Die neuere Entwicklung und der derzeitige Stand der schweizerisch-italienischen Grenzgewässer

Autor(en): **Jaag, Otto / Märki, Erwin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **60 (1968)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921097

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

DIE NEUERE ENTWICKLUNG UND DER DERZEITIGE STAND DER SCHWEIZERISCH-ITALIENISCHEN GRENZGEWÄSSER

DK 551.481 : 627.1 (494) + (45)

Prof. Dr. Otto Jaag, Zürich, und Dr. Erwin Märki, Aarau

1. Die Aufgabe und die Art ihrer Erledigung

Beunruhigt über die sich in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts zusehends verschlechternden Fischerei-Erträgnisse im Luganersee wandte sich im Jahr 1945 der damals mit der Oberaufsicht über die Fischerei betraute Oberst Albisetti an den erstgenannten Verfasser dieser Studie mit der Bitte, den Ursachen dieser ungünstigen Entwicklung nachzugehen, um aufgrund einer möglichst eingehenden limnologischen Analyse Hinweise zu erhalten über die erforderlichen Massnahmen, die zu ergreifen wären, um der fortschreitenden Verderbnis der Fischerei wirksam entgegen zu treten.

Insbesondere war es das zu befürchtende Aussterben der «Agoni», einer geschätzten, in früheren Zeiten im See sehr reich vorhandenen Fischart aus der Familie der Heringe, Alosa finta var. lacustris Fatio, aber auch anderer in beträchtlichen Mengen erbeuteter Arten, was den für die Fischerei verantwortlichen Instanzen Sorge bereitete.

Noch waren die Agoni-Sterben, insbesondere diejenigen der Jahre 1889 bis 1894, noch nicht vergessen, und immer mehr befürchteten die zuständigen Kreise aufgrund der zurückgehenden Fangergebnisse einen unaufhaltsamen Zerfall der Fischerei am Luganersee.

Obschon es wegen der beträchtlichen Distanz zwischen Zürich und dem zu untersuchenden grossen und vielgegliederten See, der damals noch mehr als prekären apparativen Ausrüstung der für eine solche grossangelegte Untersuchung in Frage kommenden Fachleute und dazu noch wegen beträchtlicher finanzieller Schwierigkeiten gehörigen Mut brauchte, das Werk in Angriff zu nehmen, entschlossen sich die beiden Autoren, wirksam unterstützt durch ihre damaligen Schüler und Doktoranden, insbesondere Heinz Ambühl, Rudolf Braun, Marianne Pavoni, Walter Rüegg, Peter Zimmermann, Robert Staub, Hans Züllig und andere freiwillige Helfer, zu einer ziemlich ins Detail gehenden Untersuchung, die für eine längere Beobachtungszeit, nötigenfalls für eine mehr oder weniger kontinuierliche Untersuchung der See-Entwicklung geplant und angelegt wurde.

Finanzielle Hilfe war uns während einer ganzen Reihe von Jahren zugesichert durch die Hydrobiologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG), später auch durch die Volkart-Stiftung Winterthur, durch einen Auftrag des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft und schliesslich für die neueste Phase der See-Untersuchung durch die Stiftung der Wirtschaft zur Förderung des Gewässerschutzes in der Schweiz. Während der ganzen Dauer der mit mehreren Unterbrüchen durchgeführten chemisch-physikalischen und biologischen Bearbeitung des Sees erfreuten wir uns der Mitarbeit sowohl des Eidg. Fischereiinspektors A. Matthey-Doret als auch mehrerer Berufsfischereileute am See. Besonderes Interesse bekundete sodann Dipl. Ing. L. Rusca, der rührige Präsident der Associazione ticinese di economia delle acque in Bellinzona.

Ueber den Gang der Untersuchungen und deren Ergebnisse wurde mehrmals, insbesondere im Rahmen des Tessinischen Wasserwirtschaftsverbandes, später auch in demjenigen der Kommission für den Schutz der schweizerisch-italienischen Grenzgewässer, Bericht erstattet. Eine vorläufige Publikation über die wichtigsten damaligen Untersuchungsergebnisse wurde veröffentlicht im August-Heft 1958 von «L'Acquicoltura Ticinese». Der vorliegende Bericht soll wiederum als eine vorläufige Mitteilung über die bisherigen Arbeiten gedacht sein, unter gleichzeitiger Verwendung der Ergebnisse mehrerer weiterer Untersuchungsberichte, die in neuerer Zeit an Zuflüssen des Luganersees und an anderen schweizerisch-italienischen Grenzgewässern durchgeführt wurden, während eine Gesamt-Darstellung über die Luganersee-Untersuchung am Ende einer 25jährigen Aufnahmeperiode, also voraussichtlich im Jahr 1970, erfolgen soll.

Zunächst galt es, Geographie, Ausdehnung, Topographie und Umgebung des Sees zu prüfen, um in diesem kompliziert gestalteten Gewässer die Probenahmestellen zu bestimmen, die Grenzübertritts-Formalitäten, namentlich im Gebiet von Cima-Osteno, festzulegen und alsdann mit der Aufnahme der chemisch-physikalischen und biologischen Verhältnisse des Sees unverzüglich zu beginnen.

War ursprünglich eine enge Zusammenarbeit mit dem von Prof. Dr. Edgardo Baldi geleiteten Istituto Italiano di Idrobiologia in Pallanza geplant und nach einer sinnvollen Verteilung der Probenahmestellen auf eine schweizerische und eine italienische Arbeitsgruppe die Arbeit tatsächlich auch begonnen worden, so musste nach kurzer Dauer auf diese gemeinsame Bearbeitung des Luganersees als schweizerisch-italienisches Grenzgewässer verzichtet werden; zunächst wegen praktisch unüberwindlicher finanzieller Schwierigkeiten, dann aber wegen des unerwarteten, allzufrühen Hinschieds unseres hochgeschätzten Kollegen und Freundes Edgardo Baldi. Dadurch wurde für uns die Aufgabe doppelt umfangreich und schwierig, konnte aber dank der uneingeschränkten Hilfe unserer Mitarbeiter in dem für den Anfang vorgesehenen Umfang programmmässig durchgeführt werden. War einmal ein ziemlich klares Bild über den Zustand des Lago Ceresio gewonnen, so genügte es, in zum Teil stärker auseinanderliegenden Zeitintervallen die weitere Entwicklung zu verfolgen.

2. Der Luganersee

2.1 LAGE, GRÖSSE, GLIEDERUNG, ZUFLÜSSE UND ENTSTEHUNG

Der Luganersee (Lago di Lugano oder Lago Ceresio) liegt zwischen 45° 51' und 46° 02' nördlicher Breite und zwischen 8° 52' und 9° 07' östlicher Länge. Er gehört zu den insubrischen Randseen am Südfuss der Alpen und ist in die Luganeralpen eingebettet. Von diesem italienisch-schweizerischen Grenzgewässer entfallen 63 % der Fläche auf den Kanton Tessin (Schweiz) und 37 % auf Italien, nämlich das nördlich gelegene Porlezza-Becken östlich Oria, die Uferstrecke von Ponte Ceresio bis Ponte Tresa und diejenige vor Campione.

Die Gesamtfläche beträgt 48,9 km². Der See ist an seiner breitesten Stelle 3 km (Lugano—Cavallino), im Mittel sogar nur rund 1 km breit. Die grösste Tiefe erreicht er mit 288 m vor Gandria. Damit liegt der tiefste Punkt des See-

Bodens etwa 17 m unter dem Meeresspiegel. Sein Volumen beträgt rund 6,5 km³ und die mittlere Tiefe 130 m.

Als Talsee zeigt der Luganersee Abschnitte eines ähnlich komplizierten Systems wie der Vierwaldstättersee. Zwei Talsysteme begründen die Hauptformen des reich gegliederten Beckens: Man unterscheidet einen ursprünglich dem Gebiete des Tessingletschers angehörigen «Westflügel», das Tal des Vedeggio (Val d'Agno), und einen «Ostflügel», der zur Eiszeit von einem Arm des Addagletschers durchflossen wurde. Dieser erstreckt sich von Porlezza über Lugano nach der Punta di Pojana und gabelt sich dort in den nach Morcote verlaufenden Westarm und den nach Capolago streichenden Ostarm. (Die italienische Bezeichnung Ceresio lässt sich aus Stagnum quod Ceresium gall. Keresios = der Gehörnte, ableiten.)

Neben dieser Gliederung in einen Ost- und einen Westflügel lassen sich morphologisch noch verschiedene Teilbecken, die voneinander durch sublakustre Dämme abgetrennt sind, erkennen.

Als wichtigste dieser Barrieren ist hier vor allem die Moräne von Melide zu nennen, auf welcher der Damm der Gotthardbahn und -strasse aufgeschüttet ist. Eine zweite kleinere Moräne bildet westlich von Morcote einen unterseeischen Hügelzug, der bis 39 m unter die Wasseroberfläche reicht und sich von Cà Moro nach Arbòstora (San Bartolomeo) hinüberzieht. Die den Lago d'Agno abgrenzende Erhebung (bis 65 m heraufreichend) hat ebenfalls Moränennatur. Beim Lago di Tresa endlich handelt es sich um eine durch das weit vorgeschobene Delta der Magliasina vom Agnosee abgeschnürte Bucht. Durch diese Deltabildung ist der ehemalige Inselberg M. Caslano (Sass'alto) zum Festland geworden.

Aufgrund dieser topographischen Verhältnisse lässt sich der See also in folgende Becken unterteilen:

Das Becken von Porlezza mit einer maximalen Tiefe von 288 m,
die Bucht von Lugano, in südlicher Richtung bis zum Moränendamm von Melide reichend (220 m),
der Arm von Capolago (81 m),
der Arm von Porto Ceresio (51 m),
der Arm von Figino (95 m) und
die beiden abgegliederten Becken des Lago d'Agno (91 m) und des Lago di Tresa (51 m).

Die wichtigsten Zuflüsse münden an folgenden Orten in den See:

Cuccio bei Porlezza
Cassarate bei Lugano
Laveggio bei Capolago
Mara bei Maroggia
Sovaglia und Viganale bei Melano
Molinaria bei Porto Ceresio
Magliasina zwischen Caslano und Magliaso
Vedeggio bei Agno

Der einzige Ausfluss, die Tresa, entwässert in NW Richtung und ergiesst sich in den 75 m tiefer gelegenen Langensee. Das gesamte Einzugsgebiet des Sees ist mit rund 600 km² etwa zwölfmal so gross wie die Seeoberfläche.

Ueber das Alter und die Entstehungsweise der insubrischen Seen sind sich die Geologen nicht einig. Allgemein wird angenommen, dass das Pliocänmeer an den Südfuss der Alpen brandete und die damaligen Alpentäler zu Fjorden wurden. Unbestritten ist auch die nachmalige Hebung des Landes um etwa 300 m, bevor die mächtigen Gletscher der Eiszeiten das Land bis an den nördlichen Rand der Po-Ebene hin unter sich begruben. Erratische Blöcke, zum Teil aus dem Adda-Gebiet, auf dem M. San Salvatore (915 m) und um den M. Generoso in etwa 1000 m Höhe zeugen von der Mächtigkeit der diluvialen Eismassen.

Auf die weit auseinandergehenden Ansichten der Geologen, wie Schmidt (1889), Penck und Brückner (1901 bis 1908), Heim (1919), Früh (1929 bis 1938) und anderer Autoren über die endgültige Ausgestaltung des Ceresio kann aus Raumgründen in der vorliegenden Darstellung der chemisch-physikalischen und biologischen Entwicklung des Sees in jüngster Zeit nicht eingetreten werden.

2.2 DER UMFANG DER AUFNAHMEN

Die Untersuchung des Luganersees erstreckte sich auf mehrere Bereiche:

a) auf die Feststellung der chemisch-physikalischen und biologischen Verhältnisse im offenen Wasser des Seekessels (Pelagial) sowie auf diejenigen in den ufernahen Zonen (Litoral),
b) auf die Erfassung der bakteriologischen Entwicklung,
c) auf das Studium der Sedimente in den verschiedenen Seegebieten.

Fjordartige Landschaft am Ceresio; Blick auf Lugano und S. Salvatore. (Photo Comet)

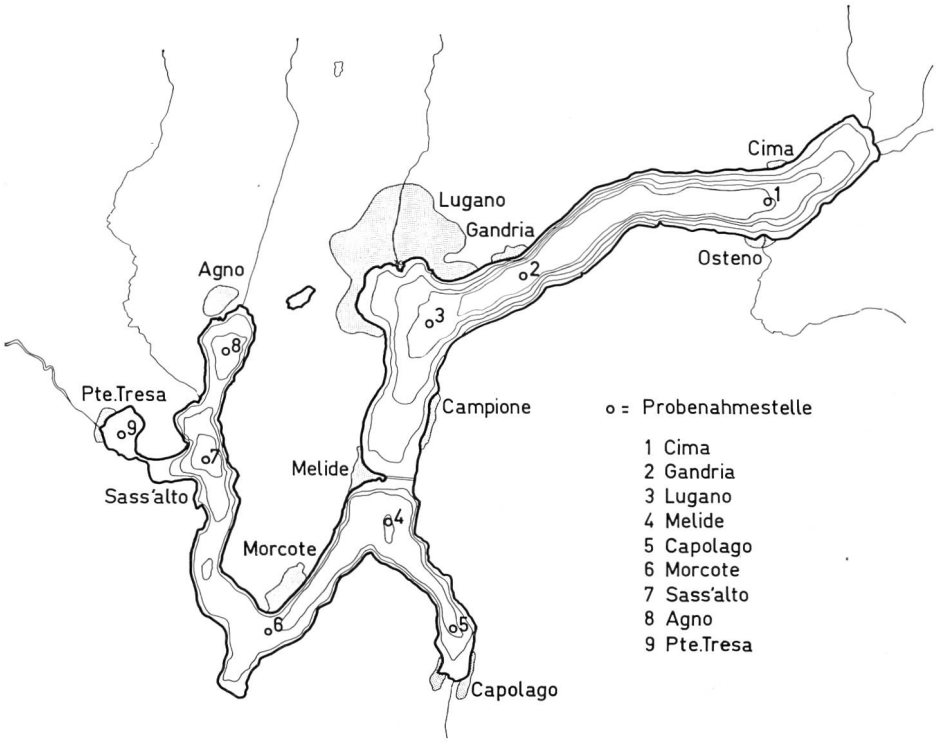

Bild 1
Lageplan des Luganersees.

Zunächst galt es, die chemisch-physikalischen Gegebenheiten in der Folge der Jahreszeiten und im Ablauf der Jahre festzustellen, um über die Entwicklung des Sees ein Bild zu erhalten und den Trend herauszufinden, nach dem die Veränderung der Verhältnisse in Zukunft zu erwarten ist, als Grundlage für die erforderlichen Massnahmen, die zur Gesunderhaltung oder nötigenfalls zur Sanierung des Sees zu ergreifen sind.

Probenahmestellen

Um einen Einblick in die gemäss Umgebung und Topographie vielgestaltigen Verhältnisse des Sees zu gewinnen, wurden für unser Untersuchungsprogramm die folgenden neun Probenahmepunkte festgelegt (siehe auch Bild 1):

1. An der tiefsten Stelle vor Lugano
2. In der Seemitte vor Gandria
3. In der Seemitte zwischen Cima und Osteno
4. Oberhalb des Dammes von Melide
5. In der Seemitte auf der Höhe von Morcote
6. In der Seemitte vor Sass'alto
7. In der Bucht von Capolago
8. In der Bucht von Agno
9. In der Mitte des Beckens von Ponte Tresa

2.3 DIE CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN VERHÄLTNISSE IM OFFENEN WASSER DES SEES

Der Verlauf der Thermik

Zwei hydrologische Merkmale, Durchflutung und Lage des Einzugsgebietes, charakterisieren den Luganersee, indem sie vor allem seine Thermik beeinflussen und den einzelnen Becken ein besonderes Gepräge geben (Gygax und Nydegger 1964). Der Luganersee gehört zu den Seen, deren Wassermassen nur langsam erneuert werden, da einerseits sein Einzugsgebiet im Vergleich zur Oberfläche und Tiefe gering ist, anderseits die Becken morphologisch deutlich voneinander getrennt sind. Trotzdem werden zu gewissen Zeiten Wassermassen des Hauptarmes in die anderen Seeteile transportiert; dies ist der Fall in Perioden starken Niederschlages. Die Zuflüsse des Luganersees stammen nämlich aus eisfreiem Gebiet, so dass die Abflussmenge ausschliesslich mit den Niederschlägen zusammenhängt. Ausserdem ist an Tagen grosser Abflussmengen bzw. starker Niederschläge die Einstrahlung gering (Bewölkung). Diese Beziehung zwischen Niederschlag und Wasserführung oder dem Transport der Wassermassen von einem Becken ins andere spiegelt sich jeweils in den Temperaturkurven der einzelnen Seeteile wider.

Verfolgen wir nun anhand von drei Profilgruppen die wesentlichen thermischen Merkmale des Luganersees:

21. Juli 1946 (Bild 2)

An den meisten Stellen hat sich das Wasser erst bis ca. 5 m Tiefe über 20 °C erwärmt; von 5 m abwärts ist eine mehr oder weniger gleichmässige Abnahme der Temperatur bis zum Wert des Tiefenwassers (ca. 5 °C) zu beobachten. Auffallend ist der ganz andere Temperaturverlauf im Seeteil von Ponte Tresa: Das Epilimnion dehnt sich bis ca. 20 m aus. Diese stärkere Erwärmung hängt mit dem relativ kleinen, flachen und dem Wind exponierten Becken zusammen; ganz besonders aber ist diese ansehnliche Ausdehnung des Epilimnions, wie einleitend erläutert wurde, hydraulisch bedingt, indem durch vorausgegangene starke Niederschläge (vergleiche Tabelle 1, ferner Gygax und Nydegger 1964) die erwärmten Oberflächenschichten des Hauptbeckens (Gandria, Lugano) in das mittlere (Capolago, Morcote, Sass'alto) und vor allem in das Becken von Ponte Tresa transportiert worden sind.

2. November 1946 (Bild 3)

Die Lufttemperatur ist zu dieser Jahreszeit stark gesunken, der See hat schon wieder einen Teil seiner gespeicherten Wärme abgegeben, so dass im Hauptbecken von 0 bis 15 m Tiefe die Temperatur gleichmässig 13 bis 14 °C betrug. An den Stellen Sass'alto und Agno zirkulierte das Wasser bis 10 bzw. 7,5 m, in Ponte Tresa hingegen bis 20 m.

16. Februar 1947 (Bild 4)

Gesamthaft betrachtet befindet sich der See in Homothermie mit einer praktisch völlig ausgeglichenen Temperatur von der Oberfläche bis zum Grunde. Als eher ausserordentlich für den Luganersee ist wohl die inverse Schichtung (mit kälterem über wärmerem Wasser) bei Gandria, Capolago und Sass'alto zu bezeichnen. Solche inverse Schichtungszustände können nicht jedes Jahr und nur in einzel-

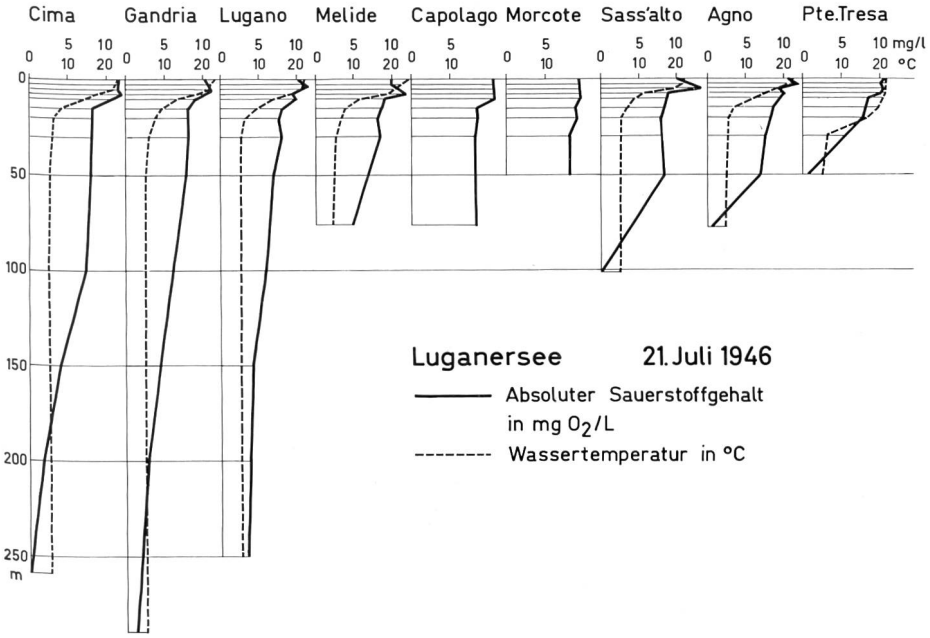

Bild 2

nen Seeteilen beobachtet werden und dürften, wie auch in den übrigen insubrischen Seen, nur kurzfristig auftreten. Das Becken von Ponte Tresa kann bei starker winterlicher Ausstrahlung zufrieren, so dass wir mehrmals vor der Aufnahme zuerst ein Loch in die Eisdecke zu schlagen gezwungen waren.

Wie zu erwarten gewesen war, haben sich die Temperaturverhältnisse im Laufe der 9jährigen Periode 1946—1955 praktisch nicht verändert (Bild 5). So sind in den Vergleichsprofilen aus den Jahren 1946 und 1955 unterhalb der thermischen Sprungschicht sozusagen keine Veränderungen zu beobachten. Auch in der erwärmten Oberflächenschicht und Sprungschicht unterscheiden sich die Temperaturen bis auf diejenigen der Stelle Ponte Tresa recht wenig voneinander. Die Unterschiede können rein zeitlich bedingt sein, das heisst dadurch, dass die Probenahme im Jahre 1955 einen Monat später stattfand als im Jahre 1946. Wahrscheinlich aber kommt darin wiederum ein Zusammenhang zwischen Niederschlagsmenge und Temperaturverlauf zum Ausdruck. Da das Jahr 1955 im Vergleich zum 40jährigen Mittel niederschlagsarm war (Tabelle 1), konnte sich im Hauptbecken

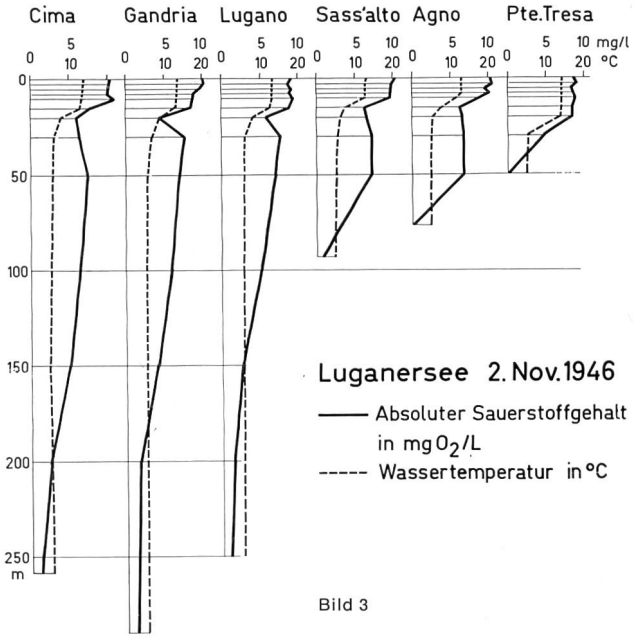

Bild 3

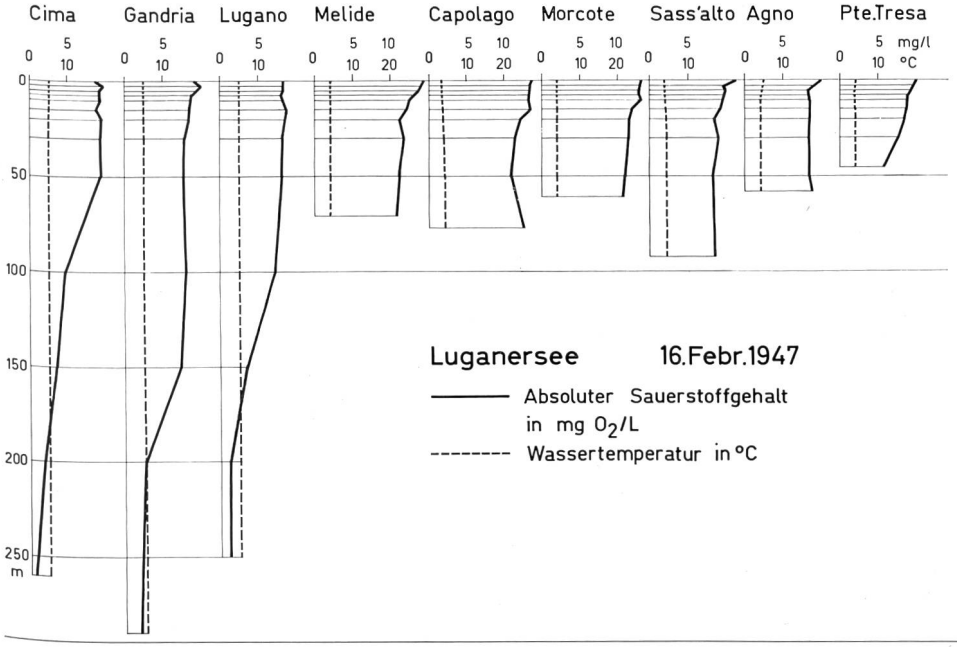

Bild 4

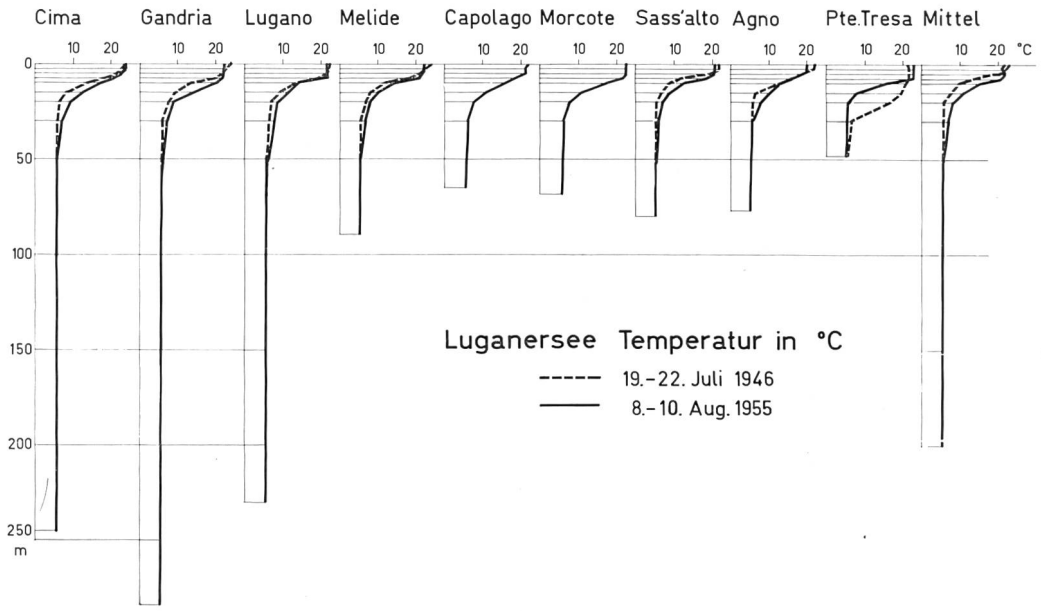

Bild 5

und im mittleren Becken eine grössere Oberflächenschicht erwärmen als im extrem niederschlagsreichen Sommer 1946. Diese Begründung wird durch den Kurvenverlauf bei Ponte Tresa bestätigt. An dieser Stelle war die Temperatur des Epilimnions im Jahre 1955 gegenüber 1946 um fast 2 °C erhöht, dafür wurde das Epilimnion nur halb so mächtig ausgebildet, das heisst es baute sich sozusagen ohne Zufuhr von warmen Wassermassen, nur unter dem Einfluss von Einstrahlung und Wind, auf.

Was die Thermik anbetrifft, können wir den Luganersee zusammenfassend folgendermassen charakterisieren:

Nach Forel (1901) gehört der Luganersee zu den temperierten Seen (regelmässiger Wechsel von Stagnationsperioden mit direkter bzw. inverser Schichtung mit dazwischenliegender Vollzirkulation). Charakteristisch ist der klare Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Ausbildung des Epi- und Metalimnions in den verschiedenen Becken. Da die Niederschläge im Gebiet des Luganersees im Laufe eines Jahres und von Jahr zu Jahr — vor allem von Sommer zu Sommer — sehr stark variieren, ändert sich auch das Bild der Temperaturkurven in den oberen 20 m rasch und zum Teil ausserordentlich stark.

Der Sauerstoffhaushalt

Handelt es sich darum, über den Zustand eines Sees ein generelles Bild zu erhalten, so wendet sich der Limnologe in der Regel zu allererst der Ermittlung der Sauerstoffverhältnisse zu. Der Gehalt an diesem Gas ist bekanntlich von besonderer Bedeutung als Atemgas für Tiere und Pflanzen; er lässt aber überdies weitgehende Rückschlüsse zu über den Haushalt einer ganzen Reihe anderer lebenswichtiger Stoffe, die für das Geschehen im See ausschlaggebend sind.

Unsere erste Voruntersuchung, die erst zwei Profile vor Gandria und Melide umfasste, wurde am 28. April 1946 durchgeführt, also in einer Zeit der beginnenden Sommerstagnation. Natürlich waren wir in hohem Masse überrascht, in der Seemitte vor Gandria nach überstandenem Winter in der Tiefe einen praktisch vollständigen Sauerstoffschwund festzustellen. Das hatte also zu bedeuten, dass die Frühjahrszirkulation, die in gesunden Seen bis zum Grunde vorzudringen pflegt, vor Gandria schon in einer Tiefe von nur rund 100 Metern steckengeblieben war.

Diese Feststellung veranlasste uns, während der weiter fortgeschrittenen Sommerstagnation am 21. Juli desselben Jahres eine über das ganze Seebecken ausgedehnte Aufnahme durchzuführen. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist mit Bezug auf Thermik und Sauerstoffgehalt in Bild 2 wiedergegeben und zeigt, dass zwar in den seichteren Seekesseln vor Capolago und Morcote noch günstige Sauerstoffverhältnisse vorlagen, während vor Sass'alto, in der Bucht von Agno und im Becken von Ponte Tresa im tiefen Wasser der Sauerstoff praktisch völlig aufgezehrt war. Dies war aber auch über der grossen Tiefe vor Cima der Fall, während vor Gandria und Lugano die Sauerstoffverhältnisse über dem Seegrund sich eher etwas günstiger erwiesen, was wir damals der Wirkung des Zuflusses des Cassarate zuschrieben.

Noch ausgeprägter erwiesen sich diese Verhältnisse im Spätherbst 1946. Wie Bild 3 zeigt, war während des Sommers in ca. 5 m Tiefe infolge der Assimilationstätigkeit der planktischen Algen noch ein Maximum an Sauerstoff festzustellen.

Darauf folgt nach der Tiefe, insbesondere im Gebiet der thermischen Sprungschicht (ca. 20 m unter der Oberfläche), das seither in zahlreichen eutrophen Seen festgestellte

ABFLUSSMENGEN DER TRESA
Monatsmittel m^3/s

Tabelle 1

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
19,8	14,2	26,3	24,3	55,1	69,2*	38,2**	20,0	25,6	12,6	8,9	8,7	1946
23,4	16,5	16,4	18,1	15,6	20,9	22,6	17,4	13,5	13,5	17,5	11,4	1955
16,5	14,4	16,9	28,5	38,1	36,4	26,7	20,3	19,5	24,4	35,5	25,1	Mittel 40jähr.

* Ende Juni gab es sogar eine Abflussmenge von 90 m^3/s
** Anfangs Juli max. Abflussmenge von 70 m^3/s

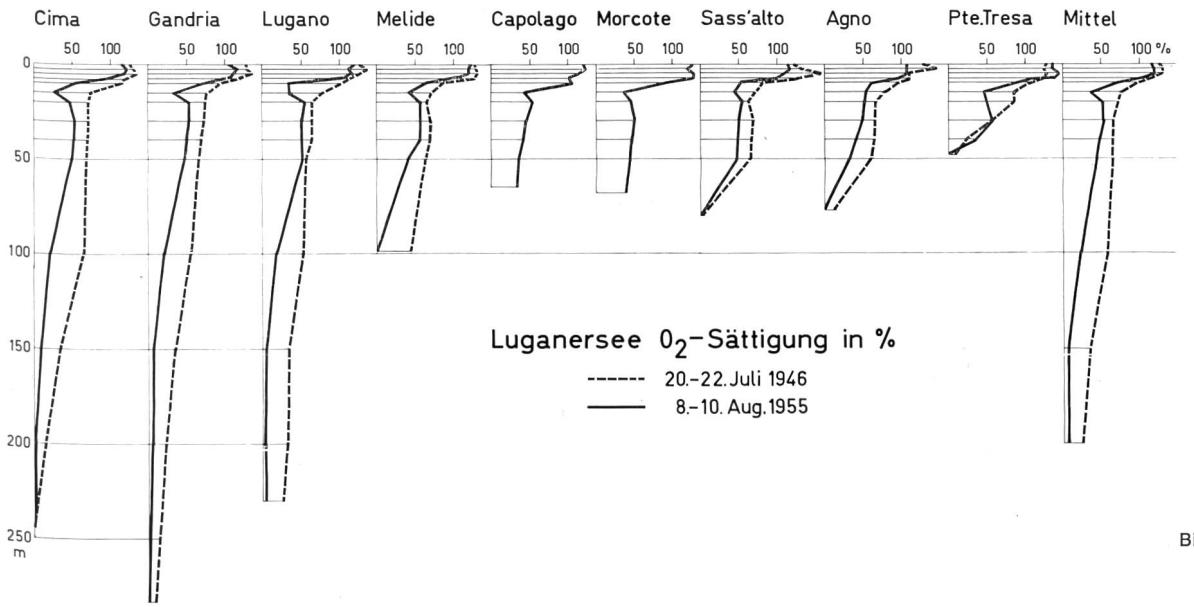

Bild 6

metalimnische Sauerstoffminimum, das auf einen ersten Abbau schon des in kühlere Wasserschichten absinkenden Planktons zurückzuführen ist.

Nun war es interessant festzustellen, welche Veränderungen im Sauerstoffhaushalt während des Winters sich eingestellt hatten. Wie zu erwarten gewesen war, erwiesen sich dank den durch die Abkühlung des Wassers ausgelösten Zirkulationsströmungen sämtliche flacheren Seebecken bis zum Grunde mit reichlich Sauerstoff versorgt, während dagegen über den grössten Tiefen im Lugano-Porlezza-Becken die Zirkulationsströmungen nur Tiefen von 100 bis 150 m erreichten, so dass in noch tieferen Wasserschichten die Sauerstofferneuerung praktisch ausblieb (Bild 4).

Nun war es von besonderem Interesse, die Veränderung im Sauerstoffhaushalt, wie sie sich im Laufe einer 9jährigen Untersuchungsperiode ergeben hatte, für jede der Untersuchungsstellen zu ermitteln. Die Ergebnisse dieses Vergleiches zeigt Bild 6, wo sich in punktierten Kurven die O_2-Sättigung gegen Ende Juli 1946 und in den ausgezogenen Kurven die entsprechenden Werte der gleichen Jahreszeit, aber 9 Jahre später, dargestellt finden. Diese Kurvenbilder zeigen sehr eindrücklich die Verschlechterung, welche der See während dieser Untersuchungsperiode durchmachte. Was zwischen den beiden Kurven aller von uns aufgenommenen Profile eingeschlossen ist, entspricht der Verschlechterung im Sauerstoffhaushalt der betreffenden Probenahmestellen. Ganz besonders deutlich kommt diese Tatsache zum Ausdruck in den tiefen Seebecken und dementsprechend auch in den Kurven der sogenannten gemittelten Werte der einzelnen tiefen Schichten.

In der letzten Untersuchungsserie, die in diesem Bericht verwendet wird, das heisst derjenigen vom 2. bis 5. November 1964, zeigten sich über dem tiefgründigen Seeteil des Lugano-Porlezza-Armes leicht verbesserte O_2-Verhältnisse, was offenbar auf eine tiefergreifende Zirkulation des vorangegangenen Winters und Frühjahres zurückzuführen ist.

In den tiefen Schichten der flacheren See-Gebiete ist eine Besserung kaum festzustellen (Bild 7).

Um ein Bild zu bekommen über die durchschnittlichen Verhältnisse der Sauerstoffversorgung im See, zogen wir das Mittel aus den gemessenen Werten an den neun Untersuchungsstellen in den verschiedenen Tiefen und erhielten für den absoluten Sauerstoffgehalt während der Jahre 1946 bis 1964 die in Bild 8 aufgezeichneten Werte. Unter den in

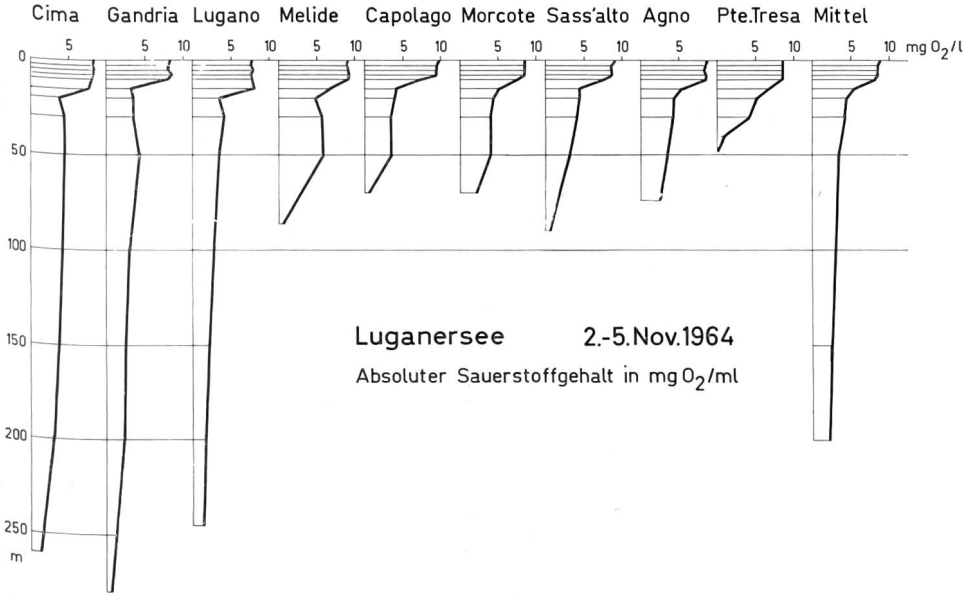

Bild 7

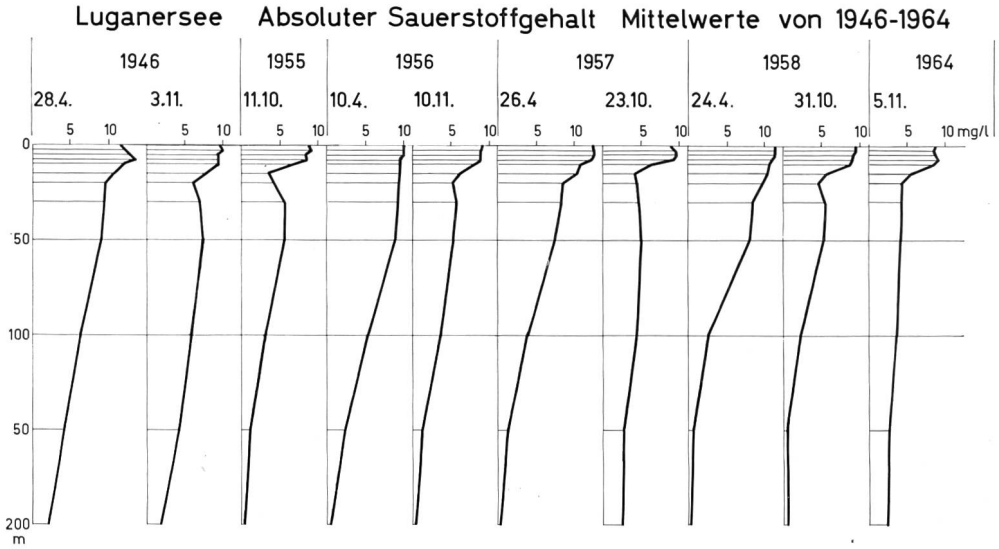

Bild 8

diesem Diagramm berücksichtigten Aufnahmen wurden diejenigen vom Frühjahr, nach überstandener Winter-Stagnation, sowie diejenigen im Sommer, bei einsetzender Herbst-Teilzirkulation, berücksichtigt.

Die Profile zeigen mit aller Deutlichkeit eine mit den Jahren fortschreitende Verminderung im O_2-Gehalt, insbesondere in den Tiefen von ca. 20 bis 100 m unter der Oberfläche.

Die letzte in diesem Bericht berücksichtigte Aufnahme der im See vorliegenden chemischen Verhältnisse vom November 1964 wurde im Zustand der beginnenden Herbstzirkulation aufgenommen. Das metalimnische Sauerstoffminimum, das den Eutrophiegrad des Sees im Laufe der Gesamtuntersuchung sonst charakterisierte, ist bereits etwas verschwommen, und der vorangegangene harte Winter hatte die Zirkulationsströmungen in der Weise begünstigt, dass sie in grössere Tiefen als in den früheren Jahren hinabreichten. Die Verschlechterung, die im Sauerstoffhaushalt während der Periode 1946 bis 1955 festgestellt worden war, ist damit etwas verdeckt. Betrachten wir aber die Mittelwerte der O_2-Profile, wie sie in Bild 9 für die Jahre 1946 bis 1964 dargestellt sind, ergänzt durch weitere Erhebungen zwischen 1956 und 1958, so erkennen wir, dass der schlechte Zustand, wie er sich schon 1946/47 deutlich bemerkbar machte und in der Erhebung von 1955 in aller Schärfe manifest geworden ist, sich bis 1964 zumindest nicht verbessert hat. Die Tatsache, dass der Sauerstoffgehalt im Lauf dieser Zeit in jener Tiefe, in der er (in den tieferen Seebecken) erfahrungsgemäss den von aussen einwirkenden Einflüssen am wenigsten unterliegt, nämlich in rund 50 m, ziemlich stetig abnahm und 1964 einen Minimalwert erreichte, lässt sogar eine deutliche Tendenz zur weiteren Verschlechterung erkennen, zeigt doch der Luganersee am Ende der Sommerstagnationsperiode in 50 m Tiefe als Mittel aus sämtlichen Untersuchungsstellen folgende Sauerstoffgehalte (Bild 9):

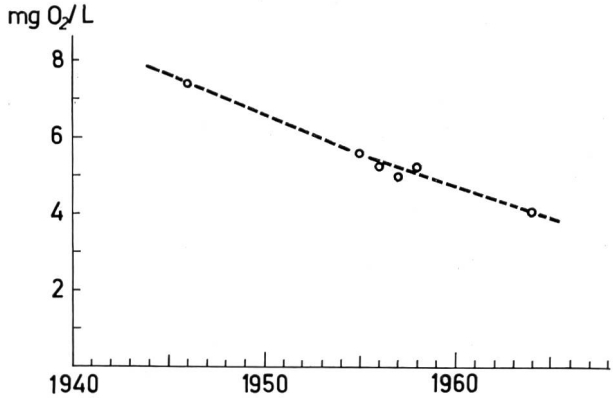

Bild 9 Sauerstoffgehalt im Luganersee.

1946	7,4 mg/l
1955	5,6 mg/l
1956	5,25 mg/l
1957	5,0 mg/l
1958	5,25 mg/l
1964	4,1 mg/l

Phosphor und Stickstoff

Was den Phosphatgehalt anbetrifft, so reichten unsere apparativen Einrichtungen und Methoden in den ersten Untersuchungsjahren nicht aus, um schlüssige Befunde zu ermitteln. Erst in den sechziger Jahren gelang es, mit einwandfreier Methode den Phosphatgehalt genau zu erfassen. So zeigte die jüngste Aufnahme vom 2. bis 5. November 1964 den in Bild 10 festgehaltenen Zustand: Aeusserst geringe Werte in den oberflächlichen, das heisst von pflanzlichen Kleinorganismen reichlich besiedelten Schichten, Minima, die auf die Phosphataufnahme durch das pflanzliche Plankton zurückzuführen waren. In den tieferen Wasserschichten dagegen, im Gebiet der thermischen Sprungschicht und darunter, erreichten die gemessenen Phosphatwerte bis 0,04 mg/l, in den nördlichen Seeteilen bis in die grossen Tiefen reichend. In den flacheren Seebecken, zum Beispiel bei Melide, Capolago, Morcote und Ponte Tresa, stieg über Grund der Phosphatgehalt bis auf 0,15 mg/l, in Lösung gehalten in dem praktisch sauerstofflosen Lebensraum.

Besonders interessant erwies sich der Nitrathaushalt im Vergleich der Jahre 1946 und 1955. Bild 11 zeigt ähnlich wie beim Phosphathaushalt Aufzehrung des Nitrat-Stickstoffs in den obersten Wasserschichten als Folge der Planktontätigkeit, während in den darunter liegenden Schichten, in denen wegen des mangelnden Lichtes das pflanzliche Plankton weitgehend fehlt, das Nitrat erhalten bleibt bis in jene Tiefen, wo infolge Sauerstoffmangels eine Nitratreduktion eintritt.

Im allgemeinen war der Ammoniakgehalt bis in verhältnismässig grosse Tiefen im offenen Wasser äusserst gering, vielfach sogar an der Nachweisbarkeitsgrenze. Dagegen zeigten sich in den flacheren Seeteilen, namentlich über Grund, Werte, die bis gegen 2 mg NH_4-N reichten. In

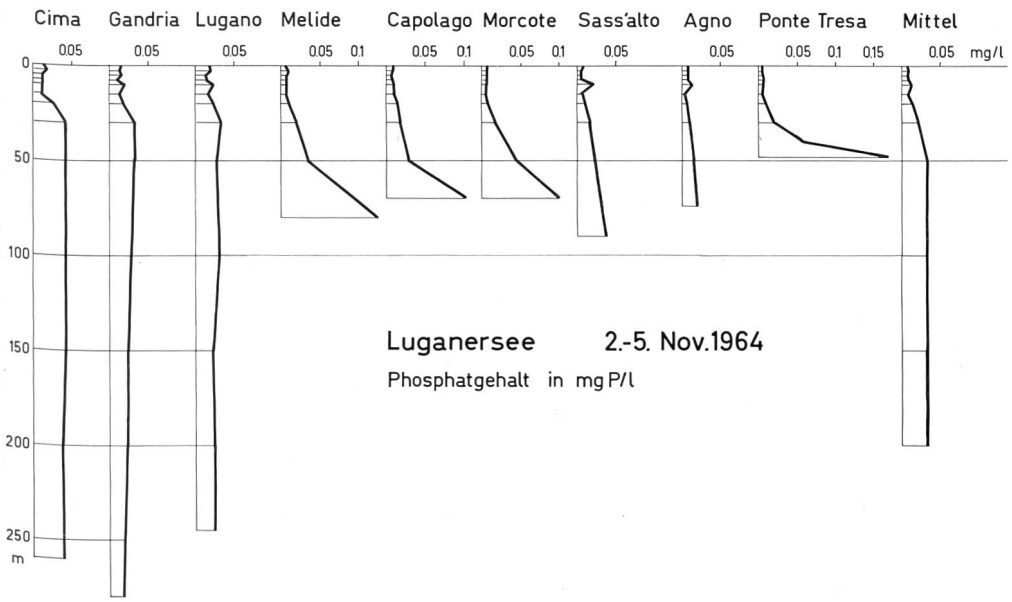

Bild 10

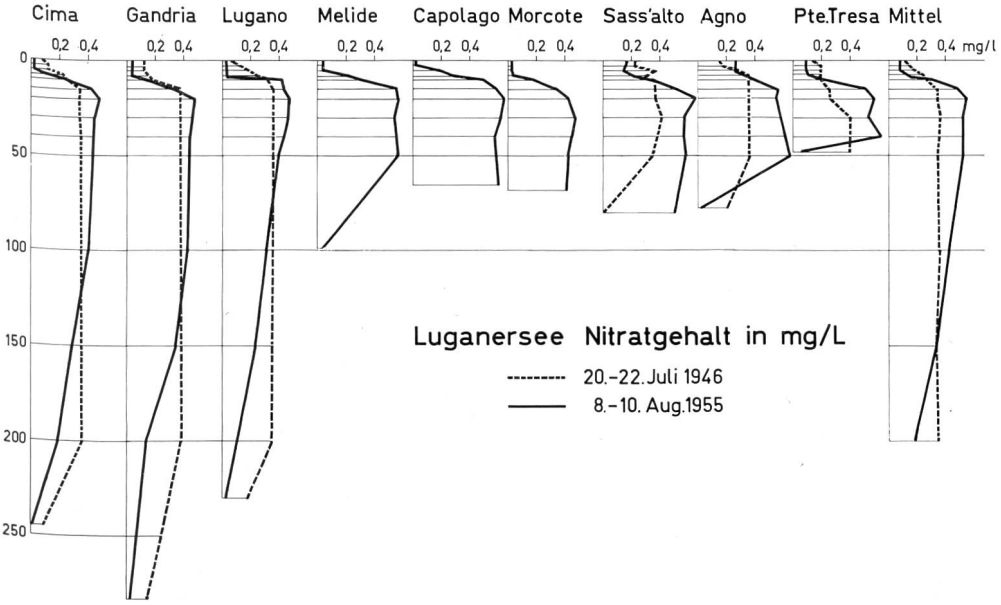

Bild 11

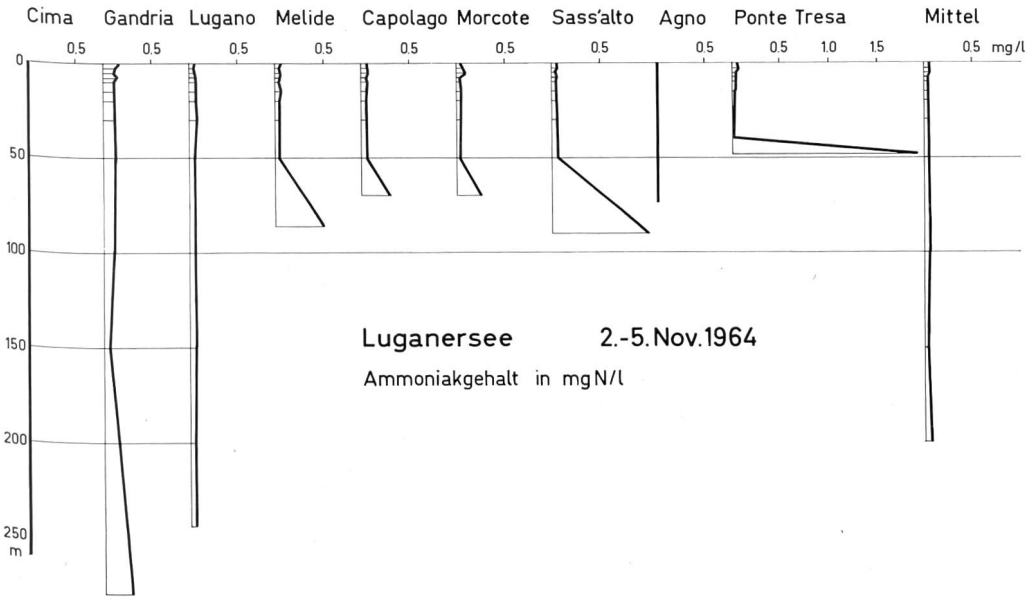

Bild 12

diesen Fällen handelte es sich um sauerstoffarme oder sogar sauerstofffreie Wasserschichten, in denen sich der anaerobe Abbau der abgestorbenen organischen Substanz vollzog (Bild 12).

Weitere gelöste Stoffe

Hinsichtlich der Härteverhältnisse zeigt sich der See als ein Gewässer von mittlerer Karbonathärte. Diese liegt in der kalten Jahreszeit zwischen ca. 10 und 12 französischen Graden. Durch die biogene Entkalkung während der warmen Jahreszeit sinkt dieser Wert um ungefähr einen Viertel ab und führt zu einer deutlichen Schichtung der Härteverhältnisse, indem über Grund Härten bis zu 14 °fr. gemessen wurden.

Die permanente Härte liegt bei höchstens 1 bis 2 °fr., was auf einen Sulfatgehalt von ca. 10 bis 15 mg/l zurückzuführen ist. Chloride wurden mit 2 bis 3 mg/l nachgewiesen.

Die Kieselsäure erweist sich insbesondere in Abhängigkeit von der Entfaltung der Kieselalgen oft deutlich geschichtet mit Werten, die von 0,5 bis 5,0 mg/l liegen.

Eisen und Mangan sind im freien Wasser stets in Spuren nachweisbar; in den tieferen, sauerstoffarmen Wasserschichten dagegen können diese Metallionen Konzentrationen von bis zu 2,4 mg/l (Fe) bzw. bis zu 0,6 mg/l (Mn) erreichen.

Erwartungsgemäss liess sich Schwefelwasserstoff nur in den sauerstofflosen tiefen Schichten nachweisen, erreichte aber dort Werte bis zu 1,8 mg/l, was deutlich zum Ausdruck kam in den schwarzen Faulschlammablagerungen in weiten Seegebieten. Der pH-Wert des Seewassers bewegte sich im leicht alkalischen Bereich zwischen 7,0 bis 8,0.

2.4 DAS PLANKTON DES LUGANERSEES

Was die Entwicklung der Organismengesellschaft des Luganersees anbetrifft, so lassen sich aus den überaus zahlreichen Analysen folgende wesentlichsten Tatsachen festhalten:

Die Erhebungen aus den Jahren 1944 bis 1952 zeigten an allen in der Einleitung dieses Berichtes genannten Stellen artenmässig eine ähnliche Zusammensetzung. Im Winter und Frühjahr dominierten die beiden Kieselalgen Asterionella formosa und Fragilaria crotonensis. Dazu kamen als charakteristische Begleitformen die Grünalgen Closterium aciculare und Sphaerocystis schroeteri und der Panzerflagellat Ceratium hirundinella. In den Sommermonaten entwickelten sich vor allem Fragilaria crotonensis, Ceratium hirundinella, Synedra acus und Synedra ulna, Sphaerocystis schroeteri und Staurastrum gracile. Daneben prägten hauptsächlich Grünalgen, wie Pandorina morum, Oocystis lacustris, Pediastrum boryanum, Cosmarium phaseolus und Closterium aciculare die Planktonbiozönose. Fragilaria crotonensis, Ceratium hirundinella, Synedra acus und häufig auch Pandorina morum blieben bis in die Wintermonate hinein die vorherrschenden Arten. Nur das Bild der Begleitformen wandelte sich, indem neben den verschiedenen oben erwähnten Grünalgen in vermehrter Zahl Blaualgen, hauptsächlich aus der Reihe der chroococcalen Formen, wie zum Beispiel Microcystis flos-aquae, Aphanocapsa delicatissima, Chroococcus minimus und Gomphosphaeria lacustris, ausserdem die fädige Blaualge Anabaena flos-aquae auftraten.

Als besondere Daten seien drei Proben von Lugano hervorgehoben, in denen das Auftreten von Oscillatoria rubescens im Luganersee erstmals genannt wird, nämlich: 26. August 1945, Lugano-Oberfläche: äusserst spärlich vorhanden; 14. Oktober 1945, Lugano-Tiefe: in wenigen Exemplaren vorhanden; 2. August 1948, Lugano-Oberfläche: äusserst spärlich.

Während der Jahre 1953 und 1954 muss Oscillatoria rubescens langsam im See Fuss gefasst haben, wurden doch in Sedimentabsatzproben hin und wieder vereinzelte Oscillatoria rubescens-Fäden gefunden. Von der Stelle Lugano-Paradiso liegen beispielsweise folgende Zahlen aus Oberflächenproben vor:

Datum	Oscillatoria rubescens-Fäden / l	Total Plankton-individuen / l
8. 8. 1954	0	95 000
23. 8. 1954	106	162 000
14. 9. 1954	0	340 000
26. 10. 1954	417	13 500
24. 11. 1954	225	43 500
21. 12. 1954	32	13 100

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Luganersee in der ersten Untersuchungsperiode von 1944 bis 1954 ein Kieselalgenplankton aufwies, begleitet von einer Anzahl Grünalgen, Blaualgen und Panzerflagellaten.

Besondere Beachtung verdienen in diesen Jahren ausserdem die ersten regelmässigen, quantitativ noch unbedeutenden Funde von Oscillatoria rubescens bei Lugano-Paradiso.

Die zweite Untersuchungsperiode von 1955 bis 1958 umfasste ein etwas eingehenderes planktologisches Untersuchungsprogramm, indem nicht mehr allein qualitative Netzzüge, sondern auch quantitative Proben berücksichtigt wurden, so dass ein Bild von der relativen Zusammensetzung der grösseren Planktonformen aufgenommen werden konnte.

Zwei bis viermal jährlich wurden Proben geholt, von 1956 an regelmässig an den bereits erwähnten neun Stellen.

Im Herbst 1955 fanden wir neben den üblichen Diatomeen Fragilaria crotonensis und Asterionella formosa an allen Stellen Oscillatoria rubescens, die sich im Laufe eines einzigen Jahres zur dominierenden Planktonalge entwickelte. Auch in den folgenden Jahren 1957 und 1958 war Oscillatoria rubescens die Alge im Luganersee, dessen Plankton nun stark an das Winterplankton von «Oscillatoria-rubescens-Seen» erinnerte. Freilich nahm die Zahl an Oscillatoria rubescens-Fäden nicht von Jahr zu Jahr gleichmässig zu, sondern die Alge verbreitete sich an allen Stellen gleichsam in Form eines Entwicklungssprunges vom Jahre 1955 auf das Jahr 1956, was aus den durch Auszählung ermittelten Werten des Netzplanktons hervorgeht:

Stelle	Oscillatoriafäden/l in 5 m Tiefe					
	10/55	10/56	4/57	10/57	4/58	10/58
1 Capolago	32	22 400	0	63 800	0	19 200
2 Melide	28	24 400	26 900	43 700	5 600	16 900
3 Morcote	640	49 400	9 200	104 700	16 100	33 500
4 Ponte Tresa	—	3 700	5 700	5 300	—	13 900
5 Sass'alto	320	23 200	0	34 400	0	26 700
6 Agno	150	10 300	0	47 700	0	32 500
7 Gandria	810	31 300	2 600	17 600	9 500	30 900
8 Cima Osteno	300	30 600	0	8 300	0	27 400
9 Lugano	—	9 900	2 300	21 000	3 300	27 300

Durch das Auftreten von Oscillatoria rubescens wurden prozentual die früher dominierenden Kieselalgen stark zurückgedrängt. Aus den quantitativen Zahlen jedoch geht hervor, dass auch die Kieselalgen sich im Laufe der zweiten Untersuchungsperiode, wenn auch eher schwach, im See vermehrt haben. Auf keinen Fall aber sind sie zahlenmässig zurückgegangen.

Aber auch die Grünalgen scheinen sowohl an Arten als auch an Individuen eher etwas zugenommen zu haben. Neu dazu gekommen sind zwei fädige Grünalgen, eine feine Mougeotia sp. und ein Hormidium sp.

Als wesentliches, stark ins Gewicht fallendes, klares Merkmal der Untersuchungsetappen, einerseits von 1944 bis 1954, anderseits von 1955 bis 1958, ist vor allem die sprunghafte Entwicklung von Oscillatoria rubescens an allen Stellen in den Jahren 1955 und 1956 hervorzuheben. Dadurch hatte sich das Herbst- und Winterplankton der Jahre 1956 bis 1958, das in den Jahren 1944 bis 1952 noch ein reines Kieselalgenplankton mit Fragilaria crotonensis und Asterionella formosa darstellte, vollständig geändert. Wie aus den quantitativen Stichproben von 1955 bis 1958 hervorgeht, hat im Vergleich zu den früheren Jahren die gesamte Biomasse zugenommen, nämlich diejenige der Kieselalgen, der sich als neue Massen- und Charakterform des Luganersees Oscillatoria rubescens angefügt und dem See ein neues Gepräge gegeben hat.

Hinsichtlich der Dichte der Planktonorganismen im Epilimnion (produktive Wasserschicht) vermittelt Bild 13 ein anschauliches Bild. In den obersten 20 m zeigt sich das Ausmass der jahreszeitlichen Veränderungen mit minimalen Werten zur Zeit der Wintermonate, während mit der beginnenden und fortschreitenden Erwärmung des Frühjahrs und Sommers die Produktion an Planktonorganismen sich in sehr erheblichem Masse steigert. Das Bild zeigt (vergleiche die Skala der Individuenzahlen) unterschiedliche Werte, die von weniger als tausend bis zu gegen hunderttausend Individuen/l ansteigen.

2.5 ZUFLÜSSE DES LUGANERSEES

Drei grössere Zuflüsse aus dem Norden, der Cassarate aus dem Val di Colla, der Vedeggio aus dem Val d'Isone und dem Monte Ceneri und die Magliasina aus dem Malcantone, einer aus dem Süden, der Laveggio aus dem Mendrisiotto, führen dem Luganersee Wasser aus dem schweizerischen Territorium zu. Dazu gesellen sich eine grössere Anzahl kleiner Bäche, welche die umliegenden Berggebiete entwässern, schliesslich bei Porlezza, Osteno und Porto Ceresio einige wichtigere Zuflüsse aus Italien.

Alle diese Bäche mitsamt dem Abwasser aus zahlreichen Ufergemeinden aus dem Einzugsgebiet des Sees von 615 km² ergeben eine mittlere Jahreswasserführung des Abflusses, der Tresa bei Ponte Tresa, von 25 m³/s. Der Mengenausgleich des 48,9 km² grossen, mehrfach gegliederten und 288 m tiefen Sees führt zu einem stark regulierten Wasserabfluss, der nur eine relativ geringe Schwankungsbreite zwischen minimaler und maximaler Abflussmenge zulässt (14,3 bis 37,6 m³/s).

Nur vom Cassarate liegen im Hydrographischen Jahrbuch Messdaten vor; von den übrigen Zuflüssen, insbesondere vom Vedeggio, sind keine grösseren Mess-Serien bekannt. Wenn der Cassarate im Jahresmittel rund 3 m³/s führt, so dürfte der Vedeggio rund die 3- bis 4fache Menge ableiten.

Die Magliasina sowie der Laveggio liegen wieder eher in der Grössenordnung des Cassarate. Das ziemlich industrialisierte Val d'Agno, das vom Vedeggio durchflossen wird, beherbergt rund 10 000 Einwohner. Im Malcantone

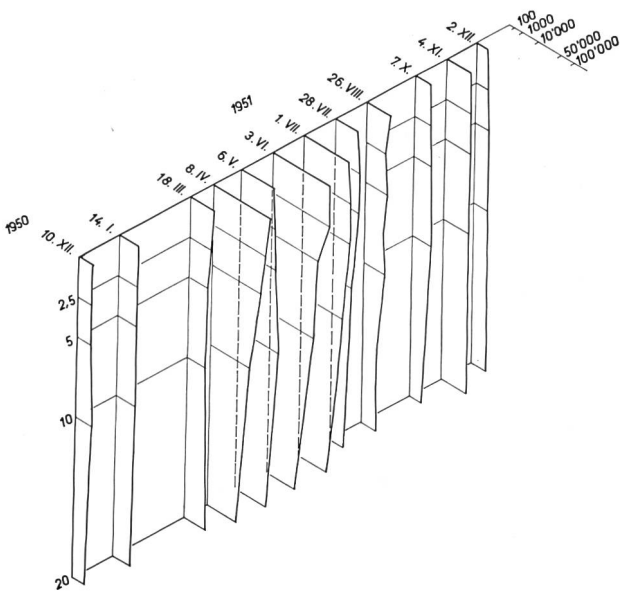

Bild 13 Luganersee, Ponte Tresa. Planktondichte in Anzahl Organismen.

führen rund 2000 Bewohner die Abwasser der Magliasina zu. Der Cassarate mit 1 bis 4 m³/s muss mit den Abfällen von 8000 bis 9000 Einwohnern fertig werden, und schliesslich bewohnen rund 12 000 Personen mit drei grösseren Schlachthöfen das Mendrisiotto im Einzugsgebiet des Laveggio.

Aus diesen Werten lassen sich die spezifischen Abwasserlasten der Zu- und Abflüsse zum Luganersee berechnen:

	m³/s	Einwohner	Approximative spez. Belastung Einwohner/l. s
Cassarate	2,9	8 000	2,7
Vedeggio	10 ca.	10 000	1
Magliasina	2 ca.	2 000	1
Laveggio	1,5 ca.	12 000	8
Tresa	25,2	100 000 ca.	4

Für die Perioden des Niederwassers, die für die Qualitätsbeurteilung entscheidend sind, werden die Belastungen noch wesentlich grösser. Alle Tessinerflüsse streben sowohl einem sommerlichen als auch einem winterlichen Minimalwert zu, der im Cassarate rd. 800 resp. 500 l/s erreicht. Damit steigt auch die spezifische Belastung auf den 4- resp. 5fachen Wert an. Eine Belastung des Wassers von 2 mg/l BSB_5 dürfte noch als tragbar erachtet werden. Diese Menge entspricht einer spezifischen Belastung von rund drei Einwohnern pro Sekundenliter Vorfluterwasser. Aus dieser Uebersicht geht hervor, dass der Laveggio als weit überlastet betrachtet werden muss, gefolgt vom Cassarate und den übrigen beiden wichtigen Zuflüssen.

Laveggio

Die chemisch-biologischen Untersuchungen bestätigen das aus der Besiedlungsstatistik gewonnene Verunreinigungsbild. Während die Belastung des Laveggio vor 20 Jahren noch als mässig bezeichnet werden konnte (BSB_5 1,7 mg/l, $KMnO_4$-Verbrauch 8,8 mg/l und Ammoniak 0,1 mg/l), stiegen die analogen Werte bis zum Jahre 1964 auf 12 bis 30 mg/l BSB_5, 35 bis 60 mg/l $KMnO_4$ und 0,3 bis 2,8 mg/l Ammoniak. Neben den häuslichen Abwässern gelangen grosse Mengen von Abgängen aus Schlachthöfen in das Flüsschen, das jahrelang mit sehr viel Kieswasch-Schlamm (8 cm³/l) noch zusätzlich getrübt und belastet wurde.

Cassarate

Aehnlich, aber im Ausmass weniger ausgeprägt, erging es dem Flüsschen Cassarate. 1949 lagen die kritischen Verschmutzungswerte leicht über der zulässigen Grenze. Knapp zwei Jahrzehnte später ist eine deutliche Verschlechterung der Verhältnisse zu registrieren. Insbesondere liegen die Ammoniakwerte um ein Vielfaches höher als zur Zeit der ersten Kontrolle, und für die organische Verunreinigung registriert man eine Verdoppelung der Werte.

Vedeggio

Der Vedeggio durfte kurz nach dem Krieg noch zu den sauberen, streckenweise aber angeschlagenen Flüsschen gezählt werden. Auch an seinem Wasser ist die zunehmende Belastung nicht spurlos vorübergegangen. Bei Niederwasser dürften die Grenzwerte nahezu erreicht werden, doch schon bei Mittelwasser sind die Verunreinigungen stark verdünnt.

Da die Stadt Lugano plant, die Abwasser-Reinigungs-Anlage (ARA) im Vedeggiotal zu erstellen, so dürften sicher im Unterlauf des Baches einige Komponenten wie die Stickstoffverbindungen und Phosphate eine wesentliche Steigerung erfahren.

Diese Lösung der Abwasserbeseitigung für Lugano kann nur begrüsst werden, wird doch dadurch der grösste Teil des Sees von Nährstoffen entlastet, und lediglich die Bucht von Agno und der Seeteil vor Ponte Tresa werden vermehrt mit Abgängen aus einer biologischen Reinigungsstufe etwas zusätzlich «belastet».

Magliasina

Trotz der relativ geringen Zahl der Einwohner war das Wasser des Flüsschens aus dem Malcantone relativ stark belastet. Die Wassermenge, die dem Luganersee bei Caslano zugeführt wird, fällt in trockenen Jahreszeiten auf einige hundert Liter oder noch weniger zusammen. Ein BSB_5 von 4,5 mg/l zeigt eine organische Belastung, die weit über den Grenzwert für tolerierbare Qualitäten hinausgeht.

Würden in den wichtigsten Gemeinden im Einzugsgebiet Abwasserreinigungsanlagen erstellt, so sollte sich der Zustand der Zuflüsse rasch verbessern.

Tresa

Der Luganersee als riesiges Absetzbecken und als «Belebtschlamm»-Anlage, in dem neben der Sedimentation unzählige Bakterien und Plankter die biochemische Zersetzung der Schmutzstoffe vollziehen, transformiert alle ihm zugeführten Stoffe.

Der relativ hohen Oxydierbarkeit stehen recht geringe Mengen Ammoniak und mit der Methode des biochemischen Sauerstoffbedarfs messbare biochemische abbaubare Stoffe gegenüber.

3. Der Langensee und seine Zuflüsse

Da im vorliegenden Sonderheft des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes vom Kanton Tessin die Rede ist, soll auch der Langensee (Verbano) nicht übergangen werden, trotzdem wir selbst an diesem Gewässer wenige Studien durchgeführt haben. Ueber bedeutsame Untersuchungsergebnisse mehrerer Jahrzehnte verfügt dagegen hinsichtlich der chemisch-physikalischen und biologischen Verhältnisse und über die neuere Entwicklung des Sees das Istituto Italiano di Idrobiologia in Pallanza, das Werk insbesondere von Vittorio † und Livia Tonolli-Pirocchi. Unsere allgemeine Charakterisierung des Sees stützt sich deshalb vor allem auf die Ergebnisse dieses Institutes.

Der Lago Maggiore liegt im Koordinatenkreuz 45° 57' nördlicher Breite und 8° 23' westlicher Länge auf einer Höhe von 193,5 m ü.M. Seine maximale Länge beträgt 66 km, seine grösste Breite 10 km; die Uferlinie misst 170 km. Der Langensee sammelt das Wasser aus einem Einzugsgebiet von 6599 km² und zeigt eine Oberfläche[1] von 212,6 km². Bei einer maximalen Tiefe von 370 m reicht sein Grund um 177 m unter den Meeresspiegel. Sein Volumen umfasst 37,1 Milliarden m³. Rund die Hälfte des Einzugsgebietes, nämlich 3369 km², liegt auf schweizerischem Territorium, aber nur 20 % der Seefläche gehören zum Kanton Tessin. Drei wichtige Zuflüsse, der Ticino mit einem Einzugsgebiet von 1616 km², die Maggia mit einem solchen von 926 km² und die Verzasca mit 237 km² liegen ganz in der Schweiz. Die Tresa mit einem Einzugsgebiet von 754 km², der Abfluss des Luganersees, entwässert auch italienische Gebiete. Als zweitgrösster Fluss entspringt der Toce im Süden des Simplongebietes und führt das Wasser aus 1551 km² Fläche bei Fondo Toce dem Langensee zu. Die mittlere Höhe der Flussregion des Verbano liegt bei 1283 m, reicht aber bis zu 4633 m ü.M.

Das Volumen der obersten 18 m-Schicht des Sees, das Epilimnion, umfasst lediglich einen Zehntel der Gesamtwassermenge. Von den 271 m³/s, die der Ticino bei Sesto Calende aus dem Lago Maggiore abführt, liefern der schweizerische Teil des Ticino 70,5 m³/s, die Maggia 40 m³/s, die Tresa 28,3 m³/s und der Toce 68,2 m³/s; die restlichen ca. 60 m³/s werden von der Verzasca und zahlreichen weiteren Bächen zugeführt.

Im Einzugsgebiet der schweizerischen Zuflüsse leben rund 180 000 Einwohner, in den italienischen Gebieten 350 000 Menschen.

Die Tiefentemperatur im See ab 100 m beträgt jahraus, jahrein 5,8 °C. Da daher stets wärmeres Wasser über dieser Minimaltemperatur geschichtet bleibt, reiht sich der Langensee unter die Gewässer vom sog. subtropischen Typus ein. In den Sommermonaten erreicht das Oberflächenwasser über mehrere Monate hinweg 20 °C und mehr.

In den oberen Schichten ist das Wasser meist mit Sauerstoff gesättigt oder gar leicht übersättigt. Nach der Tiefe jedoch bewirkt die Sauerstoffzehrung, verursacht durch absterbendes Plankton, ein Absinken der Konzentration auf rund 7 mg/l oder nur noch wenig über 60 % des Sättigungswertes. Diese Tatsache bestätigt die heute bestehende Belastung des Seewassers mit Abfallstoffen, die über Zuflüsse und Direkteinleitungen in den See gelangen. Ausserdem führen neben den rund 500 000 Einwohnern im Langensee-Gebiet noch zahlreiche Industrien ihre zum Teil ungereinigten Abwässer dem See zu.

Noch erreichen die Nährstoffkonzentrationen keine bedeutenden Werte (0,325 bis 0,62 mg/l $N—NO'_3$ und 0 bis 30 μgr/l $P—PO_4'''$). Hinsichtlich der Nitrate wird der See zu den mesotrophen, gemäss seinem Phosphorgehalt dagegen zu den oligotrophen Typen gezählt. Diese Stoffe ermöglichen eine recht beträchtliche Planktonproduktion, wie dies aus den Analysen der letzten 20 Jahre immer wieder hervorging.

Bei einer Durchsichtigkeit von 6 bis 8,5 m enthielt das Langensee-Wasser in seinen obersten 15 m zum Beispiel im Herbst 1967 je Liter über eine halbe Million Zellen der

[1] Wegen der beim Langensee auftretenden extremen Wasserstände mit Spiegelschwankungen bis zu 8 m variiert die Seeoberfläche zwischen 208 km² und 254 km² um 25 % (vide Bericht A. Rima, S. 252/7)

Grosszügige Landschaft am Lago Maggiore. (Photo Comet)

Blaualge Oscillatoria rubescens (Burgunderblutalge), die ca. 15 Jahre früher im Luganersee erstmals auftauchte, seither aber eine sehr intensive Vermehrung erfuhr.

Die Fischerei verzeichnete einen Jahresertrag von rund 300 t oder 12,8 kg/ha für das Pelagial (freier See) und 4,3 kg/ha im Litoral (Uferbereich).

Die Qualität des Seewassers ist heute noch so gut, dass es nach Filtration und Entkeimung für die Versorgung der Bevölkerung der gesamten Region mit Trink- und Brauchwasser ohne zusätzliche chemische Behandlung verwendet werden kann. Deshalb muss in erster Linie das Seegebiet von Magadino-Locarno mit allen uns zur Verfügung stehenden Mitteln vor Verunreinigung geschützt werden. Die für Wasserfassungen besonders geeigneten Zonen sollen heute schon ermittelt und die Qualität des Wassers laufend überwacht werden.

Die schweizerischen Zuflüsse des Sees sind in ihrer chemischen Natur durch die unterschiedliche geologische Beschaffenheit des Einzugsgebietes geprägt. Manche von ihnen, wie der Ticino, der aus dem Bedretto stammt, aber auch der Brenno, welcher das Lukmaniergebiet entwässert, sind charakterisiert durch einen recht hohen Gipsgehalt. Die Moesa dagegen bewirkt mit ihrem weichen Wasser bei den vorgenannten Flüssen eine Verminderung des Sulfatgehaltes bis auf rund 100 mg/l. Auch die Maggia und insbesondere die Verzasca führen sehr weiches Wasser.

Ueber die spezifische Belastung (Einwohner pro Sekundenliter Flusswasser) der schweizerischen Zuflüsse zum Langensee gibt die folgende Uebersicht Aufschluss:

	Mittlere Wasserführung m³/s	Bewohner	Spez. Belastung Einwohner/l/s
Ticino bei Piotta	9,38	2 500	0,27
Ticino bei Bellinzona	69,8	50 000	0,72
Brenno	4,31	6 000	1,39
Moesa	21,3	7 500	0,35
Maggia	40	4 500	0,11
Verzasca	10 ca.	2 000	0,20

Die günstigsten Zahlen weisen Maggia und Verzasca auf, während der Brenno bei Niederwasser eben den zulässigen Grenzwert von rund 3 Einwohnern pro Sekundenliter Flusswasser erreicht.

Es ist wahrscheinlich, dass der Bau von Abwasserreinigungsanlagen im gesamten Einzugsgebiet des Langensees noch einige Zeit auf sich warten lassen wird. Von grösster Dringlichkeit ist die Sanierung der am dichtest besiedelten Gebiete in allernächster Zeit, denn damit kann der See schon wirksam entlastet werden. Dies ist deshalb unerlässlich, weil der Langensee in Zukunft als Reservoir von Trink- und Brauchwasser für Leben und Wirtschaft eines weiten Versorgungsgebietes immer grössere Bedeutung erlangen wird.

4. STAUSEEN

Drei Seengruppen im Dreieck Lucendro, Cristallina und Piz Blas beherrschen das Landschaftsbild dieser zentralen Gebirgsgegend der Schweiz, mitten durchflossen vom jungen Ticino. Die 30 Seen lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

Gotthardseen, zu denen der Lago di Lucendro, der Lago della Sella und die Pass-Seen zählen;

Pioraseen, mit dem Kernstück Lago Ritom; ferner Lago Cadagno, Lago Tom, Laghi Taneda, Lago Scuro, Lago dello Stabbio, Lago Lisera, Lago di Dentro und Alpe di Lago.

Campo la Torba im Val Sambuco, aus denen die Maggia entspringt, mit dem grössten See, dem Lago di Naret, den Laghetti und noch einigen weiteren Seelein unbekannten Namens, ferner der Lago Sfundau, Lago Bianco und Lago Nero im Val Bavona.

Die limnologische Erforschung dieser Seen dürfte eine bestechende Aufgabe sein, gepaart mit geologisch-mineralogischen Studien und körperlicher Betätigung in einer grossartigen Landschaft.

Die Hydrographen und die Bauingenieure haben aus dieser Vielfalt der Seen eine Anzahl davon der Wasserkraftnutzung und Elektrizitätswirtschaft zugänglich gemacht. Von den Gotthardseen dienen der Lago di Lucendro (25 Mio m³) und der Lago della Sella (9 Mio m³), im Pioragebiet der Lago Ritom kombiniert mit dem Lago Cadagno und Lago Tom (47 Mio m³) und im Maggia-Oberlauf der künstlich geschaffene Lago Sambuco (63 Mio m³), die Vergrösserung des Naretsees auf 31 Mio m³, der Stausee Cavagnoli mit 28 Mio m³ und schliesslich der im Einzugsgebiet der oberen Rhone geschaffene, in die Nutzung der Maggiakraftwerke einbezogene Speicher Gries mit 15 Mio m³ der Stromerzeugung. Im Verzascatal entstand bei Vogorno ein Stausee für 86 Mio m³ und im Val Luzzone ein solcher von 87 Mio m³ mit Staumauerhöhen von 220 m resp. 208 m.

Vereinzelte limnologische Untersuchungen sind lediglich an den Pioraseen und am Sambucosee durchgeführt worden. Die restlichen harren noch der systematischen Erforschung.

RITOMSEE UND PIORASEEN

Schon vor 40 Jahren war der Ritomsee Ziel der Naturwissenschafter, traf sich doch Jahr für Jahr ein Forschungsteam der Zürcher Hochschule unter der Aegide der Hydrobiologischen Kommission der SNG zur biologischen Bearbeitung der Seen. Diese Forschungsarbeiten wurden dann auch publiziert und stellen die erste Gemeinschaftsarbeit auf diesem Wissensgebiet in der Schweiz dar. Plankton- und Bakterienflora sowie die Makrophyten der Uferregion waren Gegenstand der Untersuchungen, die noch mit recht einfachen apparativen Mitteln durchgeführt wurden.

Vor dem Aufstau verzeichnete der Ritomsee eine mächtige Zone Tiefenwasser, das sehr sulfatreich war und aus den Rauhwackegebieten stammt, die sich am Südrand des Gotthardmassivs vom Bedrettotal bis in die Gegend des Lukmanierpasses hinziehen. Die Anbohrung des Tiefenwassers durch den Bau des Druckstollens des Kraftwerkes der SBB führte zu einer Absenkung der Sulfatwasserzone, die von einer hohen Schwefelwasserstoff-Konzentration begleitet war. Nach dem Aufstau und der regelmässigen Entleerung des Sees über die Druckleitungen zum Kraftwerk Piotta beschränkte sich die Sulfat-Schwefelwasserstoffzone auf die tiefer gelegenen Seepartien, die nicht mehr entleert werden. Sulfatkonzentrationen von rund 2 g/l sind ständig vorhanden. Die Schwefelbakterien, vor allem die Schwefelbakterie Chromatium Okeni (E.) Perty, finden derart gute Entwicklungsbedingungen vor, dass sie sich in Massen an der Grenzzone zwischen sauerstofffreiem sulfat- und sauerstoffhaltigem weichem und spezifisch leichterem Wasser einschichten. Das an dieser Grenzschicht geschöpfte Wasser leuchtet weinrot auf, so dicht sind die Bakterienpopulationen entwickelt.

Der östlich, etwa 80 m höher gelegene Lago Cadagno, mit 20 m Tiefe, wird über eine Heberleitung in den Ritomsee entwässert. Auch dieser See weist in seinem Tiefenwasser hohen Sulfat- und Schwefelwasserstoffgehalt auf, enthält aber Massenentwicklungen des Bakteriums Lamprocystis roseo-persicina Schröter an der Trennschicht der aeroben zur anaeroben Zone.

Die hochgelegenen Seen, wie Lago Scuro und Lago dello Stabbio, die ausserhalb der Alpwiesen in felsige Becken eingebettet liegen, enthalten ausserordentlich klares Wasser mit einem sehr geringen Mineralisationsgrad und sehr hoher Transparenz (> 20 m).

SAMBUCO-STAUSEE

Oberhalb der Steilstufe von Fusio schliesst die 130 m hohe Bogengewichtsmauer auf 1370 m ü.M. den Talkessel von Sambuco ab, und die junge Maggia staut sich hier zu einem See von 63 Mio m³ und 1,112 km² Oberfläche sowie einer Länge von über 3 km. Das Maggiawasser erreicht schliesslich über einige Druckstollen und Kraftstufen den rund 1200 m tiefer gelegenen Verbano (Langensee) bei Brissago.

Ausser etwas Viehhaltung kennt das Einzugsgebiet des Sambuco-Stausees keine Bewirtschaftung.

Obschon die Stauseen im Alpengebiet sich nie so stark erwärmen wie die Mittellandseen, so bilden sie im Sommer doch eine leichte Sprungschicht aus. Das aus dem Kristallin entsprungene Wasser reagiert praktisch neutral bis sehr schwach sauer. Die wenig gelösten Ionen führen zu einer sehr niedrigen elektrischen Leitfähigkeit (40 μ S · cm^{-1}).

Entsprechend gering sind die Härteverhältnisse; mit rund 2 franz. °H reiht sich dieses Wasser zu den weichsten, wie sie in der Natur vorkommen können, ein. Sulfate, Chloride und Phosphate lassen sich nur in der Grössenordnung von Bruchteilen von Milligrammen resp. nur in Spuren nachweisen. Dagegen erreicht die Kieselsäure einen relativ hohen Wert, was an und für sich nicht überrascht, da Kieselsäure den Hauptbestandteil des Kristallins ausmacht. Stickstoffverbindungen erreichen knapp die Nachweisbarkeitsgrenze, und auch der Gehalt an organischen Stoffen bewegt sich im Bereich der unteren Konzentrationen.

Wir treffen an diesem See das seltene Beispiel der indirekten Sauerstoffschichtung im Sommer an, indem an der Seeoberfläche infolge der leicht erhöhten Wassertemperatur eine geringere Sauerstoffspannung herrscht als in den unbelasteten Tiefenwasserzonen. Die eben beschriebene Sauerstoffzonierung trat in früheren Zeiten auch in allen Mittellandseen auf. Erst die systematische Belastung und die damit verbundene Steigerung der Planktonproduktion führt zu einem grösseren Sauerstoffschwund in dem von der sommerlichen Wiederbelüftung ausgeschalteten Hypolimnion.

In diesem saubern Wasser entwickeln sich auch tierische Organismen wie Copepoden und andere Crustaceen; sie dürften sich neben den spärlich vorhandenen Phytoplanktern vorwiegend von Bakterien ernähren.

Die Farbe kann von dunkelgrün bis tiefblau wechseln, und die Transparenz, die im Frühjahr wegen der Gletschertrübe bis auf 6 m absinkt, erreicht im Herbst maximale Werte von über 18 m.

5. Zusammenfassung

Der vorliegende Aufsatz befasst sich mit den Ergebnissen einer rund zwei Jahrzehnte umfassenden Ueberwachung des Luganersees, insbesondere mit Hinsicht auf seine chemisch-physikalischen und biologischen Verhältnisse. Im gleichen Zeitraum wurden unsere Erhebungen auch auf die wichtigsten Zuflüsse ausgedehnt.

In dieser Ueberwachungsperiode konnte eine sehr bedeutende Phase in der Entwicklung des Luganersees erfasst werden. Auffallend ist vor allem die kontinuierliche Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Hypolimnion, und es ist zu erwarten, dass sich diese Erscheinung noch so lange fortsetzen wird, bis eine umfassende Sanierung der Abwässer im Einzugsgebiet erfolgt ist. Die Frage des Aussterbens bestimmter Fischarten, die der Ausgangspunkt für die Untersuchung des Sees gewesen war, kann also eindeutig dahin beantwortet werden, dass die Ursache des Zerfalls der Fischerei in der Verderbnis der Lebensverhältnisse insbesondere im Tiefenwasser des Sees zu suchen ist. Alarmierend ist jedenfalls einerseits das festgestellte metalimnische Sauerstoffminimum von 3—4 mg O_2/l, anderseits der Sauerstoffschwund im Tiefenwasser des Sees, selbst im Bereich der grössten, bis 288 m hinabreichenden Wasserschichten. Die Veränderung der chemischen Verhältnisse ist wenigstens teilweise auf die in den fünfziger Jahren festgestellte massenhafte Entfaltung von Oscillatoria rubescens (Burgunderblutalge) zurückzuführen.

Von den Zuflüssen sind insbesondere der Laveggio und der Cassarate durch Abwässer aus zahlreichen Siedlungen und verschiedenen Industrien in ungünstiger Weise beeinflusst worden. Der Plan, die gereinigten Abwässer der Stadt Lugano über den Vedeggio dem See zuzuführen, kann vom Standpunkt des Limnologen aus als teilweise Entlastung des Sees nur begrüsst werden.

Auch der Langensee reagiert auf die Belastung durch die Zuflüsse durch Sauerstoffreduktionen in der Seetiefe und Umschichtungen im Planktonbestand. Das Auftreten der Burgunderblutalge im Jahre 1967 zeigt eine Entwicklung an, wie sie 15 Jahre früher im Luganersee ihren sichtbaren Anfang nahm. Es wurde im vorliegenden Bericht darauf hingewiesen, dass die im Langensee heute noch vorhandene relativ zufriedenstellende Wasserqualität den zuständigen Behörden die Aufgabe überbindet, durch dringliche Sanierungsmassnahmen dieses Gewässer der Versorgung mit Trink- und Brauchwasser auf lange Zeiträume hinaus zu erhalten.

Entsprechend ihrer Lage oberhalb der bewohnten Gebiete weisen die Stauseen im Einzugsgebiet des Langensees eine gute Wasserqualität auf. Besondere biologische Verhältnisse liegen im Ritomsee und in den übrigen Gewässern des Val Piora vor wegen ihres Gehaltes an gelöstem Gips, was vor allem in der Kontaktzone von Sauerstoff und Schwefelwasserstoff einer interessanten Vegetation von Schwefelbakterien die Existenz ermöglicht, eine Erscheinung, die namentlich in früheren Jahrzehnten Gegenstand eingehender Untersuchungen war. Alle Stauseen entwickeln ein Plankton, das sich aber den chemisch-physikalischen Bedingungen entsprechend nach Menge und Zusammensetzung von demjenigen der untersuchten Tieflandseen weitgehend unterscheidet.

LITERATURVERZEICHNIS

Forel, F. A., Handbuch der Seenkunde, Stuttgart 1901.
Früh, J., Geographie der Schweiz, St. Gallen 1929—1938
Gygax, F. und P. Nydegger, Contributo alle indagini sulle attuali condizioni del Ceresio, Bellinzona 1964, 36 S.
Heim, A., Geologie der Schweiz, Leipzig 1919, 2 Bände.
Jaag, O., Lo stato fisico, chimico e biologico attuale del Lago di Lugano. L'Acquicoltura Ticinese, Heft 8 (1958).
Penck, A., und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1901—1908, 3 Bände.
Rima, A., Sul problema della protezione contro l'inquinamento delle acque nel Ticino. Rivista Tecnica della Svizzera italiana 11 (1963).
Schmidt, C., Geologische Mitteilungen aus der Umgebung von Lugano. Eclogae geologicae Helvetiae II (1889).
Tonolli, L., Case Study on Lago Maggiore, Symposium on Large Lakes and Impoundments, Uppsala 1968, 13 S.

DIE SCHIFFAHRTSVERBINDUNG ADRIA—LANGENSEE

Dr. Argante Righetti, Vorsteher des Baudepartements des Kantons Tessin

DK 656.62 (45)

In seinem Bericht an die Bundesversammlung vom 11. Mai 1965 hat sich der Bundesrat über die Möglichkeit, in unserem Lande und wenigstens auf lange Sicht hinaus neue Wasserwege zu eröffnen, negativ geäussert.

Im Herbst 1965 hatte die Kommission des Ständerates angefangen, das Problem zu besprechen, doch ist die Diskussion eingestellt worden, nachdem einige Mitglieder lebhaft Meinungen vertreten hatten, die im Widerspruch zur Stellungnahme des Bundesrates standen. Die Kommission hat die Behörde um einen zusätzlichen Bericht gebeten. Dieser Bericht liegt noch nicht vor, und die weitere Beratung in der ständerätlichen Kommission wird einstweilen nicht fortgesetzt werden können, da das Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement die Zusicherung gegeben hat, nach dem zusätzlichen Bericht ein Vernehmlassungsverfahren der Kantone einzuleiten.

Wegen der unverständlich pessimistischen Einstellung des Bundesrates zum Problem des Verkehrs und zu dessen Entwicklung konnte die projektierte Wasserstrasse Adria — Langensee nicht gut abschneiden. Der Bericht vom 11. Mai 1965 beurteilt diesen Wasserweg negativ. Im Kapitel «Gesamtbeurteilung und Schlussfolgerungen» wird insbesondere gesagt, die Schiffahrtsverbindung Adria — Langensee werde keine erheblichen Einsparungen auf die Transportkosten bringen; durch den projektierten Wasserweg würden keine nennenswerten Aenderungen bei unserem Transportsystem entstehen; hinsichtlich der wirtschaftlichen Entwicklung des Einzugsgebietes hätten die durchgeführten Untersuchungen zu keinen positiven Ergebnissen geführt; der projektierte neue Zugang zum Meer sei heute nicht zu verantworten, da die Aufwendungen zur Verwirklichung einer solchen Verbindung in keinem vernünftigen Verhältnis zu den möglichen Vorteilen stünden.

Gegen diese Schlussfolgerungen hat sich der Regierungsrat des Kantons Tessin durch die Vernehmlassungen vom 22. Juni und 12. August 1965, die sich auch auf frühere Vorlagen zugunsten des Wasserweges Adria — Langensee beziehen, entschieden gewehrt. Die kantonalen Behörden sind fest entschlossen, auf ihrer These zu bestehen. Hier seien die Grundzüge nochmals erwähnt und zusammengefasst.

Eine schweizerisch-italienische Kommission hat sich kurz nach dem Zweiten Weltkrieg mit dem Ausbau einer Wasserstrasse Adria — Langensee befasst. Die technischen Daten darüber sind im Bericht des Bundesrates enthalten. Die gesamte Länge eines Schiffsweges Venedig — Locarno würde ungefähr 500 km betragen. Die erste Strecke zwischen Venedig und Cremona misst 300 km; sie ist heute schon erschlossen, nachdem man die Fahrrinne im Po festgelegt und gesichert hat. Die zweite Strecke zwischen