jeweils den Durchschnitt aller Werte einer ganzen Profilserie an und geben so einen Maßstab für den Vergleich der Untersuchungsergebnisse zu verschiedener Zeit. Der Durchschnitt dieser Werte wiederum (als Jahresdurchschnitt) gestattet einen brauchbaren Vergleich verschiedener Seen, sofern er mit der nötigen Vorsicht verwendet wird.

Einzelergebnisse

See	Oxydierbarkeit	Freies Ammoniak	Nitrat	Gesamter Mineralstickstoff
Baldeggersee				
25. 3. 38	8,1	0,175	1,7	0,53
27. 5. 38	10,7	0,08	1,5	0,4
17. 6. 38	10,0	0,08	1,4	0,38
16. 8. 38	10,8	0,16	0,6	0,26
20. 9. 38	10,9	0,16	0,5	0,25
20. 10. 38	9,0	0,37	0,6	0,445
16. 11. 38	9,6	0,36	0,9	0,376
21. 12. 38	8,7	0,31	0,3	0,326
27. 1. 39	8,2	0,30	0,6	0,379
Sempachersee				
17. 8. 38	6,8	0,01	0,7	0,16
Vierwaldstättersee				
15. 7. 36	3,8	0,06	0,7	0,21
4. 11. 35	3,8	0,047	1,8	0,45

See	Oxydierbarkeit	Freies Ammoniak	Nitrat	Gesamter Mineralstickstoff
Rotsee				
28. 4. 36	10,5	1,6	3,0	2,00
6. 9. 36	10,3	4,55	2,0	4,19
22. 11. 35	13,9	6,0	0,5	5,03
6. 1. 36	9,4	2,4	2,4	2,55

Sempachersee-Untersuchungen 1938

17. August

Tiefe	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität	Ges. Stickst.	Sauerstoff	Temperatur
0 m	8,8	< 0,01	0	11,0	—	8,67	21,2
5 m	7,3	< 0,01	0	11,5	—	8,97	21,0
10 m	8,8	< 0,01	0,2	13,5	0,046	9,65	12,4
20 m	6,6	< 0,01	0,8	14,0	0,184	8,94	6,4
30 m	6,3	< 0,01	1,0	14,0	0,230	8,79	5,4
40 m	6,0	< 0,01	1,0	14,0	0,230	8,80	5,0
50 m	4,4	< 0,01	1,0	14,0	0,230	8,94	4,9
60 m	6,3	< 0,01	1,0	14,0	0,230	8,67	4,5
80 m	7,0	< 0,01	1,0	14,0	0,230	8,35	4,5

Sichttiefe: 2,7 m

Ergebnisse der Schlammuntersuchungen

(Schlamm von Seegrund in Seemitte)

Trockensubstanz	27,50 %
Wasser	72,50 %
Mineralstoffe	25,99 %
Organische Substanz	1,91 %
Organische Substanz in der Trockensubstanz	6,95 %
Sauerstoffbedarf in 5 Tagen in Milligramm Schlamm auf nassen Schlamm bezogen	1,15

Beschaffenheit: Geruchlos, oberste Kontaktschicht schwarz-braun, grausandig darunter.

Ergebnisse der Schlammuntersuchungen im Baldeggersee

25. März 1938	Oberer Seeteil (5 m tief) %	Seemitte %	Unterer Seeteil (12 m tief) %
Trockensubstanz	41,96	42,14	37,50
Wasser	58,04	57,86	62,50
Mineralstoffe	37,68	23,61	32,63

	Oberer Seeteil (5 m. tief)	Seemitte	Unterer Seeteil (12 m. tief)
	%	%	%
Sauerstoffbedarf in 5 Tagen in mg Schlamm	2,07	2,42	1,28
Organische Substanz in TS.	10,2	18,53	13,0
Beschaffenheit	grau-sandig, viel organ. Detritus und Laub	schwar-grau, ge-ruchlos	grau-blau, oberere Schicht rötlich
16. August 1938	(9 m tief)		(9 m tief)
Trockensubstanz	42,18	26,29	46,23
Wasser	57,82	73,71	53,77
Mineralstoffe	38,47	24,40	43,97
Organische Substanz	3,71	1,89	2,26
Organische Substanz in TS.	8,8	7,19	4,98
Sauerstoffbedarf in 5 Tagen in mg Schlamm	1,71	1,99	0,91
Beschaffenheit	grau-braun, fauliger Geruch	grau-schwarz, geruchlos	hellgrau, sandig, geruchlos
20. September 1938	(7,5 m tief)		(7,5 m tief)
Trockensubstanz	45,91	21,25	38,36
Wasser	54,09	78,75	61,64
Mineralstoffe	40,09	19,52	35,42
Organische Substanz	5,82	1,73	2,94
Organische Substanz in TS.	12,86	8,14	7,66
Sauerstoffbedarf in 5 Tagen in mg Schlamm	1,16	1,9	1,17
Beschaffenheit	sandig, voll-ständig voll Holz und Detritus	schwarz, geruchlos	lehmig, grau

Jahresdurchschnitt im Vergleich zu andern Seen

	Oxydierbarkeit	Ges. Mineralstickstoff
Sempachersee (17. 8. 38)	6,8	0,16 mg
Baldeggersee	10,1	0,36
Vierwaldstättersee	3,8	0,33
Rotsee	13,0	3,44

Untersuchung der Zuflüsses des Baldeggersees

am 23. und 25. März 1938

	Temperatur	Oxydierbarkeit	Fr. Ammoniak	Nitrat	Alkalität
1. Dolenbach	7,4	1,9	< 0,02	5,0	30,0
2. Rohrbach	5,4	4,4	< 0,02	3,0	26,6
3. Oehrisbühlbach	5,6	3,5	< 0,02	4,0	26,0
4. Kl. Bach n. Oehrisbühlbach	7,0	4,1	< 0,02	4,0	
5. Höhebach	7,0	2,8	< 0,02	5,-	,-
6. Kleiner Bach, ohne Bedeutung					
7. Nördlich Seewäldchen	7,6	2,8	< 0,02	6,0	34,5
8. Spittlisbach	7,0	4,7	0,04	4,0	25,0
9. Stegbach	8,2	6,3	0,04	6,0	39,0
10. Kloakenbach von Baldegg	11,2	16,8	9,0	4,0	34,5
11. Hauptgraben zwischen Ron und Nunwil	9,2	10,1	0,26	4,0	27,0
12. Nunwilerbach	9,8	5,0	0,04	4,0	23,5
13. Eigentobelbach	10,0	6,0	0,02	5,0	18,0
14. Mühlebach	8,0	4,1	trübe	5,0	20,0
15. Burgbach	9,0	4,7	0,04	3,0	22,0
16. Schorenbach	9,8	3,5	0,02	3,0	21,0
17. Herlisbergbach	11,0	3,8	0,06	3,0	19,0
18. und 19. Kleine Gräben bei Stäffligen, ohne Bedeutung					
20. Wag					
21. Bach nordwestlich Gelfingen, ohne Bedeutung					
22. Gelfingerbach	12,2	28,4	5,0	1,5	24,0

Der Sauerstoffgehalt folgender größerer Zuflüsse beträgt:

Spittlisbach	11,7 mg/l	Zehrung = 0,3 mg in 24 Stunden
Stegbach	14,1 mg/l	Zehrung = 1,1 mg in 24 Stunden
Baldeggerbach	6,2 mg/l	Zehrung = 100 %
Gelfingerbach	gesättigt	