

Das Walenseeli, ein mit dem Zürichsee verbundener Kleinsee bei Bäch (Kanton Schwyz)¹

Ferdinand Schanz und Eugen A. Thomas, Universität Zürich

Das Walenseeli ist eine Glazialbildung mit einem 14,3 Meter tiefen Westteil und einem seichten Ostteil. Es ist durch eine 3 Meter tiefe und fast 50 Meter breite Rinne mit dem Zürichsee verbunden.

Wegen der geringen Oberfläche (0,104 km²) und der windgeschützten Lage erwärmt sich das Oberflächenwasser nach der Vollzirkulation rascher als im angrenzenden Zürichsee, und es kann früher eine stabile Schichtung beobachtet werden. Die jahreszeitlichen Veränderungen von Sauerstoff-, Nitrat- und Phosphat-Gehalt im Oberflächenwasser zeigen deutlich, dass die Planktonentwicklung im Walenseeli im Frühjahr wesentlich intensiver verläuft als im Zürichsee. Der höhere Trophiegrad des Walenseelis geht auch aus der Sauerstoffentwicklung im Tiefenwasser hervor: Das Hypolimnion ist am Ende der Stagnationsperiode vollständig sauerstofffrei. Dagegen findet man im Zürichsee während des ganzen Jahres – auch über dem Sediment – noch grössere Mengen an Sauerstoff. Als Folge davon ist hier das Sediment hellgrau, im Walenseeli jedoch schwarzgrau.

Eine Beeinflussung des Walenseelis durch den Zürichsee ist nicht nachweisbar. Offensichtlich handelt es sich um einen vom Zürichsee unabhängigen See.

The Walenseeli, a small lake near Bäch (Canton Schwyz) connected with Lake Zurich

The Walenseeli is a small lake of glacial origin, connected by a channel 3 m deep and 50 m broad to the Lake Zurich. The western part of the lake is 14.3 m deep, whereas the eastern part is shallow.

As a result of the lake's small surface area (0.104 km²) and of the fact that it is protected from wind by surrounding hills, the surface water warms up faster, and thus a stable stratification is observed to form earlier, than in the adjoining Lake Zurich. The seasonal variations in oxygen, nitrate and phosphate concentrations in the surface water clearly show that the spring plankton bloom develops significantly more intensely in the Walenseeli than in the Lake Zurich. Hypolimnetic oxygen conditions also point to the Walenseeli being more highly eutrophic than the Lake Zurich: the hypolimnion of the Walenseeli is completely anaerobic at the end of the summer stagnation period, in contrast to the Lake Zurich, where even directly over the sediments high oxygen concentrations are found during the whole year. As a result of this, the sediments of the Lake Zurich are light grey in colour, whereas those of the Walenseeli are grey-black.

No evidence of any influence of Lake Zurich on the Walenseeli can be found. The Walenseeli can thus apparently be considered as a lake in its own right, independent of the Lake Zurich.

¹ Die Eigentümerin, Frau Dr. H. Tank-Gassmann, regte die vorliegende Untersuchung an und übernahm einen Teil der Untersuchungskosten, wofür ihr bestens gedankt sei. Ernst Schanz, Robert Sigrist und Rolf Huber arbeiteten am Projekt mit. David Livingstone, B.Sc., M.S. korrigierte die englische Zusammenfassung. Die Bootswerft E. Gassmann stellte uns für Probenahmen unentgeltlich ein Boot zur Verfügung. Ausserdem wurde die Arbeit durch den Schweizerischen Nationalfonds gefördert (Gesuch Nr. 3.760-1.80).

1 Einleitung und Problemstellung

Vom Walenseeli liegen kaum limnologische Untersuchungen vor. Ein Grund dafür mag die Tatsache sein, dass das Gewässer seit langer Zeit in Privatbesitz ist (U. Kurmann 1980). Während das Walenseeli noch vor wenigen Jahren die Abwässer aus zahlreichen Häusern aufnehmen musste, ist es heute von Abwasserzuleitungen weitgehend befreit. Es ist jedoch nicht genau bekannt, wieviel nährstoffreiches Wasser – vor allem bei Regenfällen – immer noch ins Seeli gelangt.

Das Ziel unserer Untersuchungen war, den hydrobiologischen Zustand des Walenseelis zu beurteilen. In diesem Zusammenhang interessierte die Frage, inwieweit die physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge von denjenigen des Zürichsees abweichen. Ausserdem wollten wir wissen, ob das Walenseeli – trotz der Verbindung zum Zürichsee – als selbständiges Gewässer betrachtet werden kann.

Vergleichbare Untersuchungen, wie in dieser Arbeit dargelegt, wurden selten durchgeführt. Meist stammen sie von grösseren Buchten, die gegen einen See hin mehr oder weniger offen sind: Bucht von Pallanza im Lago Maggiore (R. A. Vollenweider 1959); Horwer Bucht im Vierwaldstättersee (J. Bloesch 1974); Green Bay im Lake Michigan (R. E. Holland and L. W. Claflin 1975).

2 Lage und Entstehung, Morphologie, Probenahmestellen

2.1 Lage und Entstehung

Das Walenseeli liegt am oberen Zürichsee bei Bäch im Kanton Schwyz (Bild 1, oben links). Nach R. Hantke (1967) finden wir seeseits vom Gletscher überfahrene würmeiszeitliche Schotter und bergseits einen Hügel aus Oberer Meeresmolasse. Das Sediment des Walenseelis besteht aus Sand, Silt, Lehm oder kreidigen Lagern (K. Schindler 1976). Nach den in der oben zitierten Literatur gefundenen Angaben ist das Walenseeli nicht tektonischen Ursprungs, sondern eine Glazialbildung.

2.2 Morphologie

Bild 1, das auf eigenen Auslotungen beruht, lässt zwei bezüglich Morphologie unterschiedliche Regionen erkennen:

a) Ein Becken, dessen tiefste Stelle 14,3 Meter beträgt und das 3 steile Seiten aufweist (Nord, West, Süd).

b) Der flache Übergang zum Zürichsee im Osten besitzt eine künstlich vertiefte Rinne von 3,3 Meter. Das Gebiet befand sich im ehemaligen Schwankungsbereich des Seespiegels. Es lag vor der Regulierung des Zürichsees während der Wintermonate vollständig trocken, so dass das Walenseeli vom Zürichsee getrennt war. Im Frühjahr und Sommer überflutete das Wasser die

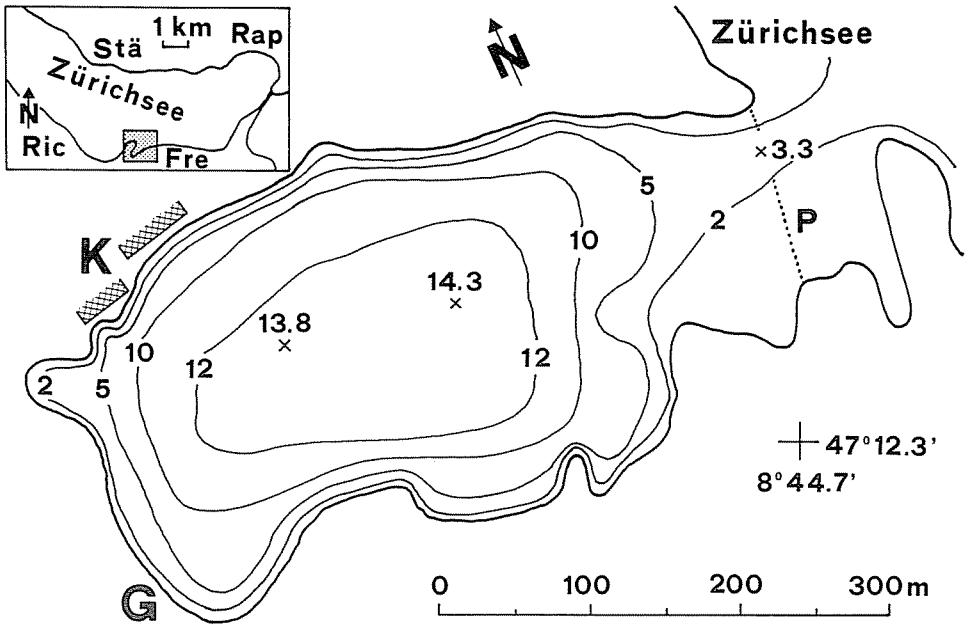


Bild 1: Lage des Walenseelis (oben links) und Tiefenkarte. Ric = Richterswil; Fre = Freienbach; Stä = Stäfa; Rap = Rapperswil; K = Fabrikgebäude der Kibag; G = Bootswerft Gassmann; P = Palisade.

Fig. 1: Location (upper left) and depth chart of the Walenseeli. K = Kibag factory; G = Gassmann shipyard; P = palisade.

Schwelle. Dies erklärt die unterschiedliche Darstellung des Walenseelis auf den Karten von Konrad Gyger aus dem Jahr 1659 (Wädenswiler Quartierkarte), die das Walenseeli mit dem Zürichsee verbunden zeigt, und derjenigen aus 1667 (Karte des Kantons Zürich) mit zwei deutlich getrennten Seen.

Das Walenseeli besitzt keine grösseren Zuflüsse; mengenmässig dürfte das von den umliegenden Häusern, Strassen und Plätzen bei Regen- und Tauwetter abfliessende Wasser am wichtigsten sein.

2.3 Probenahmestellen

Die Proben entnehmen wir etwa 150 Meter südöstlich der Einfahrt zum Werftgebäude der Firma Kibag (Bild 1, etwa über Punkt 13.8; Landeskarte der Schweiz, Blatt 1132, Einsiedeln, Koordinaten 229 175/698 550). Die Stelle im Zürichsee befindet sich zwischen der Ufenau und der Halbinsel Bächau auf der Höhe der östlichen Begrenzung des Bächerwaldes (Koordinaten 229 900/699 400).

3 Material und Methoden

Temperaturmessungen: Elektrisches Fernthermometer TTM der Firma Zülig (Rheineck, Schweiz). Einzelne Messungen führten wir mit einem geeichten Kippthermometer durch.

Sauerstoff: Gerät Oxi 57 mit Sensor EO 166 der Firma WTW (Weilheim, BRD). Für Kontrollbestimmungen wandten wir die Titration nach Winkler an (Eidg. Dep. des Innern 1971).

pH-Wert: Gerät E 488 mit Elektrode EA 152 der Firma Metrohm (Herisau, Schweiz).

PO_4^{3-} -P und NO_3^- -N: nach Eidg. Dep. des Innern (1971).

4 Temperatur

Für die limnologische Charakterisierung eines Sees spielt die Thermik eine wichtige Rolle (E. A. Thomas 1955). Besonders aussagekräftig sind der Temperaturverlauf im Oberflächenwasser (definiert für unsere Auswertung als Schicht von 0 bis 1 Meter) sowie Lage und Mächtigkeit der Sprungschicht.

Bild 2 enthält Resultate von Temperaturmessungen im Walenseeli und im Zürichsee. Im folgenden sollen wichtige Einzelheiten besprochen und charakteristische Unterschiede hervorgehoben werden. Wenn nötig werden die Er-

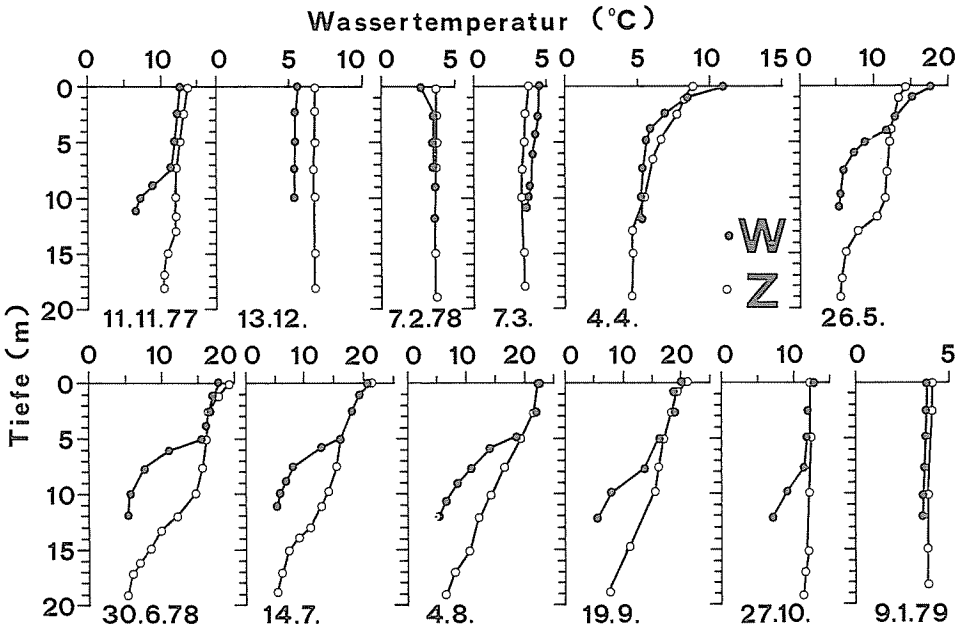


Bild 2: Profile der Wassertemperatur von Walenseeli (W) und Zürichsee (Z) im Jahresverlauf.

Fig. 2: Water temperature profiles of the Walenseeli (W) and of Lake Zurich (Z) over the year.

gebnisse der Untersuchungen vom 15. Februar und vom 22. März 1979 zum Vergleich herangezogen, die in Bild 2 nicht berücksichtigt sind.

4.1 Oberflächenschicht (0 bis 1 Meter)

Nach I. Kutschke (1966) nimmt mit zunehmender mittlerer Monatstemperatur der Luft die Oberflächentemperatur des Wassers linear zu. Die Parameter der Regressionsgeraden werden hauptsächlich durch die Seemorphologie und den Wind bestimmt (A. M. McCombie 1959; A. Synowiec 1961). E. A. Thomas und W. Kunz (1978) vermuten, dass bei der Erwärmung der Oberflächenschicht der Trophiegrad eines Gewässers eine Rolle spielt: Die grosse Menge an partikulären und gelösten Substanzen im eutrophen See hat zur Folge, dass fast die gesamte eingestrahelte Lichtenergie im obersten Meter absorbiert wird, was dort zu einer ausgeprägten Temperaturerhöhung führt.

Bemerkenswerte Unterschiede in der Erwärmung der Oberflächenschicht von Walenseeli und Zürichsee waren am 4. April, am 26. Mai 1978 sowie am 15. Februar und am 22. März 1979 zu beobachten (maximal 2,2 °C, am 26. Mai 1978). In den übrigen Monaten lagen die Temperaturunterschiede zwischen den beiden Seen unter 0,5 °C.

Die Lichtabsorption durch die Oberflächenschicht des Walenseelis war im Februar und März 1979 besonders stark (Tabelle 1). Dies wurde hauptsächlich durch Massenentwicklungen von Planktonalgen verursacht, was sowohl aus mikroskopischen Untersuchungen, den geringen Durchsichtigkeitswerten und den hohen Sauerstoffkonzentrationen hervorgeht (durchschnittlicher Sauerstoffgehalt in der 0- bis 1-Meter-Schicht, – am 15. Februar 1979: Walenseeli, 17,8 mg/l; Zürichsee, 12,0 mg/l; – am 22. März 1979: Walenseeli, 15,5 mg/l; Zürichsee, 12,0 mg/l). Da lediglich ein kleiner Teil der im Wasser absorbierten Lichtmenge für die Photosynthese ausgenützt wird (Z. Dubinsky and T. Berman 1981), gelangen grössere Energiemengen als Wärme ins Wasser. Es ist deshalb sehr wohl möglich, dass die unterschiedlichen Temperaturerhöhungen im Oberflächenwasser von Walenseeli und Zürichsee mindestens teilweise auf Unterschiede im Trophiegrad zurückgehen.

Tabelle 1: Temperatur und Lichtabsorption in der Wasserschicht 0 bis 1 Meter und Durchsichtigkeit nach Secchi.

Table 1: Temperature and light absorption in the 0 to 1 metre layer, and transparency (Secchi disc depth).

Datum		Temperatur (° C)	Absorption (%)	Durchsichtigkeit (m)
15.2.79	Walenseeli	4,0	82	1,1
	Zürichsee	3,45	46	4,3
22.3.79	Walenseeli	6,4	70	1,7
	Zürichsee	4,9	48	4,3

4.2 Lage und Mächtigkeit der Sprungschicht

Eine Temperaturschicht mit einem Gradienten von mindestens $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ soll als Metalimnion bezeichnet werden (I. Kutschke 1966). In Bild 2 fällt auf, dass während des Sommers der obere Rand der Sprungschicht im Walenseeli wesentlich höher als im Zürichsee liegt (Walenseeli, 0–2,5 m; Zürichsee, etwa 10 m). Dies ist eine Folge des Windeinflusses:

a) Beim kleinen Walenseeli, das gegen Süd-, Nord- und Westwinde gut geschützt ist, entsteht bereits Ende März oder Anfang April eine stabile Sprungschicht mit grossem Temperaturgradienten (März 1979: $0,6\text{ }^{\circ}/\text{m}$; April 1978: $0,9\text{ }^{\circ}/\text{m}$).

b) Der Zürichsee ist – besonders im oberen Seeteil – stark den Winden ausgesetzt (E. A. Thomas 1950). Eine stabile Schichtung bildet sich relativ spät: 1978 war dies erst im Mai der Fall ($0,7\text{ }^{\circ}/\text{m}$).

Aus Bild 2 geht hervor, dass im Zürichsee meist eine wesentlich mächtigere Sprungschicht als im Walenseeli beobachtet wird. Dies gilt vor allem für die Monate Juni (Sprungschicht Zürichsee: 8 m Mächtigkeit, Gradient: $1,1\text{ }^{\circ}/\text{m}$. Walenseeli: 5 m; $1,3\text{ }^{\circ}/\text{m}$), Juli (Z: 9 m; $0,9\text{ }^{\circ}/\text{m}$. W: 5 m; $1,8\text{ }^{\circ}/\text{m}$) und August (Z: 15 m; $0,8\text{ }^{\circ}/\text{m}$. W: 8,5 m; $2,0\text{ }^{\circ}/\text{m}$).

4.3 Stabilität der Schichtung

Nach K. F. Walker (1974) setzt sich die Gesamtstabilität (= minimale Arbeit, um eine bestehende Schichtung zu zerstören) aus thermischer und chemischer Stabilität zusammen. Die Stabilitätswerte können nach Formeln von S. B. Idso (1973) geschätzt werden. Mit den Daten vom 4. August 1978 (Höhepunkt der Sommerstagnation) wurde für den Zürichsee ein Stabilitätswert von $325\text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ und für das Walenseeli ein solcher von $140\text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ermittelt. Die grössere Schichtungstabilität des Zürichsees ist eine Folge der grösseren Tiefe und der besseren Windexposition.

K. Patalas (1961) bildet Stabilitätsgruppen von Seen nach der Mächtigkeit des Epilimnions. Das Walenseeli mit einem Epilimnion von 2,5 Meter gehört zur Gruppe V (trophogene und tropholytische Prozesse sind scharf voneinander getrennt). Mit einem Epilimnion von 8 Meter ist der Zürichsee der Gruppe III zuzurechnen (Schichten mit trophogenen und solche mit tropholytischen Prozessen gehen kontinuierlich ineinander über). Wie aus Abschnitt 5 hervorgeht, stimmen die Angaben von K. Patalas (1961) mit unseren Beobachtungen gut überein.

5 Sauerstoff

Veränderungen des Sauerstoffgehaltes in verschiedenen Tiefenschichten geben wertvolle Hinweise auf die Intensität der biologischen Vorgänge. Für das

Walenseeli und den Zürichsee liessen sich sowohl im Epilimnion als auch im Hypolimnion charakteristische Unterschiede finden.

5.1 Epilimnion

Da von Juli bis Dezember geringe Unterschiede im epilimnischen Sauerstoffgehalt der beiden Seen beobachtet wurden, soll im folgenden lediglich auf die Frühjahrsbefunde eingegangen werden.

Bild 3 zeigt eine für das Frühjahr typische Situation (26. Mai 1978): Das Oberflächenwasser des Walenseelis ist stark übersättigt, während der Sauerstoffgehalt im Zürichsee nur geringfügig über den Sättigungswert ansteigt. 1978 traten die Maxima in beiden Seen im April auf (Walenseeli: 17,0 mg/l; Zürichsee: 14,2 mg/l). 1979 wurde im Walenseeli bereits im Februar ein Wert von 17,0 mg O₂/l erreicht, als der benachbarte Zürichsee keinerlei Anzeichen erhöhter Sauerstoffproduktion erkennen liess.

Bei seinen Untersuchungen über «Jahreszeitliche Veränderungen von Wasserchemismus und Phykozönosen in zehn Seen der Umgebung von Zürich» bestätigte B. Soracreppa (1978), dass eutrophe Seen im Frühjahr wesentlich grössere Sauerstoffmaxima im Oberflächenwasser aufweisen als oligotrophe. Schon diese Befunde deuten darauf hin, dass das Walenseeli eutropher als der Zürichsee ist.

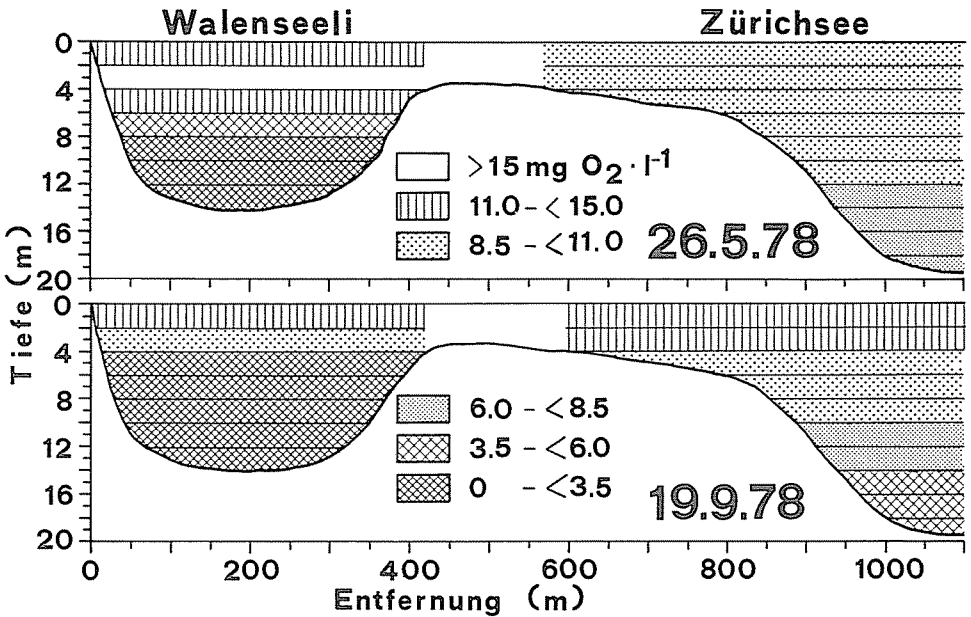


Bild 3: Sauerstoffverhältnisse am 26.5. und am 19.9.1978 im Walenseeli und im Zürichsee.

Fig. 3: Oxygen conditions on 26.5. and on 19.9.1978 in the Walenseeli and in Lake Zurich.

5.2 Hypolimnion

Oligotrophe Seen zeigen während der Sommerstagnation geringen Sauerstoffschwund im Hypolimnion. Es ist gezeigt worden, dass sich im Zürichsee – bedingt durch die konsequente Fällung der Phosphate in den Abwässern – die Sauerstoffverhältnisse im Hypolimnion während der letzten 15 Jahre wesentlich verbesserten (Ch. Oern 1980).

Verfolgt man den Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers im Jahresverlauf, sind die Unterschiede zwischen Walenseeli und Zürichsee auffällig: Wegen der frühzeitig auftretenden stabilen Schichtung und als Folge der intensiven Primärproduktion ging im Frühjahr 1978 die Sauerstoffkonzentration im Hypolimnion des Walenseelis rasch zurück. Schon am 26. Mai lag der Gehalt in Bodennähe um 1,0 mg O₂/l (Bild 3). Am Ende der Sommerstagnation (Bild 3: 19. September 1978) fehlte der Sauerstoff unterhalb 4 Meter fast vollständig. Im angrenzenden Zürichsee war der Sauerstoffschwund entsprechend der kleineren Primärproduktion wesentlich geringer: Am 26. Mai bestimmten wir über dem Grund 7 mg O₂/l und am 19. September noch 5,4 mg/l.

In bezug auf den Verlauf des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser verhält sich das Walenseeli wie andere eutrophe Kleinseen: z. B. Türlerseel (E. A. Thomas 1949) oder Hauserseel (H. R. Christen 1959). Eine Beeinflussung durch den wesentlich oligotropheren Zürichsee war nicht feststellbar.

6 Nitrat und Phosphat

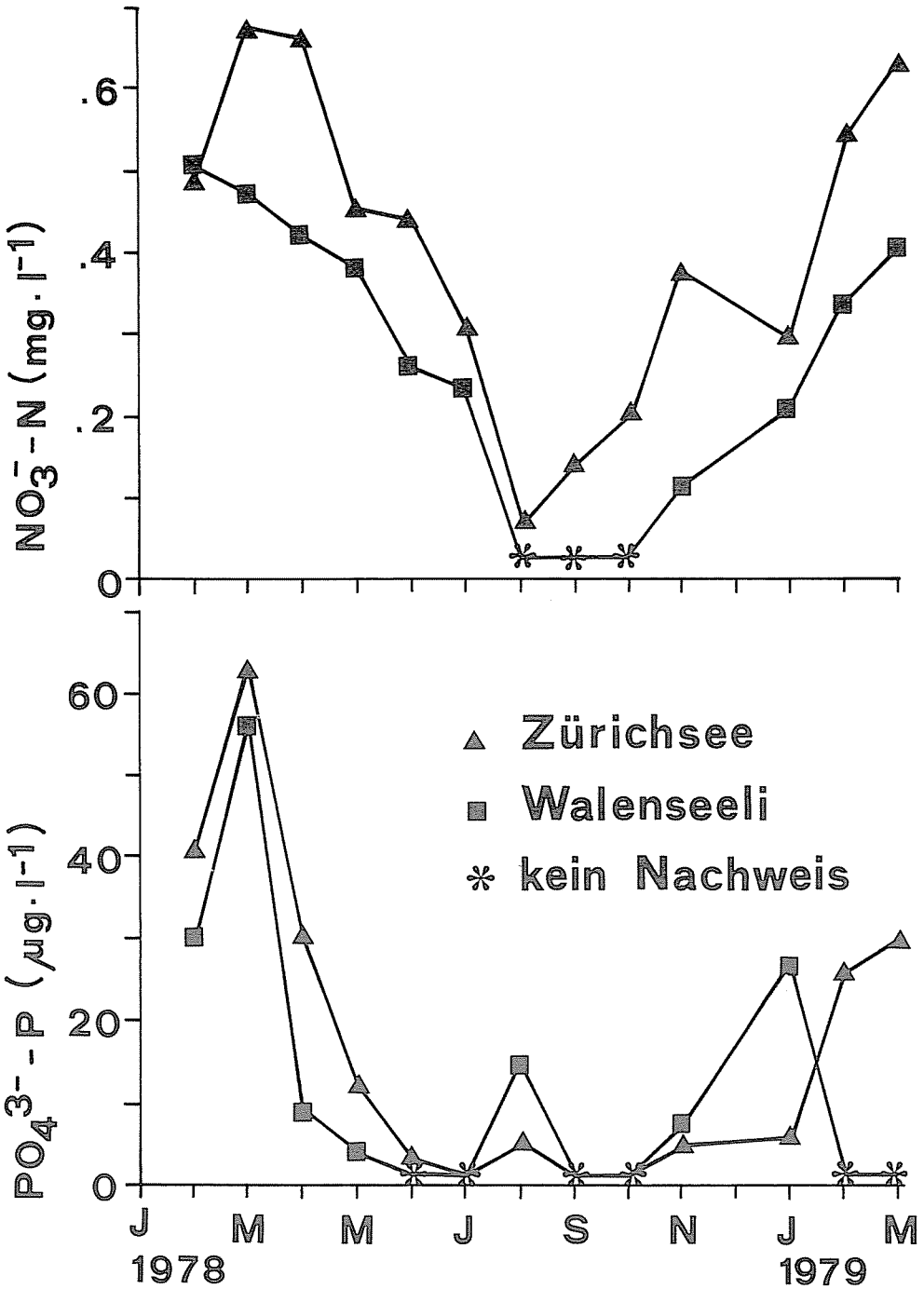
Der Jahresverlauf von Nitrat und Phosphat im Epilimnion ist stark vom Eutrophiegrad eines Sees abhängig. Während im oligotrophen oder leicht eutrophen See im Sommer zu jeder Zeit Nitrat nachgewiesen werden kann, verschwindet der Nährstoff im eutrophen See vollständig (E. A. Thomas 1955). Hier sinkt der Phosphat-Gehalt meist nicht unter die Nachweisgrenze; im oligotrophen See sind während des ganzen Jahres lediglich kleinste Mengen davon feststellbar (H. Ambühl 1975), und oft wird während des Sommers überhaupt kein Phosphat gefunden (U. Zimmermann und P. Suter-Weider 1976).

6.1 Nitrat

Sowohl im Walenseeli als auch im Zürichsee sank der Nitrat-Gehalt in der Schicht von 0 bis 5 Meter während der Monate März bis Juli 1978 sehr rasch (Bild 4). Vom August an bis zur Teilzirkulation im Oktober konnte im Walen-

Bild 4: Jahresverlauf von Nitrat und Phosphat im Oberflächenwasser (0 bis 5 Meter) des Walenseelis und des Zürichsees.

Fig. 4: Annual variations in nitrate and phosphate in the surface water (0 to 5 metres) of the Walenseeli and of Lake Zurich.



seeli kein Nitrat gefunden werden ($< 50 \mu\text{g NO}_3^- \text{-N/l}$). Im Zürichsee erreichte die Nitrat-Konzentration im August ein Minimum ($70 \mu\text{g NO}_3^- \text{-N/l}$); sie stieg während des Septembers an, obschon der See noch geschichtet war (Bild 2). Es ist möglich, dass Turbulenzen als Folge interner Strömungen einen Nitrat-Anstieg bewirkten; solche Strömungen können durch Sprungschichtneigungen (E. A. Thomas 1950) oder durch den Oberseeabfluss verursacht sein.

6.2 Phosphat

In der Schicht von 0 bis 5 Meter des Walenseelis sank der Phosphat-Gehalt im Juni 1978 unter die Nachweisgrenze (Zürichsee: $6 \mu\text{g PO}_4^{3-} \text{-P/l}$, Bild 4). 1979 verschwand der Nährstoff wegen einer Planktonblüte bereits im Februar vollständig, als das Zürichseewasser noch Konzentrationen um $28 \mu\text{g PO}_4^{3-} \text{-P}$ aufwies.

Beide Hinweise bestätigen die bereits in Abschnitt 5 gemachte Feststellung, dass die Frühjahrs-Planktonentwicklung im Walenseeli wesentlich intensiver erfolgt als im Zürichsee.

7 Sedimente

Die Sedimentproben gewannen wir mit einem Schlammstecher nach E. Naumann im Walenseeli aus 7 und 13 Meter sowie im Zürichsee aus 13 und 18 Meter Tiefe.

Die obersten 8 Zentimeter der Bohrkerne des Walenseelis waren schwarzgrau; darunter konnten deutlich hellere Schichten von 1 bis 3 Zentimeter Mächtigkeit beobachtet werden. Dies deutet darauf hin, dass die Sauerstoffverhältnisse vor einiger Zeit besser waren als heute. Rechnet man mit einer jährlichen Sedimentationsrate von 2 bis 3 Millimetern (E. A. Thomas 1944), liegt diese Periode etwa 30 bis 40 Jahre zurück.

Die Sedimentkerne des Zürichsees aus 13 Meter waren ungeschichtet weiss und aus 18 Meter gleichmässig hellgrau. Es darf deshalb angenommen werden, dass die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser seit längerer Zeit wesentlich besser sind als im Walenseeli.

8 Literatur

- Ambühl, H. (1975), Versuch der Quantifizierung der Beeinflussung des Ökosystems durch chemische Faktoren: Stehende Gewässer. *Schweiz. Z. Hydrol.* 37 (1): 35–52.
- Bloesch, J. (1974), Sedimentation und Phosphorhaushalt im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht) und im Rotsee. *Schweiz. Z. Hydrol.* 36 (1): 71–186.
- Christen, H.R. (1959), Limnologische Untersuchungen im Hausseegebiet. *Schweiz. Z. Hydrol.* 21: 19–108.

- Dubinsky, Z. and Berman, T. (1981), Light utilization by phytoplankton in Lake Kinneret (Israel). *Limnol. Oceanogr.* 26 (4): 660–670.
- Eidg. Dep. des Innern (1971), Richtlinien für Probenahmen und Normung von Wasseruntersuchungsmethoden. EDMZ, Bern.
- Hantke, R. (1967), Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 112 (1): 92–122.
- Holland, R.E. and Claflin, L.W. (1975), Horizontal distribution of planktonic diatoms in Green Bay, mid-July 1970. *Limnol. Oceanogr.* 20 (3): 365–378.
- Idso, S.B. (1973), On the concept of lake stability. *Limnol. Oceanogr.* 18: 681–683.
- Kurmann, U. (1980), Fischereirechte des Klosters Einsiedeln. In: Mühlheim, E. und Liniger, E. (Herausg.), *Der Zürichsee; Fische und Fischer*. Th. Gut & Co., Stäfa, 179 Seiten.
- Kutschke, I. (1966), Die thermischen Verhältnisse im Zürichsee zwischen 1937 und 1963 und ihre Beeinflussung durch meteorologische Faktoren. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 111 (1): 47–124.
- McCombie, A.M. (1959), Some relations between air temperatures and the surface water temperatures of lakes. *Limnol. Oceanogr.* 4: 252–258.
- Oern, Ch. (1980), Die Sauerstoffverhältnisse im Zürichsee (Untersee) von 1937 bis 1975 und ihre Beeinflussung durch meteorologische Faktoren. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 125 (4): 259–364.
- Patalas, K. (1961), Wind- und morphologiebedingte Wasserbewegungstypen als bestimmender Faktor für die Intensität des Stoffkreislaufes in nordpolnischen Seen. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 14: 59–64.
- Schindler, K. (1967), Eine geologische Karte des Zürichsees und ihre Deutung. *Wasser, Energie, Luft – Eau, Energie, Air* 68 (8/9): 195–201.
- Soraccreppa, B. (1978), Jahreszeitliche Veränderungen von Wasserchemismus und Phykozönosen in zehn Seen der Umgebung von Zürich. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 123: 161–235.
- Synowiec, A. (1961), Über die zahlenmässige Bestimmung des Relief- und Witterungseinflusses auf einen See. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 14: 65–69.
- Thomas, E.A. (1944), Biologische Untersuchungen am Greifensee. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 54: 141–196.
- Thomas, E.A. (1949), Limnologische Untersuchungen am Türlerse. *Schweiz. Z. Hydrol.* 11: 90–177.
- Thomas, E.A. (1950), Auffällige biologische Folgen von Sprungschichtneigungen im Zürichsee. *Schweiz. Z. Hydrol.* 12 (1): 1–24.
- Thomas, E.A. (1955), Stoffhaushalt und Sedimentation im oligotrophen Ägerisee und im eutrophen Pfäffiker- und Greifensee. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol. suppl.* 8: 357–465.
- Thomas, E.A. und Kunz, W. (1978), Limnologische Untersuchungen am schweizerischen Teil des Lago Maggiore, Herbst 1970 bis Herbst 1977. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 123 (3): 237–260.
- Vollenweider, R.A. (1959), Alcune osservazioni sulla dinamica dell'ossigeno nel Lago Maggiore (Bacino di Pallanza). *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 11: 241–264.
- Walker, K.F. (1974), The stability of meromictic lakes in central Washington. *Limnol. Oceanogr.* 19: 209–222.
- Zimmermann, U. und Suter-Weider, P. (1976), Beiträge zur Limnologie des Walen-, Zürich-Ober- und Zürichsees. A. Walensee. I. Chemische und physikalische Untersuchungsergebnisse. *Schweiz. Z. Hydrol.* 38 (2): 71–96.