Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 72 (1980)
Heft: 10

Artikel: Der Zustand des Sempachersees
Autor: Stadelmann, Pius
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941416

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.07.2025

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

Der Zustand des Sempachersees

Pius Stadelmann

Zusammenfassung

Mit Hilfe von physikalischen und chemischen Messungen konnte die Zustandsveränderung des Sempachersees über 50 Jahre verfolgt werden. Die vielen Veröffentlichungen und Berichte über den See sind in einem vollständigen Literaturverzeichnis zusammengetragen.
Seit 1950 hat der See eine rasante Qualitätsverschlechterung erfahren, und er durchschritt in dieser Zeitspanne die Trophieskala von oligotroph zu eutroph. Mit der Eutrophierung konnte auch eine Veränderung der Fauna und Flora festgestellt werden. Sein Bestand an Lachsfischen, wie Felchen, und seine Nutzung als Trinkwasser-Reservoir ist ernsthaft gefährdet.
Ohne eine beträchtliche Reduktion der Phosphorzufuhren aus Abwässern und Abschwemmung landwirtschaftlich intensiv genutzter Flächen wird sich sein Zustand weiter verschlechtern.
Da eine Phosphorreduktion von heute 15 auf 6 t Gesamt-P/Jahr nicht genügend schnell verwirklicht werden kann, sind interne Eingriffe – wie Tiefenwasserableitung und Belüftung – die wirkungsvollsten Massnahmen, um eine Zustandsverbesserung zu erreichen. Die Grundlagen zur Wahl des Sanierungskonzeptes sind in einem Gutachten der EAWAG enthalten. Dank dieser Studie ist es nun möglich, die Projekte für die seeinternen Massnahmen detailliert zu planen und die kostengünstigste Variante zu ermitteln. Der Kanton Luzern hat diese Projektstudie kürzlich in Auftrag gegeben.

Résumé: L'état du Lac de Sempach

On a pu, à l'aide de mesures physiques et chimiques, suivre pendant plus de cinquante ans les modifications de l'état du Lac de Sempach. Les nombreux rapports et publications à ce sujet sont indiqués dans une bibliographie extensive.
Depuis 1950 la qualité de l'eau du Lac de Sempach s'est rapidement détériorée. Durant cette époque le lac a parcouru toute l'échelle de trophisation; d'oligotrophique qu'il etait, il est devenu eutrophique. Avec l'eutrophisation sont survenues des modifications de la faune et de la flore. L'effectif en salmonides, par exemple en féras, et l'utilisation en tant que réservoir d'eau potable sont sérieusement compromis.
Si l'on ne réduit pas considérablement les apports de phosphore provenant des eaux usées et des surfaces intensivement exploitées par l'agriculture, l'état du lac continuera à empirer.
Du fait que la réduction du phosphore de 15 t actuellement à 6 t de phosphore total par an ne peut pas être réalisée dans un délai suffisamment court, des interventions internes – telles que le drainage et l'oxygénation de l'hypolimnion – sont les mesures qui permettront le plus efficacement d'améliorer la qualité de l'eau. Les critères pour le choix de la conception d'assainissement sont contenus dans une expertise de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration, et la protection des eaux (EAWAG, Dübendorf). Grâce à cette étude, il est maintenant devenu possible de préparer en détail les projets concernant les mesures internes et de déterminer la variante la plus avantageuse du point de vue des frais. C'est le canton de Lucerne qui a récemment commandé cette étude.

Summary: The state of the lake "Sempachersee"

The trophic state of the lake "Sempachersee" could be followed up over 50 years by means of physical and chemical measurements using all published and unpublished data.
Since 1950 the lake showed a marked change in the trophic state and became more and more eutrophic. In the course of its eutrophication a change of species composition of algae, zooplankton and fish could be detected. The present stock of salmonids and the water supply is endangered.
In 1977 the total phosphorus load in the lake amounted to 15 tons per year. Without a significant decrease of the phosphorus input from sewage (50%) and erosion of agricultural land (50%) the trophic state of the lake will deteriote. Since the phosphorus loading cannot be reduced to 6 tons per year rapidly, the cantone of Lucerne plans internal provisions – as hypolimnic oxygenation and hypolimnic drainage – to restore the lake.
The planned measures are based on a computer model of the lake, which predictes the behavior of the lake, if the hypolimnic oxygenation and/or the hypolimnic drainage is in action. The modelling of the lake has been developped by the Swiss Federal Institute for Water Resources and Water Pollution Control (EAWAG, Dübendorf).

1. Einleitung

Der Sempachersee entstand in der letzten Eiszeit (Würm) und hat ein Alter von etwa 13 000 Jahren. Das Seebecken ist auf beiden Längsseiten von Moränenzügen begleitet, im südlichen Teil tritt der ursprüngliche Sandsteinfels hervor. Beim Rückzug stirnte der Gletscher bei Sursee und hinterliess als natürlichen Abschluss des Sees einen Moränenkranz bei Mariazell. Nach dem Abschmelzen der Gletscherzunge trat an ihre Stelle der See. Für die Landgewinnung wurde der Abfluss des Sees in den Jahren 1806 bis 1807 um etwa 1,7 m tiefer gelegt.
Über den Zustand des Sempachersees vor 1900 haben wir nur über die Fischerei indirekte Kenntnisse *(Heuscher* 1895). Alte Urkunden zeigen, dass schon im Mittelalter sein Felchenreichtum berühmt war. Über die Felchenfänge ist seit 1418 eine fast lückenlose Fangstatistik vorhanden. Auch heute sind Felchen (Balchen) die hauptsächlichsten Nutzfische, doch können hohe Erträge nur durch Jungfischeinsätze aus Brutanstalten aufrechterhalten werden, da die natürliche Fortpflanzung wegen Sauerstoffmangels über den Laichgründen gering ist. Als weiteres Anzeichen für die schlechten Sauerstoffverhältnisse wird auch der Rückgang der Trüsche und des Seesaiblings, der seit 1889 eingesetzt wurde, gewertet. Nur dank der Aufzucht in Fischbrutanstalten sind die Fischerträge auch noch heute mit 60 bis 100 kg/Hektare hoch, wobei in neuerer Zeit eine Ertragsminderung festgestellt wurde.
Um 1900 wurden erste systematische limnologische Studien über Fauna und Flora und seit 1910 auch periodische Temperaturmessungen, später gefolgt von weiteren physikalischen und chemischen Messungen, durchgeführt. Mit Hilfe dieser Untersuchungen, die von amtlichen und wissenschaftlichen Stellen ausgeführt wurden, können wir die Zustandsentwicklung des Sees bis heute sehr schön verfolgen *(Theiler* 1917, *Thomas* 1956, *Grobe* 1972, *Perret* 1973, *Zimmermann* 1974, *Ambühl* 1978).
Seit 1972 wird der Sempachersee viermal jährlich durch das kantonale Amt für Gewässerschutz und das kantonale Labor überwacht.

Tabelle 1. Angaben über den Sempachersee

Geographie	
47°9'N/8°9'E	504 m ü. M.
Eisbedeckung	selten, nur bei extrem kalten Wintern, wie z. B. 1895/96 zugefroren
Einzugsgebiet	62,6 km² (504–750 m ü. M.)
Seefläche	14,4 km²
Verhältnis	Einzugsgebiet/Seefläche = 1:4
Morphologie	
Länge	7,5 km
Breite	2,4 km
Grösste Tiefe	87 m
Mittlere Tiefe	46 m
Uferlänge	20 km
Volumen	0,67 km³
Abfluss	im Mittel 1,2 m³/s
Theoretische Erneuerungszeit	18 Jahre
Geologie	
Feinsande, Silte, Lehm von Moränen, Sandsteine der Süsswasser-Molasse, Schotter	
Kulturelle Nutzung	
Intensive Landwirtschaft, etwa 15 % bewaldet, wenig industrialisiert. Der See dient auch der Trinkwasserversorgung. Fischerei, vor allem auf Felchen. Erträge bis zu 100 kg/ha (1972-1975) durch künstlichen Besatz.	
Demographie	
Im Einzugsgebiet leben 9800 Einwohner, 5700 sind an eine biologische Kläranlage angeschlossen, 4300 an eine Kläranlage mit Phosphatfällung (Stand 1976/77).	

Die limnologische Literatur umfasst mehr als 50 Publikationen, deren physikalische und chemische Daten beim kantonalen Amt für Gewässerschutz archiviert sind.

Die Geschichte eines Sees kann auch mit Hilfe von Bohrkernen erschlossen werden. Solche Bohrkerne wurden 1957 und 1978 von *Züllig* erhoben. Sie zeigen, dass um 1950 erstmals anaerobe Verhältnisse über dem Seegrund auftraten. Zu diesem Zeitpunkt veränderte sich auch die Planktonzusammensetzung. Erwähnenswert ist auch, dass im Dezember 1963 erstmals die Blaualge *Oscillatoria rubescens D. C.* auftrat und im Herbst 1965 das Wasser für das Auge sichtbar verfärbte *(Schwander* 1966, *Thomas* 1965). Systematische Phytoplanktonuntersuchungen wurden in den Jahren 1969 bis 1970 *(Zimmermann* 1974) und 1972 bis 1976 durchgeführt. Eine zusammenfassende Studie über die Zooplanktonentwicklung seit 1950 bis 1972 ist von *Blatter* (1976) bearbeitet worden. Im Vergleich zu den fünfziger Jahren erfolgte während der warmen Jahreszeit eine starke Individuenzunahme, verbunden mit Verschiebungen in der Artzusammensetzung, die auf den eutrophen Zustand des Sempachersees hinweisen.

2. Hydrographie, Bevölkerung und Landwirtschaft

Der Sempachersee nimmt mit 14,4 km² Oberfläche die 14. Stelle unter den natürlichen Seen der Schweiz ein. Sein Einzugsgebiet umfasst 62,6 km², und das Seewasservolumen beträgt 670 Mio m³. Die grösste Tiefe in der Seemitte lässt sich mit 87 m ausloten, und die mittlere Tiefe beträgt 46 m. Über den Seeablauf, die Suhre, fliessen im Mittel 1,2 m³/s ab. Müsste man den See über die Zuflüsse neu auffüllen, benötigte man 18 Jahre. Der Sempachersee hat die grösste Auffüllzeit aller Seen in der Schweiz, vergleichsweise brauchen der Vierwaldstätte nur drei und der Baldeggersee fünf Jahre (Tabelle 1).

Die Bevölkerungsentwicklung im Einzugsgebiet zeigt die Tabelle 2 auf, in den letzten 25 Jahren betrug die Zunahme rund 50 %. In den See entwässern 9800 Einwohner (1977), wobei 5700 Einwohner an eine biologische Kläranlage, 4300 Einwohner sogar an eine Kläranlage mit Phosphatfällung angeschlossen sind. Das Einzugsgebiet mit den bestehenden Kläranlagen ist in Bild 1 dargestellt. Bis 1982 werden die Abwässer der nördlichen Gemeinden (Eich, Schenkon, Oberkirch, Nottwil und das Gebiet von

Bild 1. Einzugsgebiet des Sempachersees und der Kläranlage Surental mit Stand der Abwassersanierung in den Jahren 1978 und 1982.

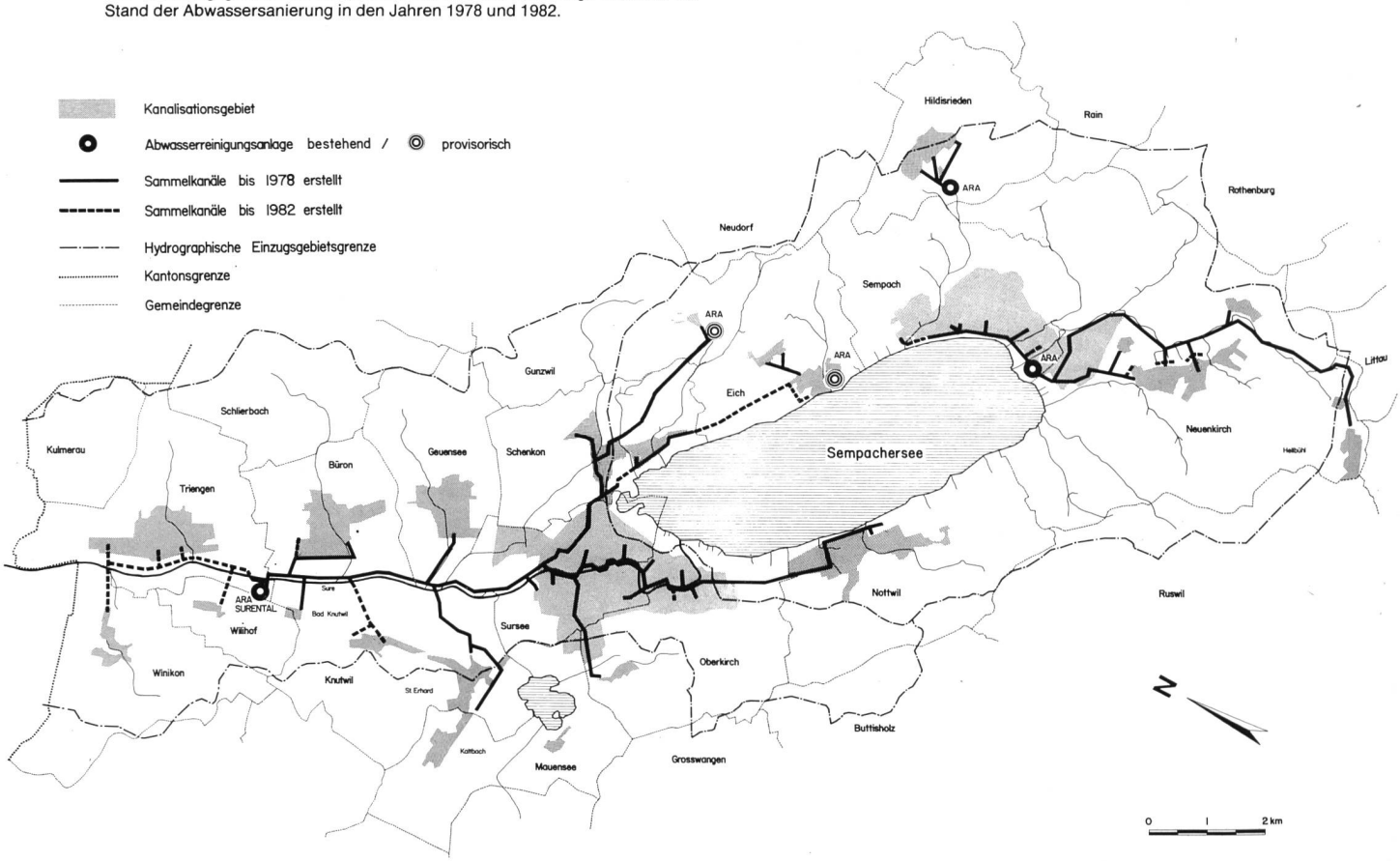


Tabelle 2. Bevölkerungsentwicklung und Anschluss der Einwohner an eine Kläranlage im Einzugsgebiet des Sempachersees

Einwohner im Einzugsgebiet

	1950	1967	1970	1975	1976/77
Neuenkirch	2300	2400	2500	3320	3370
Sempach	1308	1590	1619	1892	1910
Nottwil	1185	1280	1340	1485	1480
Schenkon	686	680	701	898	940
Eich	521	495	521	636	660
Hildisrieden	375	375	450	1103	1150
Gunzwil	100	90	80	180	280
	6475	6910	7211	9514	9790

Einwohner, die über eine Klärgrube mit Überlauf entwässern

	1950	1967	1970	1975	1976/77
Neuenkirch	1100	1475	1630	550	480
Sempach	1150	1230	1360	360	100
Nottwil	710	880	940	1120	1130
Schenkon	300	350	400	600	250
Eich	120	250			
Hildisrieden	150	220	250	30	
Gunzwil	–	–	–	–	–
	3530	4405	4580	2660	1960

Einwohner, die an eine Kläranlage angeschlossen sind

	1967	1970	1975	1976/77
Neuenkirch	–	–	1800	1950
Sempach	–	–	1650	1800
Hildisrieden	–	–	500	541
Eich		300	425	460
Gunzwil		–	100	200
Schenkon				730
		300	4375	5681

Tabelle 3. Entwicklung der Tierbestände in sechs Gemeinden um den Sempachersee

Rindviehbestand	1931	1956	1975	Zunahme
Sempach	1179	1239	1449	
Eich	735	773	1002	
Schenkon	864	974	1117	
Nottwil	1695	1630	1917	
Neuenkirch	3720	3800	4734	
Hildisrieden	1243	1161	1512	
Total	9436	9577	11 731	51 %

Schweinebestand	1931	1956	1975	
Sempach	2180	2046	4953	
Eich	504	1032	2763	
Schenkon	532	1309	5656	
Nottwil	1337	2192	5687	
Neuenkirch	3460	6275	11 210	
Hildisrieden	1168	1962	4564	
Total	9181	14 816	34 833	379 %

(Bäch) vom See ferngehalten und der Kläranlage Surental zugeführt. Grössere Industrien fehlen im Einzugsgebiet des Sempachersees.

Von den 62,6 km² werden 53,0 km² landwirtschaftlich genutzt, hauptsächlich für Futterbau (Graswirtschaft). Die Ackerbaufläche beträgt nur 14 %.

Die Landwirtschaft zeichnet sich durch eine sehr intensive Tierhaltung, insbesondere Schweinehaltung, aus. Die Veränderungen der Tierbestände in den letzten 25 Jahren in den sechs Gemeinden um den See ist in der Tabelle 3 zusammengestellt. Der Bestand an Rindvieh nahm um 50 %, derjenige an Schweinen um 380 % zu.

1979 wurde durch Befragung aller landwirtschaftlichen Betriebe eine Düngebilanz im Einzugsgebiet des Sempachersees erstellt (AGBA-Bericht, 1980). Der Dünganfall aus der Tierhaltung betrug 240 t Phosphor und 850 t Stickstoff. Diese Zahlen erhöhen sich bei Berücksichtigung von Kunstdüngern und Klärschlamm auf 300 beziehungsweise 1000 t/Jahr. Verluste von wenigen Prozenten dieser Düngstoffe durch Abschwemmung erhöhen die Nährstoffbelastung des Sempachersees auf ein gefährliches Mass.

Rechnet man mit einem Anfall von 4,2 g P und 14 g N pro Einwohner und Tag, so beträgt die jährliche Nährstofffracht durch häusliche Abwasser 15 t P bzw. 50 t N/Jahr. Dieser Vergleich weist schon darauf hin, dass neben den kommunalen Abwässern der Eintrag von Nährstoffen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen nicht vergessen werden darf.

3. Temperaturverteilung

Einen guten Überblick auf die Temperatur- und Schichtungsverhältnisse des Sempachersees gibt Bild 2.

Zu einer tiefgreifenden Zirkulation kommt es jeweils erst im Frühjahr. Im Winter wird vielfach eine inverse Schichtung festgestellt, wobei nur bei extrem kalten Wintern der See vollständig zufriert (zum Beispiel 1880 und 1891–1896). Bei Vollzirkulation können bis über Grund im Extremfall 2,9 ° C gemessen werden (4. März 1970).

Beim Fehlen von starken Winden im Frühjahr ist die Umwälzung der Wassermassen zu kurz, um das Tiefenwasser mit Sauerstoff zu sättigen. Aufgrund der Sauerstoffkonzentrationen fand eine längere, tiefgreifende Zirkulation in den Jahren 1951, 1952, 1954, 1955, 1968, 1970, 1974, 1975 und 1978 statt. Jahre mit ungenügender Zirkulation waren zum Beispiel 1969, 1971, 1972, 1973, 1976 und 1977.

Von Mai bis November bildet sich ein ausgeprägtes Epilimnion, und wärmeres Wasser schwimmt auf kälterem Tiefenwasser. Die Temperatursprungschicht liegt während der Sommerstagnation zwischen 5 und 15 m. In 40 m Tiefe steigt die Temperatur in dieser Periode selten über 5 °C, und über Grund werden je nach klimatischen Verhältnissen 4,0 bis 4,8 ° C gemessen.

4. Eutrophierung

Will man auf erste Messungen zurückgreifen, die eine Aussage über die Zustandsveränderung des Sempachersees ermöglichen, so kann dies durch einen Vergleich der Sichttiefen geschehen, insbesondere da Werte aus früheren Jahren vorliegen *(Theiler* 1917). Seen mit geringer Algenproduktion weisen normalerweise Sichttiefen von mindestens 3 m auf. Die minimale Sichttiefe kann als Mass der grössten Algendichte betrachtet werden. Im Zeitraum 1910 bis 1950 wurden im Sempachersee minimale Werte von 2,3 bis 3,0 m jeweils im Hochsommer gemessen. In den Jahren darauf fielen die Sichttiefen immer kleiner aus. Heute misst man etwa 1,3 m, wobei diese Minimalwerte schon im Frühling auftreten. Die Abnahme der Sichttiefen zeigt die

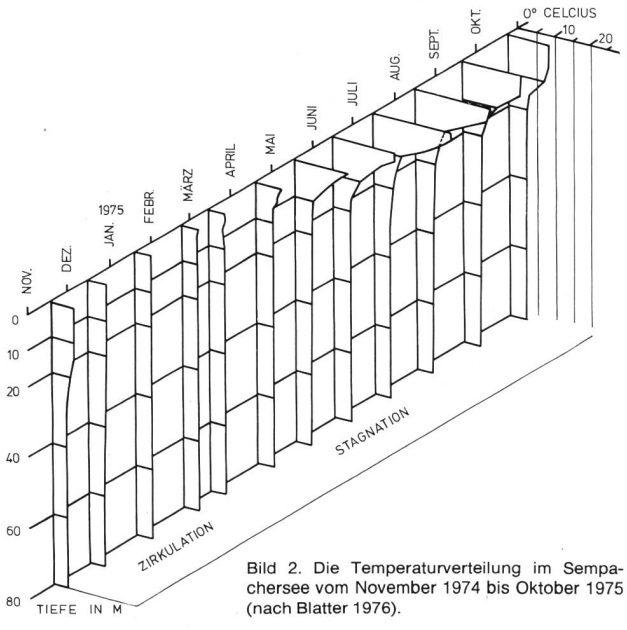


Bild 2. Die Temperaturverteilung im Sempachersee vom November 1974 bis Oktober 1975 (nach Blatter 1976).

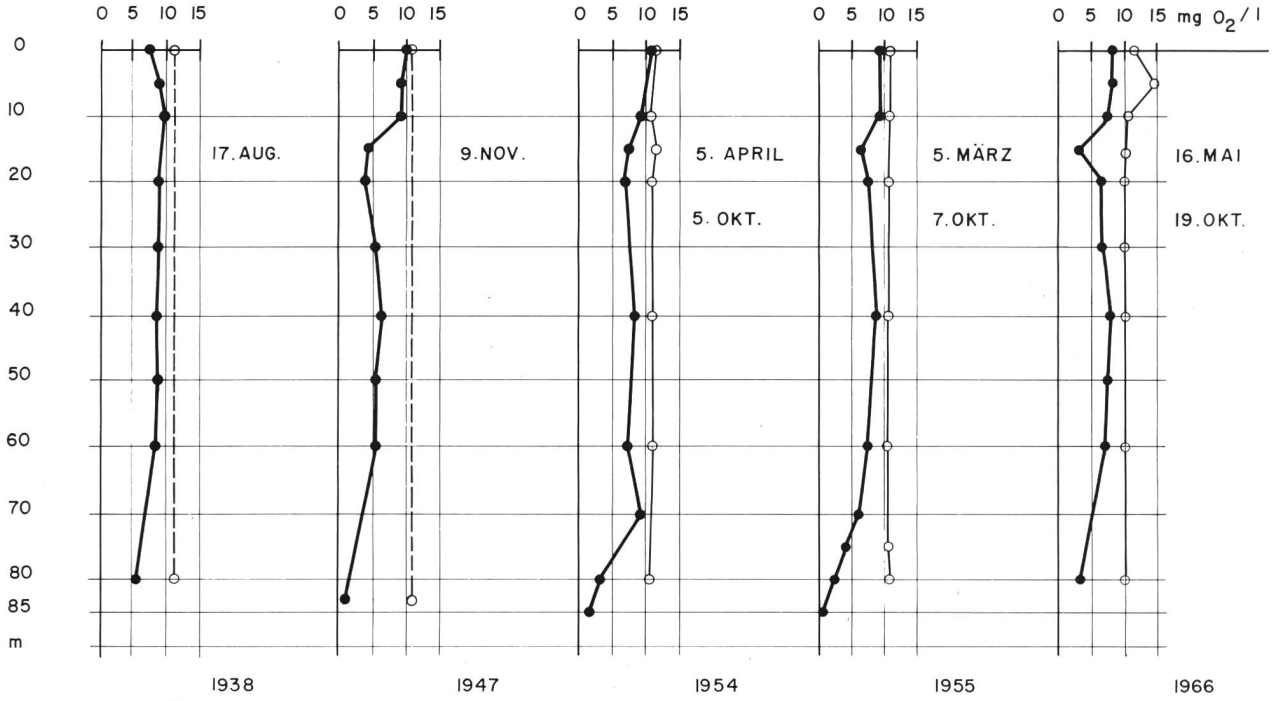


Bild 5. Sauerstoffprofile des Sempachersees, gemessen jeweils im Frühjahr und Herbst.

- Mittlere Phosphor-Konzentration während der Vollzirkulation höchstens 30 µg Gesamt-P/l.
- Ganzjährige Sauerstoffkonzentrationen an jedem Ort, mindestens 4 mg O_2/l (kritischer Wert für Fische).
- Jährliche Primärproduktion, höchstens 150 g Kohlenstoff/m² und Jahr.

Will man die Ursachen der Überdüngung radikal bekämpfen, so ist dies nur durch eine Erniedrigung der Phosphorzufuhr zu erreichen *(externe* Massnahmen). Es gibt aber Möglichkeiten, auch durch *interne* Massnahmen die Sanierungsziele zu erreichen. Dabei können folgende Strategien angewendet werden:

- Erhöhung des Phosphoraustrages durch Ableitung des nährstoffreichen Tiefenwassers.
- Erhöhung des Phosphortransportes in die Seesedimente und Verhindern der Eigendüngung aus diesen Sedimenten.
- Künstlicher Eintrag von Sauerstoff, sei es durch erzwungene Zirkulation der Wassermassen im Winter oder/und durch Belüftung der tieferen Schichten im Sommer.

Tiefenwasserableitung (Hypolimnion-Drainage)

Das Prinzip der Tiefenwasserableitung beruht darauf, nährstoffreiches, sauerstoffarmes Tiefenwasser vom See zu entfernen. Der im Hypolimnion während der Sommerstagnation akkumulierte Phosphor wird somit vom See abgeleitet und die Aufenthaltszeit des Tiefenwassers verkürzt. Man erreicht, dass

- die Sauerstoffkonzentration weniger rasch abnimmt,
- im günstigsten Fall die Phosphorrücklösung nicht mehr auftritt,
- trotzdem rückgelöster Phosphor vom See endgültig entfernt wird.

Zwangszirkulation (Destratifikation)

Mit Hilfe von mechanischer Energie will man die Winterschichtung zerstören und eine vollständige Umwälzung der Wassermassen erzwingen. Während der Monate Januar, Februar und März kann sich dann das Wasser mit Luftsauerstoff sättigen. Das Verfahren der Zwangszirkulation kann relativ einfach mit der Belüftung kombiniert werden. Der in die Tiefe eingetragene Sauerstoff wird während des Sommers durch den Abbau von organischem Material schnell aufgezehrt, und die alleinige Zwangszirkulation im Winter genügt meist nicht, um ganzjährig aerobe Verhältnisse zu erreichen. Die Zwangszirkulation muss deshalb mit anderen internen Massnahmen wie Belüftung oder Tiefenwasserableitung verbunden werden.

Belüftung des Tiefenwassers (Hypolimnionbelüftung

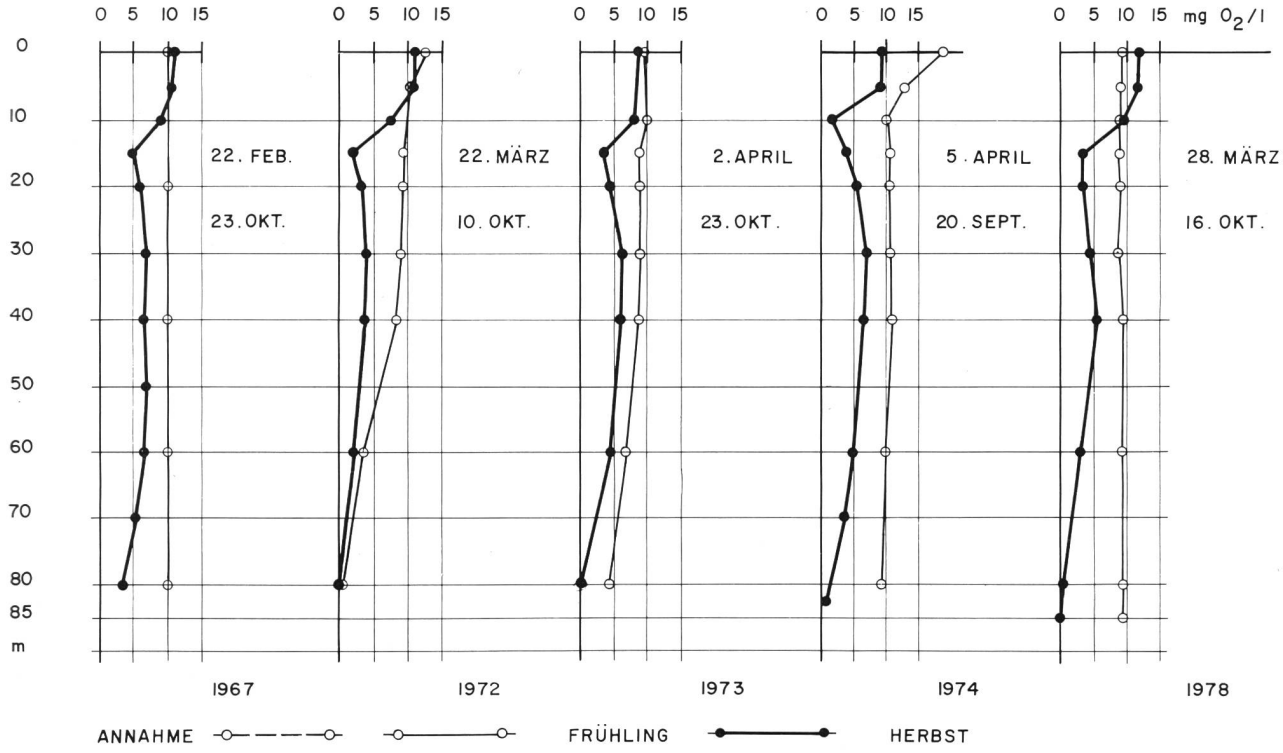
Im Sommer schwimmt warmes Wasser auf kaltem Tiefenwasser, und ein Austausch ist verunmöglicht. Man will nun die tieferen, sauerstoffarmen Schichten – vor allem über dem Sediment – belüften, ohne die Temperaturschichtung zu zerstören und die oberen Schichten mit nährstoffreichem Tiefenwasser zu düngen. Durch eine geeignete Anordnung wird deshalb Tiefenwasser belüftet und zur Entnahmestelle zurückgeleitet. Dadurch erreicht man eine Verbesserung der hypolimnischen Sauerstoffkonzentration, einen besseren Rückhalt des Phosphors und somit eine Verringerung der Phosphorkonzentration. Mit dem Sauerstoffeintrag werden auch die Lebensbedingungen für Fische verbessert.

Die Auswirkungen einer Frachtreduktion und dieser künstlichen, internen Eingriffe auf den Sempachersee sind in einer Studie von der EAWAG (1979) mit Hilfe von Seemodel-

Tabelle 7. Phosphorzufuhren in den Sempachersee im Jahr 1977 und Prognose nach der Sanierung der Abwässer und der Verringerung des Eintrages aus der Landwirtschaft (nach EAWAG 1979)

	Tonnen Gesamt-P/Jahr	
	1977	nach Sanierung
Niederschläge	1,2	* 1,0
Abwässer	7,4	3,0
Aus landwirtschaftlich genutzten Flächen	6,0	2,0
Aus nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen (Wald usw.)	0,1	0,1
Total	~15,0	~6,0

* mittlere Niederschlagsmenge



len simuliert worden. Dieses Gutachten emphiehlt folgendes Vorgehen:

Um eine Reduktion der externen P-Zufuhr zu erreichen, darf häusliches und gewerbliches Abwasser nur beseitigt werden:

- durch Anschluss an eine Kläranlage mit mindestens *85%iger Phosphorelimination* (ARA Sempach und ARA Hildisrieden) oder Fernhaltung vom See (ARA Surental),
- durch sorgfältige Verwertung in der Landwirtschaft, das heisst in *abflusslosen Jauchegruben* zusammen mit dem Hofdünger,
- durch Sammlung der Abwässer in *abflusslosen Gruben,* die periodisch entleert werden.

Ebenfalls müssen die Nährstoffzufuhren aus den landwirtschaftlich genutzten Böden durch eine Änderung der Düngepraxis und der Anbaumethoden beträchtlich erniedrigt werden. Unter Berücksichtigung der steilen Lage des Einzugsgebietes darf der Phosphor-Austrag 50 kg/km² · Jahr nicht überschreiten. Nach Abschluss der Abwassersanierung und dem Einhalten eines Phosphoreintrages von 50 kg/km² · Jahr kann die heutige Phosphorfracht von 15 auf rund 6 t reduziert werden (Tabelle 7). Verharrt die Phosphorfracht auf dem heutigen Wert, so zeigen die Modellrechnungen der EAWAG, dass der Sempachersee noch im Ungleichgewicht liegt und einer Konzentration von etwa 300 µg Gesamt-P/l zustreben würde.

Auch wenn die Phosphorzufuhren auf den empfohlenen Wert reduziert werden, sind seeinterne Massnahmen für eine Zustandsverbesserung unumgänglich.

Im EAWAG-Gutachten ist das Verhalten des Sempachersees auf externe und interne Massnahmen mit Hilfe eines Seemodells prognostiziert worden.

Bei einer Verminderung der Phosphorbelastung auf rund 6 t/Jahr würde eine Tiefenwasserableitung von 1,1 m³/s aus 83 m Tiefe in zehn Jahren zu aeroben Verhältnissen (minimale O_2-Konzentration 2 mg/l) führen, und der Phosphorgehalt würde von heute 120 µ Gesamt-P/l auf 40 µg P/l fallen.

Bei gleicher Phosphorreduktion und einer Belüftung des Hypolimnions während der Monate April bis Dezemberwürden die Sauerstoffverhältnisse sofort verbessert und die Phosphorkonzentration in zehn Jahren ebenfalls auf 40 µg Gesamt-P/l herabgesetzt. Im Jahre 2000 wäre die Zielvorstellung eingehalten. Die Belüftungseinheiten müssten etwa 7 t Sauerstoff/Tag in das Hypolimnion einbringen, bei einer Wasserentnahme in 83 m und einer Rückgabe des belüfteten Wassers in 45 m Tiefe.

Gelingt die externe Phosphorreduktion, so ist sowohl mit einer Tiefenwasserableitung als auch mit einer Hypolimnion-Belüftung ein gesetzeskonformer Zustand zu erreichen. Der Kanton Luzern hat eine Projektstudie in Auftrag gegeben, die die Investitions- und Betriebskosten für die beiden internen Sanierungsmassnahmen aufzeigen wird.

Literaturzusammenstellung über den Sempachersee 1869 bis 1980

Zwimpfer L., 1869
Die Ursachen der Abnahme der sogenannten Sempacher Balchen und die Mittel zum Erhalten und zur Vermehrung des Fischreichtums des Sempachersees. 2 Seiten Folio, Original im Staatsarchiv Luzern

Heuscher J., 1895
Der Sempachersee und seine Fischereiverhältnisse. Schweiz. Fischereizeitung, 3, 163–213

Arnet X., 1897
Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz während der Winter 1890/91 bis 1895/96. Mitt. Naturforsch. Ges. Luzern, 1, 59–194

Burckhardt G., 1900
Faunistische und systematische Studien über das Zooplankton der grösseren Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Rev. suisse de Zool. (Genève), 7, Diss. Basel 1900, 714 Seiten

Bachmann H., 1901
Beitrag zur Kenntnis der Schwebflora der Schweizer Seen. Biol. Centralblatt, 21, 193–247

Theiler A., 1917
Beiträge zur Planktonkunde des Sempachersees und Baldeggersees. Mitt. Naturf. Ges. Luzern, 7, 309–359

Bachmann J. und *Hotz W.*, 1922
Gutachten über die mutmasslichen Folgen der Absenkung des Sempachersees. Manuskript, unveröffentlicht, Kant. Amt für Gewässerschutz, Luzern, 23 S.

Du Bois A. M. und *Geigy R.*, 1935
Beiträge zur Ökologie, Fortpflanzungsbiologie und Metamorphose von *Sialis lutaria* L. Rev. suisse Zool., 42, 169–248

Kantonales Laboratorium Luzern, 1938–1978
Untersuchungen des Sempachersees, unveröffentlichte Daten. Gewässerschutzamt des Kantons Luzern

Leemann W., 1939
Landeskunde der Schweiz. Rentsch-Verlag, Zürich

Gamma H., 1942
Die Blütenpflanzen der Schweizer Seen. Vivarium, Band 4, S. 2–12

Adam F. und *Birrer A.,* 1943
Biologisch-chemische Studie am Baldeggersee. Mitt.. Naturf. Ges. Luzern, 14, 21–98

Steinmann P., 1948
Felchenprobleme: Alpine und subalpine Felchen. Verh. int. Ver. Limnol., 10, 460–475

Jaag O., 1949
Die neuere Entwicklung und der heutige Zustand der Schweizer Seen. Verh. int. Ver. Limnol., 10, 192–209

Märki E., 1949
Die Limnologie der schweiz. Seen und Flüsse. Zusammenstellung der Literatur seit 1900. Schweiz. Z. Hydrol., 11, 650–707

Thomas E. A., 1949
Regionallimnologische Studien an 25 Seen der Nordschweiz. Verh. int. Ver. Limnol., 10, 489–495

Geigy R. und *Grobe D.,* 1950
Verteilung des Zooplanktons zu verschiedenen Jahreszeiten (1948–1950). Rev. suisse Zool., 57, Nr. 19, 534–542

Gamma H., 1951
Zur Uferflora der zentralschweizerischen Seen und zum Problem des Uferschutzes. Eröffnungsansprache des Jahrespräsidenten der SNG bei Anlass der 131. Jahresversammlung in Luzern, 29. September bis 1. Oktober 1951. Verh. Schweiz. Naturf. Ges., 131, 11–25

Jaag O., 1952
Die neuere Entwicklung und der heutige Zustand schweizerischer Gewässer, Gas und Wasserfach, 93, Heft 6, 8 Seiten

Nipkow F., 1952
Die Gattung *Polyarthra Ehrenberg* im Plankton des Zürichsees und einiger anderer Schweizer Seen. Schweiz. Z. Hydrol., 14, 135–181

Jaag O., 1953
Der derzeitige Zustand der schweizerischen Gewässer. Fisch und Fischerei, (Zürich) 343–354

Thomas E. A., 1953
Zur Bekämpfung der See-Eutrophierung: Empirische und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis der Minimalstoffe in 46 Seen der Schweiz und angrenzenden Gebiete. Monatsbull. Schweiz. Gas- und Wasserfachm., 9/10, 1– 11

Speck J., 1955
Zur Kenntnis der prähistorischen Ufersiedlungen auf der Landzunge bei Mariazell (Gemeinde Sursee, Luzern). Mitt. Natf. Ges. Luzern, 17, 177–195

Thomas E. A., 1956
Untersuchung des Sempachersees 1954 bis 1956. Nicht publiziert, Kant. Labor, Zürich

Nydegger P., 1957
Vergleichende limnologische Untersuchungen an sieben Schweizer Seen. Beiträge zur Geologie der Schweiz Nr. 9, 805 (1957)

Grobe D., 1958
Mehrjährige Untersuchungen am Zooplankton des Sempachersees. Rev. suisse Zool., 65, 1–93

Züllig H., 1958
Beobachtungen über die zunehmende Eutrophierung des Sempachersees. Plan. Schweiz. Z. Landes-, Regional- und Ortsplanung, Nr. 3, 100–103 (1958)

Kopp J., 1962
Veränderungen von Seen und Flussläufen in der Zentralschweiz in der interglazialen und postglazialen Zeit. Mitt. Naturf. Ges. Luzern, 19, 153–166

Pavoni M., 1963
Die Bedeutung des Nannoplanktons im Vergleich zum Netzplankton. Schweiz. Z. Hydrol., 25, 219–341

Thomas E. A., 1965
Das Schicksal des Sempachersees. Eine Betrachtung zur Förderung des Gewässerschutzes. Neue Zürcher Zeitung Nr. 4130 vom 5. 10. 1965

Schwander A., 1966
Beobachtungen am Sempachersee in den Jahren 1964 und 1965. Luzerner Landbote, Sursee, vom 11. 7. 1966, 2 Seiten

Thomas E. A., 1968
Eutrophierungsvorgang bei den Seen Zentraleuropas. Wasser- und Energiewirtschaft, 60, 115–125

Lacoste V., 1970
Untersuchungen des Sempachersees 1969/70 und Vergleich der Ergebnisse mit denjenigen der Jahre 1949, 1950 und 1951. Diplomarbeit, unveröffentlicht, Universität Basel, 35 Seiten

Ambühl H., 1972
Wie sauber sind unsere Seen? Schweiz. Maschinenmarkt, 29, 37–41

Ambühl H., 1972
Vorschläge für die Überwachung des Zustandes von Gewässern. Föderation europäischer Gewässerschutz (FEG), Symposium Zürich 1972

Grobe D. und *Lacoste V.,* 1972
Veränderungen beim Crustaceenplankton des Sempachersees zwischen 1950 und 1970, insbesondere bei Cyclopiden. Rev. suisse Zool., 79, 999–1015

Jaussi R., 1972
Untersuchungen am Zooplankton des Sempachersees vom März bis August 1972 und Vergleich der Ergebnisse mit denjenigen der Jahre 1969 und 1950. Zoologisches Institut der Universität Basel, unveröffentlichtes Manuskript

Ambühl H., 1973
Heutiger Zustand und zukünftige Entwicklung der Alpenrandseen. Jahrbuch für Umweltschutz 1973, Verlag Huber, Frauenfeld

Hoigné J., 1973
Auswirkung der Strassensalzung auf die Gewässer. Auftraggeber: Vereinigte Schweiz. Rheinsalinen, Schweizerhalle, EAWAG-Bericht Nov. 1973, Dübendorf, 33 Seiten

Imboden D. M., 1973
Limnologische Transport- und Nährstoffmodelle. Schweiz. Z. Hydrol., 35, 29–68

Perret P., 1973
Untersuchungen über die Bodenfauna des Litorals im eutrophierten Sempachersee. Schweiz. Z. Hydrol., 35, 70–113

Zimmermann Ch., 1974
Die pelagischen Rotatorien des Sempachersees, mit spezieller Berücksichtigung der Brachioniden und der Ernährungsfrage. Schweiz. Z. Hydrol., 36, 206–297

Ambühl H., 1975
Die jüngste Entwicklung schweizerischer Seen. Neue Zürcher Zeitung, Beilage Forschung Nr. 53, 5. 3. 1975

Ambühl H., 1975
Unsere Seen heute. Weltwoche Nr. 23, 1. 6. 1975

Schalenkamp M., 1975
Les eaux de lac comme source d'eau boisson – situation suisse – Gas, Wasser, Abwasser, 55, 329–342

Blatter S., 1976
Untersuchungen am Zooplankton des Sempachersees vom November 1974 bis Oktober 1975 und Vergleich der Ergebnisse mit denjenigen der Jahre 1949–1951, 1969 und 1972. Diplomarbeit, unveröffentlicht, Universität Basel, 93 Seiten

Stadelmann P., 1977
Limnologie als Aufgabe einer kantonalen Gewässerschutzfachstelle. Wasser-Energie-Luft, Baden, 69, 258–263

Ambühl H., 1978
Untersuchungen des Sempachersees von 1975 bis 1978 und seiner Zuflüsse, unveröffentlichte Daten der EAWAG, Dübendorf

Casiraghi R., 1978
Vorschlag für eine Vorschrift für die Bedienung der Wehre am Abfluss des Sempachersees aufgrund von Messdaten. Diplomarbeit, Abendtechnikum Luzern, unveröffentlicht, 195 Seiten

Schifferli A., 1978
Rückstände von Pestiziden und PCB bei schweizerischen Haubentauchern Podiceps cristatus. Der Ornithologische Beobachter, 75, 1–18

EAWAG *(Bührer H., Gächter R.* und *Stumm W.),* 1979
Gutachten über die Sanierungsmöglichkeiten des Sempachersees. Gutachten der EAWAG Nr. 4564, Dübendorf; Militär- und Polizeidepartement des Kantons Luzern und Kantonales Amt für Gewässerschutz, 67 Seiten

Moos F. und *Jozic M.,* 1980
Die Belastung von Boden und Gewässern durch die Landwirtschaft im Einzugsgebiet des Sempachersees unter besonderer Berücksichtigung des Phosphatgehaltes. AGBA AG Ebikon-Luzern. Kant. Amt für Gewässerschutz Luzern, 54 Seiten

OECD (Fricker Hj.), 1980
OECD Eutrophication Programme, Regional Project, Alpine Lakes, Swiss Federal Board for Environmental Protection, Bern, und OECD, Paris, 234 Seiten

Adresse des Verfassers: Dr. sc. nat. ETH *Pius Stadelmann,* Kantonales Amt für Gewässerschutz, Klosterstrasse 31, 6002 Luzern.