

Die Durchsichtigkeit des Zürichseewassers von 1897 bis 1980

VON FERDINAND SCHANZ UND EUGEN A. THOMAS

Einleitung

Schon anfangs des letzten Jahrhunderts bestimmte man in verschiedenen Meeren die Durchsichtigkeit mit Hilfe eines Gegenstandes, den man im Wasser versenkte, bis er dem Auge eben entschwand. Als Durchsichtigkeit oder Transparenz bezeichnete man die Distanz zwischen dem Gegenstand und der Wasseroberfläche. In grösserem Umfang und auf systematische Weise befasste sich SECCHI (1866) mit der Transparenz. Der Waadtländer Limnologe FRANÇOIS-ALPHONSE FOREL bediente sich in der Folge (1895) einer weissen Scheibe, um die Transparenz des Léman zu studieren. Die ersten Arbeiten führte er in den Jahren 1874 und 75 aus; später wandte er dieselbe Methode auch im Bodensee an (FOREL, 1893). 1897 führte PFENNINGER (1902) im Rahmen einer Dissertation Transparenzmessungen im Zürichsee durch. Bis heute machte man mehr oder weniger regelmässig Messungen, die im folgenden besprochen werden. Uns interessierte besonders die Frage, wie sich die Transparenz seit 1897 veränderte und ob sich ein Zusammenhang mit der Entwicklung des Verschmutzungsgrades erkennen lässt.

Bedeutung von Transparenzmessungen in Seen

Wie FOREL (1901) erwähnte, sind es vor allem zwei Faktoren, welche dazu beitragen, dass eine weisse Scheibe im Wasser verschwindet:

- a) Absorption des Lichtes vor allem durch gefärbte Bestandteile des Wassers,
- b) Zerstreung des Lichtes an suspendierten Partikeln.

Verschiedentlich wurde darauf hingewiesen, dass Zeitpunkt sowie Art und Weise der Durchführung von Transparenzmessungen das Ergebnis stark beeinflussen (SAUBERER und RUTTNER, 1941).

Auf den Zusammenhang zwischen Planktonentwicklung und Transparenz

wies schon FOREL (1893) hin. VOLLENWEIDER (1960) zeigte, dass die Primärproduktion produktiver Seen spiegelbildlich zur Sichttiefe verläuft. 1977 benützte CARLSON die Transparenz, um den Trophiegrad von Seen zu charakterisieren. Verschiedene Autoren bezweifeln jedoch die allgemeine Gültigkeit der aufgestellten Formeln (LORENZEN, 1980; MEGARD et al., 1980; EDMONDSON, 1980). Sie wiesen vor allem darauf hin, dass sowohl die Eigenfarbe eines Gewässers als auch die darin suspendierten anorganischen Partikel die Transparenz beeinflussen. In verschiedenen Gewässern sind deshalb die Beziehungen zwischen Transparenz und Biomasse nicht immer gleichartig, eine Tatsache, die schon von MINDER (1943) im Zusammenhang mit der biogenen Entkalkung ausführlich dargelegt worden ist.

Für den Zürichsee darf angenommen werden, dass sich die Eigenfarbe des filtrierten Seewassers von 1897 bis heute nicht veränderte; ausserdem spielte die Trübung durch allochthones Material meist eine kleine Rolle. Die Sichttiefe gibt deshalb vorwiegend Aufschluss über den Gehalt an Phytoplanktern, da sich viele Zooplankter tagsüber in mehr als 10 Metern Tiefe aufhalten.

Tabelle 1 Transparenz (SECCHI) im Zürichsee von 1897–1949 in Metern. $\bar{x}_{1897-1900}$ = Mittelwert der Jahre 1897–1900. \bar{x}_j = Jahresmittel. T = Seemitte bei Thalwil. W = bei Wollishofen.

		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	\bar{x}_j
1897	T	15.4	11.8	7.9	4.8	3.3	4.5	3.7	3.2	4.6	4.8	4.9	6.2	6.3
1898	W	5.6	4.1	4.9	3.9	2.5	3.5	3.9	3.2	2.8	3.7	3.5	3.6	3.8
1899	W	4.8	5.3	5.0	3.8	2.9	4.0	2.4	3.4	2.8	2.7	2.2	3.0	3.5
1900	W	3.3	3.1	3.5	3.3	3.8	3.2	2.1	3.0	—	—	—	—	—
$\bar{x}_{1897-1900}$		7.3	6.1	5.3	4.0	3.1	3.8	3.0	3.2	3.4	3.7	3.5	4.3	4.2
$\bar{x}_{1914-1928}$		5.6	6.5	6.8	4.1	2.9	3.3	3.3	2.2	2.3	2.6	3.1	3.9	3.9
1936	T	—	—	—	—	—	—	—	2.1	2.8	2.7	3.3	3.4	—
1937	T	4.8	6.1	5.2	3.4	4.3	4.6	2.8	2.9	2.7	2.6	2.8	3.2	3.8
1938	T	5.9	7.2	6.7	4.0	2.8	7.0	3.8	4.0	3.2	3.5	2.2	3.1	4.4
1939	T	5.5	6.5	6.5	4.3	3.1	4.3	2.8	2.1	2.6	2.6	3.5	5.0	4.1
$\bar{x}_{1936-1939}$		5.4	6.6	6.1	3.9	3.4	5.3	3.1	2.8	2.8	2.8	3.0	3.7	4.1
1940	T	—	—	9.0	8.4	3.2	4.1	1.8	2.5	2.9	2.7	3.6	4.8	4.3
1941	T	—	5.3	6.5	6.5	2.7	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—
1942	T	—	—	—	—	2.8	—	—	2.6	—	—	2.0	—	—
1943	T	—	4.5	—	—	—	—	3.0	2.8	2.5	5.2	4.1	4.6	—
1944	T	6.5	5.8	8.2	2.3	4.2	3.9	2.8	4.0	3.7	2.8	2.9	4.1	4.3
$\bar{x}_{1940-1944}$		—	5.2	7.9	5.7	3.2	—	2.5	3.0	3.0	3.6	3.1	4.5	4.2
1945	T	6.1	5.8	7.0	3.5	6.0	3.1	4.5	5.3	3.5	3.3	3.4	—	4.7
1946	T	4.9	6.8	7.6	3.6	4.5	5.3	4.5	2.2	3.6	1.8	3.2	4.6	4.4
1947	T	—	—	—	4.5	3.1	3.2	—	3.6	—	2.1	2.6	—	—
1948	T	—	—	6.5	5.0	—	—	2.7	4.5	2.6	2.0	2.1	—	—
1949	T	—	—	5.5	6.5	2.9	—	3.6	2.5	3.2	2.2	2.5	—	—
$\bar{x}_{1945-1949}$		—	—	6.7	4.6	4.1	3.9	3.8	3.6	3.2	2.3	2.8	—	3.9

Zahlenmaterial

Die Daten der Tab. 1 stammen von PFENNINGER (1902), MINDER (1943) sowie von WASER und BLÖCHLIGER (1939). Aus einem Bericht des Chemischen Laboratoriums der Stadt Zürich (1941) entnehmen wir Durchsichtigkeitswerte für die Periode 1939–41. Der grösste Teil der verwendeten Daten der Tab. 1 und 2 stammt von Untersuchungen des Kantonalen Laboratoriums Zürich (1936–75). Die Werte von 1976 und 77 sind in den Jahresberichten der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein publiziert. Ab 1978 führten wir an der Limnologischen Station der Universität regelmässig Messungen der Durchsichtigkeit durch. Die Tab. 1 und 2 enthalten Einzelwerte aus den Jahren 1936–59 sowie 1970–77. Für die Jahre 1897–1900 und 1978–79 standen wöchentliche Messungen zur Verfügung, deren Monatsmittel in die Tabellen aufgenommen wurden. Die Messdaten der Periode 1960–69 publizierte THOMAS 1971.

Tabelle 2 Transparenz (SECCHI) im Zürichsee von 1950–1979 in Metern.
 T = Seemitte bei Thalwil. K = 200 m vor der Limnologischen Station. \bar{x}_{50-54} = Mittelwert der Jahre 1950–54. \bar{x}_j = Jahresmittel.

		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	\bar{x}_j
1950	T	4.0	5.4	4.2	4.2	4.2	3.0	2.6	3.4	2.2	5.6	—	4.2	3.9
1951	T	5.0	7.0	7.2	—	3.0	4.8	—	2.4	2.1	2.5	2.1	3.2	3.9
1952	T	4.5	5.8	7.0	3.9	4.0	—	2.1	4.0	—	1.8	2.9	3.2	3.9
1953	T	5.6	6.0	6.8	3.1	3.0	5.0	3.6	1.6	4.6	2.1	2.1	2.5	3.8
1954	T	4.4	4.4	5.4	5.2	3.2	6.1	3.2	2.6	4.1	3.8	2.6	5.2	4.2
\bar{x}_{50-54}		4.7	5.7	6.1	4.1	3.5	4.7	2.9	2.8	3.2	3.2	2.4	3.7	3.9
1955	T	9.0	9.3	10.4	8.4	2.8	5.0	3.4	2.9	1.3	2.8	2.6	5.4	5.3
1956	T	6.8	—	7.1	8.2	2.7	3.4	2.4	2.2	2.0	2.3	3.3	3.7	4.0
1957	T	6.4	5.8	3.4	2.4	2.0	2.8	2.7	3.1	2.4	1.4	4.6	5.8	3.6
1958	T	6.8	6.6	6.5	6.6	2.3	9.1	4.2	1.6	2.4	2.4	2.3	3.1	4.5
1959	T	5.5	—	6.0	1.9	5.8	5.9	1.8	2.5	2.3	2.4	2.3	2.6	3.5
\bar{x}_{55-59}		6.9	7.2	6.7	5.5	3.1	5.2	2.9	2.5	2.1	2.3	3.0	4.1	4.3
\bar{x}_{60-64}		5.4	4.7	4.9	2.4	2.7	4.8	3.6	2.7	2.3	2.7	2.6	4.2	3.6
\bar{x}_{65-69}		10.1	9.2	8.0	3.8	4.2	5.8	4.7	3.8	3.7	5.1	7.8	7.9	6.2
1970	T	12.0	8.3	—	8.2	6.2	7.2	3.4	2.6	3.3	5.5	8.0	11.3	6.9
1971	T	9.0	9.1	5.8	1.2	6.2	3.8	3.9	2.4	2.6	6.6	8.3	—	5.4
1972	T	11.5	9.9	9.4	4.4	7.6	6.0	3.8	2.8	2.8	7.2	7.2	9.6	6.8
1973	T	13.0	13.0	9.3	3.8	2.6	2.8	2.5	2.4	3.1	7.6	8.4	8.0	6.4
1974	T	13.8	11.2	6.0	2.0	4.7	7.0	6.0	3.2	3.9	5.2	8.4	8.4	6.6
\bar{x}_{70-74}		11.9	10.3	7.6	3.9	5.5	5.4	3.9	2.7	3.1	6.4	8.1	9.3	6.5
1975	T	11.6	10.6	8.1	5.2	5.4	4.7	4.3	4.6	3.3	4.7	4.4	7.0	6.2
1976	T	8.8	8.5	9.5	2.5	4.0	5.0	3.5	3.3	2.8	2.6	2.3	6.4	4.9
1977	T	15.4	11.5	8.0	4.4	3.4	5.4	4.8	2.6	3.4	5.5	3.9	7.0	6.3
1978	K	7.8	8.1	8.5	5.8	4.3	6.6	4.6	4.0	3.0	3.4	3.0	3.6	5.2
1979	K	5.9	8.0	8.0	4.4	3.4	5.9	4.3	2.4	3.3	4.6	5.5	5.5	5.1
\bar{x}_{75-79}		9.9	9.3	8.4	4.4	4.1	5.5	4.3	3.4	3.2	4.2	3.8	5.9	5.5

Jahresverlauf der Transparenz 1914–28 und 1965–79

Beide Kurven in Abb. 1 lassen leicht drei Abschnitte erkennen:

- Periode Januar–März: In den Wintermonaten wurden die grössten Durchsichtigkeitswerte beobachtet.
- Periode April–September: Die im See vorhandene pflanzliche Biomasse verminderte die Transparenz beträchtlich. In der Regel traten in dieser Zeit die Minima auf.
- Periode Oktober–Dezember: Das Einsetzen der Teilzirkulation und die verminderte Lichtintensität bewirkten einen Rückgang des Planktons, was zu einer Vergrösserung der Transparenz führte.

Vergleicht man die Kurven der Durchschnitte von 1914–28 mit denjenigen von 1965–79, stellt man eine wesentlich grössere Transparenz in den letzten Jahren fest, und zwar auch während der Sommermonate. Zudem soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass in der Periode 1914–28 keine ausgeprägte Erhöhung der Durchsichtigkeit im Juni beobachtet wurde. Da in diesen Jahren die Abwässer noch weitgehend ungereinigt in den See flossen, ist denkbar, dass wegen der raschen Ergänzung der Nährstoffe im Epilimnion das Phytoplanktonwachstum nicht stark eingeschränkt wurde. Offensichtlich konnten auch Frass- und Krankheitsverluste rasch ausgeglichen werden. In der Periode 1965–79 scheint das nicht der Fall gewesen zu sein, was zu einer Erhöhung der Transparenz im Juni führte.

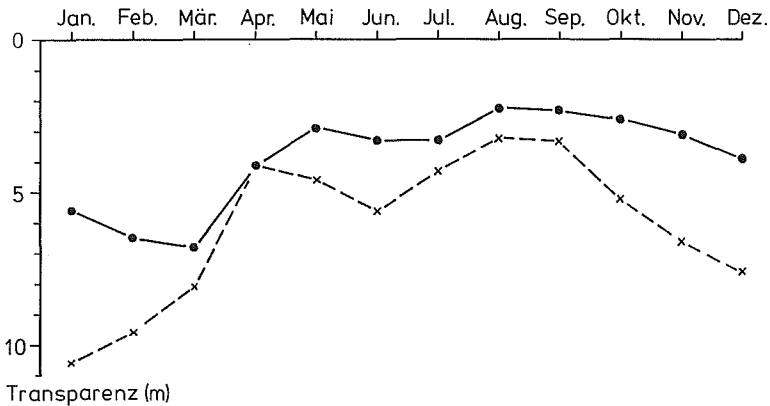


Abb. 1 Zürichsee (Mitte) bei Thalwil: Mittlerer Jahresverlauf der Transparenz in den Perioden 1914–28 und 1965–79.

● — ● Periode 1914–28

x — x Periode 1965–79

Entwicklung der Transparenz von 1897–1980

Um die in Abb. 2–4 dargestellten Verläufe der Transparenz verstehen zu können, muss man die Geschichte der Eutrophierung des Zürichsees kennen. Sie wurde dargestellt von LÜSCHER (1942), THOMAS (1965, 1976 und 1977) und SCHANZ (1977) und soll hier hauptsächlich bezüglich des Planktons wiedergegeben werden:

- 1893 Kleinkrebschen-Invasion.
- 1895 Deutlich geringere Filterleistung im Wasserwerk der Stadt Zürich gegenüber der Periode 1886–1893 wegen der Verstopfung der Filter durch Plankton.
- 1896 Massenentwicklung der Kieselalge *Tabellaria fenestrata*.
- 1897/98 (November) Erstmalige Beobachtung von Massen der Blaualge *Oscillatoria rubescens*.
- 1907 Die Kieselalge *Melosira islandica* ssp. *helvetica* tritt dominant auf.
- ab 1920 Verschiedene Grün-, Kiesel- und Blaualgenarten werden im Plankton zeitweise in Massen beobachtet.
- ab 1949 Massenwucherungen von Uferalgen (*Oscillatoria limosa*; *Cladophora glomerata*).
- 1956–70 Einige Gemeinden nehmen neu erbaute Kläranlagen in Betrieb: Stäfa, Männedorf, Küsnacht, Horgen, Zumikon, Meilen, Richterswil, Thalwil.
- 1964 Verschwinden von *Oscillatoria rubescens*.
- ab ca. 1970 Rückgang der Uferalgen-Wucherungen.
- 1976 *Oscillatoria rubescens* wird im Zürichsee wieder beobachtet.

Der vorliegenden Zusammenstellung kann entnommen werden, dass ein Eutrophierungsschub schon einsetzte, bevor die ersten Transparenzmessungen gemacht wurden. Man darf deshalb nicht erwarten, dass die von PFENNIGER publizierten Werte den ursprünglichen, oligotrophen Zustand zeigen. In den Jahren um 1950 war eine weitere deutliche Verschlechterung im Zustand des Zürichsees zu beobachten. Die konsequente Reinigung der Abwässer mit Phosphatfällung führte ab 1965 zur Oligotrophierung. Beachtenswert sind folgende Veränderungen:

a) Die Transparenz im Winter (Mittel der Monate Januar, Februar, März).

Abb. 2 zeigt, dass mit dem Verschwinden von *Oscillatoria rubescens* die Transparenz deutlich zunahm. Mit dem erneuten Erscheinen im Jahr 1976 traten wiederum geringere Transparenz-Mittel auf, die jedoch besser sind als die besten Werte der Periode 1937–63. Es ist zu hoffen, dass sich das Wintermittel künftig etwa bei 10 m stabilisieren wird.

Die maximale Transparenz wurde 1897 am 19. Januar mit 16.8 m gemessen. Den Tab. 1 und 2 sowie der Arbeit von THOMAS (1971) kann entnommen werden, dass bis 1963 nie wieder Durchsichtigkeiten über 10 m festgestellt wurden; von 1964 bis heute war dies jedoch häufig der Fall.

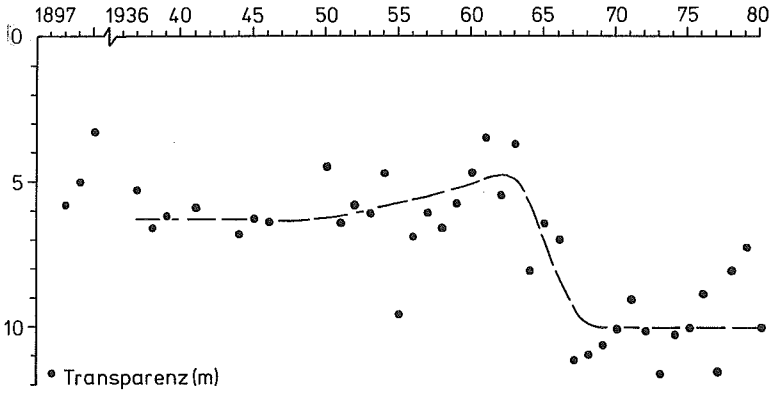


Abb. 2 Zürichsee: Transparenz-Mittel der Monate Januar, Februar und März in den Jahren 1897–1900 und 1936–1980.

— — — — — Kurve von Auge angeglichen

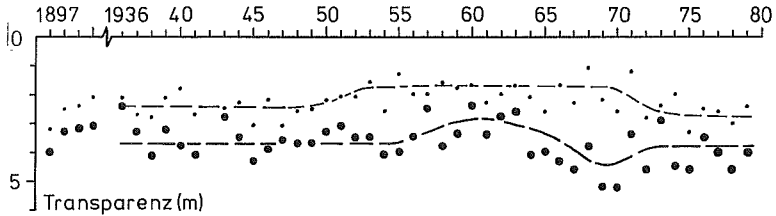


Abb. 3 Zürichsee: Transparenz-Mittel der Monate April bis September in den Jahren 1897–1900 und 1936–1979 sowie die entsprechenden Minima.

● Transparenz-Mittel
 • Minimum
 — — — — — Kurven von Auge angeglichen

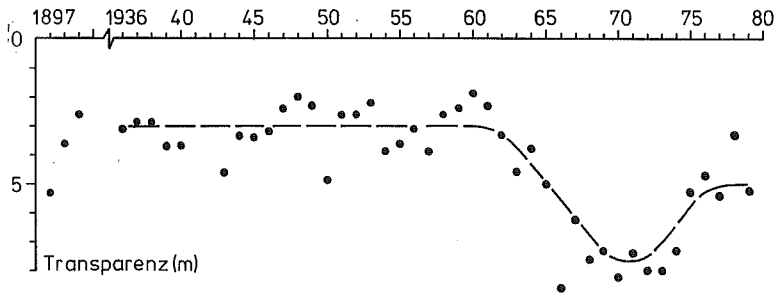


Abb. 4 Zürichsee: Transparenz-Mittel der Monate Oktober, November und Dezember in den Jahren 1897–1899 und 1936–1979.

— — — — — Kurve von Auge angeglichen

b) Die Transparenz im Frühjahr und im Sommer (Mittel der Monate April bis September).

Die uns zur Verfügung stehenden Werte zeigen keine interpretierbaren Unterschiede zwischen 1897 und 1979. Nach Abb. 3 ist auch künftig mit Sommerwerten um 4 m zu rechnen, wie sie schon vor 1900 beobachtet worden sind. Im Zeitraum von 1953–71 traten Sichttiefenminima von < 2 m häufiger auf als vorher oder nachher. Dies scheint doch darauf hinzuweisen, dass extreme Planktondichten in den letzten Jahren seltener geworden sind, möglicherweise ein Hinweis, dass die Primärproduktion etwas zurückgegangen ist.

c) Die Transparenz im Herbst (Mittel der Monate Oktober, November, Dezember).

Wie schon in den Wintermonaten (Abb. 2), kann auch im Herbst nach 1964 eine Zunahme der Transparenz beobachtet werden (Abb. 4); 1975 trat jedoch wieder eine Abnahme auf, wobei wir allerdings keine extrem ungünstigen Mittel berechneten. In einigen Jahren wird man sehen, welches mittlere Niveau die Herbstwerte einnehmen. Es dürfte jedoch 1–2 Meter günstiger als in den Jahren 1936–60 sein.

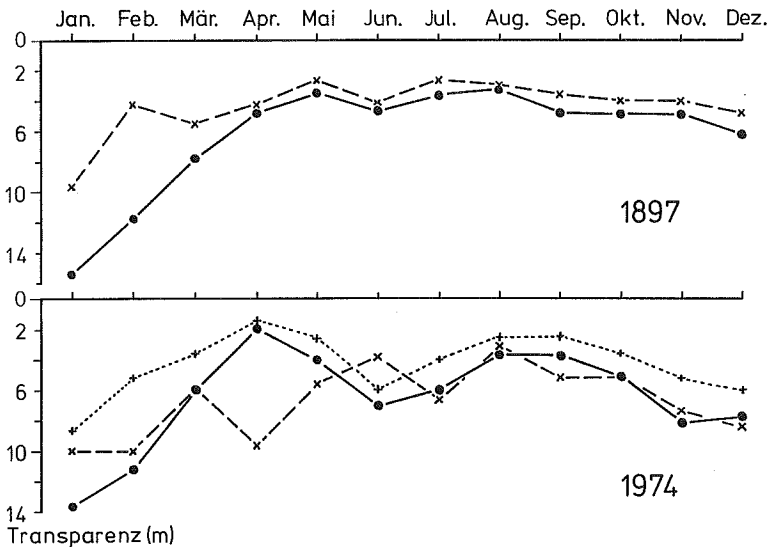


Abb. 5 Zürichsee: Jahresverlauf der Transparenz 1897 und 1974 an den Stellen Wollishofen und Thalwil sowie Stäfa 1974.

- x -- x Wollishofen
- — ● Thalwil
- + ---- + Stäfa

Jahresverlauf der Transparenz an der Stelle Thalwil und Wollishofen 1897 und 1974 sowie Stäfa 1974

1897 war die Sichttiefe an der Stelle Thalwil deutlich grösser als an der Stelle Wollishofen (Abb. 5). Noch 1943 stellte MINDER fest, dass die an der tiefsten Stelle gemessene Transparenz im Mittel 0,5 m grösser ist als im untersten Seebecken. Dies begründete er damit, dass hier die Verschmutzung wesentlich stärker ist als in der Seemitte zwischen Thalwil und Herrliberg. FOREL hatte 1893 im Genfer- und Bodensee eine Zunahme der Transparenz gegen den Abfluss beschrieben, verursacht durch die abnehmende zuflussbedingte Trübung.

1974 lässt sich kein deutlicher Unterschied zwischen den Stellen Thalwil und Wollishofen nachweisen. Man darf deshalb annehmen, dass die Verschmutzung im untersten Seeabschnitt heute nicht mehr grösser ist als weiter oben. In Stäfa war die Durchsichtigkeit während des ganzen Jahres deutlich kleiner als in Thalwil. Es ist denkbar, dass das Wasser aus dem Obersee die Transparenz bei Stäfa herabsetzte (vgl. Tab. 3, THOMAS 1971).

Zusammenfassung

In den Tabellen 1 und 2 sind die Monatswerte der Transparenz von 1897–1979 angegeben; es fehlen die Daten der Jahre 1960–1969, welche THOMAS 1971 bereits publizierte. Für die Perioden 1914–28 und 1965–79 berechneten wir den mittleren Jahresverlauf der Transparenz (Abb. 1). In den letzten Jahren stellten wir eine wesentlich grössere Transparenz fest. Die Kurven in Abb. 1 lassen drei Abschnitte erkennen: a) Januar–März (Winter), b) April–September (Frühjahr und Sommer), c) Oktober–Dezember (Herbst). Mit den zur Verfügung stehenden Daten berechneten wir für jedes Jahr die Durchsichtigkeitsmittel der genannten Zeitabschnitte. Im Winter nahm die Transparenz nach dem Verschwinden von *Oscillatoria rubescens* im Jahre 1964 deutlich zu (Abb. 2). Mit dem erneuten Erscheinen der Alge 1976 traten geringere Durchsichtigkeitswerte auf. Es ist zu hoffen, dass sich das Wintermittel künftig etwa bei 10 m stabilisieren wird. Im Frühjahr und Sommer ergaben sich keine interpretierbaren Unterschiede zwischen 1897 und 1979 (Abb. 3); wahrscheinlich ist auch künftig mit Sommerwerten um 4 m zu rechnen, wie sie schon 1900 auftraten. Nach 1964 beobachteten wir im Herbst eine Zunahme der Transparenz (Abb. 4). In einigen Jahren wird man sehen, welches mittlere Niveau die Herbstwerte einnehmen werden, da ab 1975 die Durchsichtigkeit geringer war als in den Jahren 1966–1974. 1897 war die Sichttiefe an der tiefsten Stelle bei Thalwil deutlich grösser als an der Probenahmestelle bei Wollishofen (Abb. 5), was sich 1974 nicht mehr feststellen liess. Die Verschmutzung scheint heute im untersten Seeabschnitt nicht mehr grösser als weiter oben zu sein.

Water transparency in Lake Zurich from 1897 to 1980

Table 1 and 2 show values of transparency measured monthly from 1897–1979 in Lake Zurich. Data from 1960–69 are not included; they were published by THOMAS in 1971. We have calculated the mean annual cycle of transparency for the following two periods: 1914–28 and 1965–79 (Fig. 1). Recent years have been characterized by considerably greater transparency.

We can distinguish between the sections of curves in Fig. 1: a) January–March (winter), b) April–September (spring and summer), c) October–December (fall); for each section and for each year we have calculated the mean transparency. The winter transparency clearly increased after the disappearance of *Oscillatoria rubescens* in 1964 (Fig. 2). When the alga reappeared in 1976, the transparency diminished. We hope that the winter mean will stabilize around 10 m in future. From 1897 to 1979 we could not detect any differences worthy of discussion (Fig. 3); it is probable that in summer the transparency will be about 4 m, as was common around 1900. After 1964 we observed, in fall, an increase of transparency (Fig. 4), which remained high from 1966 to 1974, but diminished in 1975. A few more years of observations should, therefore, determine what the average fall values will be. In 1897 the transparency at the deepest point of the lake (near Thalwil) was considerably greater than at Wollishofen (6 km to the outlet; Fig. 5); but no difference was detectable in 1974. Nowadays, the difference in degree of pollution between the deepest region and near the outflow appears no longer to exist.

Verdankungen

Wir danken Herrn Kantonschemiker Dr. E. ROMANN für die Überlassung der vom Kantonalen Laboratorium erhobenen Transparenzwerte, ferner Herrn Prof. Dr. C. H. MORTIMER, University of Wisconsin, Milwaukee, Wisc. USA, für die Korrektur der englischen Zusammenfassung. Diese Studie wurde begünstigt durch den Kredit Nr. 3.440–0.78 des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, was wir hier ebenfalls verdanken.

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee–Rhein (1976): Jahresbericht 8; Tabellenanhang.
 – (1977): Jahresbericht 9; Tabellenanhang.
 CARLSON, R.E. (1977): A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 25, 378–379.
 Chemisches Laboratorium der Stadt Zürich (1941): Untersuchungen des Zürichsees. Seejahre: März 1939–März 1941. 9 S. Prot.-Nr. P 1010–1098.
 EDMONDSON, W.T. (1979): Lake Washington and the predictability of limnological events. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 13, 234–241.
 EDMONDSON, W.T. (1980): SECCHI disk and chlorophyll. *Limnol. Oceanogr.* 25, 378–379.
 FOREL, F.-A. (1893): Transparenz und Farbe des Bodensees. *Schriften des Bodenseevereins XXII*, 1–33.
 FOREL, F.-A. (1895): *Le Léman*. Tome second. Lausanne. 651 p.
 FOREL, F.-A. (1901): *Handbuch der Seenkunde*. Stuttgart. 249 S.

- LORENZEN, M. W. (1980): Use of chlorophyll – SECCHI disk relationships. *Limnol. Oceanogr.* 25, 371–372.
- LÜSCHER, O. (1942): Der Zustand des Zürichsees und seine allgemeine Eignung zur Trinkwasserversorgung. *Monatsbull. Schweiz. Verein Gas- und Wasserfachmänner* 1942, 1–31.
- MEGARD, R. O., SETTLES, J. C., BOYER, H. A., and COMBS, W. S., Jr. (1980): Light, SECCHI disks, and trophic states. *Limnol. Oceanogr.* 25, 373–377.
- MINDER, L. (1943): Der Zürichsee im Lichte der Seetypenlehre. *Neujahrsblatt Naturforsch. Ges. Zürich* 145, 1–83.
- PFENNINGER, A. (1902): Beiträge zur Biologie des Zürchersees. *Diss. Universität Zürich*. 61 S.
- SAUBERER, F. und RUTTNER, F. (1941): Die Strahlungsverhältnisse der Binnengewässer. *Leipzig*. 239 S.
- SCHANZ, F. (1977): Effects of waste water treatment on Lake Zurich. In: DOWNEY, W. K. and NIUID, G.: Lake pollution prevention by eutrophication control. *Proceedings of a seminar – Killarney Ireland, May 1977*, p. 131–139.
- SECCHI, A. (1866): Relazione delle esperienze fatte a bordo della pontificia pirocorvetta l'Immacolata Concezione per determinare la trasparenza del mare, in: CIALDI, A.: *Sul moto ondoso del mare*. Roma, p. 258–288.
- THOMAS, E. A. (1965): Der Verlauf der Eutrophierung des Zürichsees. *Mitt. Österr. Sanitätsverwaltung* 66, 5: 3–11.
- THOMAS, E. A. (1971): Oligotrophierung des Zürichsees. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 116, 165–179.
- THOMAS, E. A. (1976): Burgunderblutalge im Zürichsee. *Zürichsee-Zeitung* Nr. 18 (23.1.) und Nr. 305 (30.12.).
- THOMAS, E. A. (1977): Die Reaktion des Zürichsees auf die Abwasserreinigung. *Aus: Wasser, Abwasser, Abfälle. Referate der 7. Fachtagung anlässlich der PRO AQUA–PRO VITA 1977 in Basel, Band 7A, S. 227–233.*
- VOLLENWEIDER, R. A. (1960): Beiträge zur Kenntnis optischer Eigenschaften der Gewässer und Primärproduktion. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 12, 201–244.
- WASER, E. und BLÖCHLIGER, G. (1939): Untersuchung des Zürichsees 1936–1938. *Untersuchungen der öffentlichen Gewässer des Kantons Zürich* 5, 1–93.

Adresse der Autoren:

Dr. F. SCHANZ und Prof. Dr. E. A. THOMAS, Limnologische Station der Universität Zürich, Seestr. 187, CH-8802 Kilchberg (Schweiz)