



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU

Abteilung Wasser
Tel.: +41 58 46 269 69
Fax: +41 58 46 303 71
wasser@bafu.admin.ch
<http://www.bafu.admin.ch>

Faktenblatt

Datum

1. Juli 2016

Sempachersee

Zustand bezüglich Wasserqualität



Lage des Sempachersees (blau) und seines Einzugsgebiets (rot)

1 Entstehung, Morphologie und Kenndaten

Der Sempachersee ist nach der Würm-Eiszeit vor rund 15'000 Jahren entstanden. Der Reuss-Gletscher hinterliess bei Sursee in Mariazell eine Endmoräne, dahinter wurde der Sempachersee aufgestaut. Das heutige Seebecken auf 504 m.ü.M. ist zwischen den Moränenzügen des Eichberges (750 m.ü.M.) im Nordosten und des Nottwilerberges (704 m.ü.M.) im Südwesten eingebettet. Der Sempachersee ist heute über ein Wehr reguliert.

In den Sempachersee entwässern 16 Bäche. Über den Seeabfluss, die Suhre, fliessen im Mittel 1.1 m³/s ab. Um das leere Seebecken (639 Mio. m³) zu füllen, würden die Zuflüsse 15 Jahre brauchen. Damit hat der Sempachersee eine der längsten Auffüllzeiten aller Schweizer Seen. Veränderungen der Nährstoffbelastung zeigen sich im Sempachersee deshalb in der Regel mit grosser Verzögerung.

Das hydrologische Einzugsgebiet des Sempachersees umfasst 61 km² und wird landwirtschaftlich intensiv genutzt (Abbildung 1). Mit 0.7 GVE/ha (2.6 GVE/ha landwirtschaftliche Nutzfläche) weist das Einzugsgebiet des Sempachersees den höchsten Viehbestand aller Schweizer Seen auf.

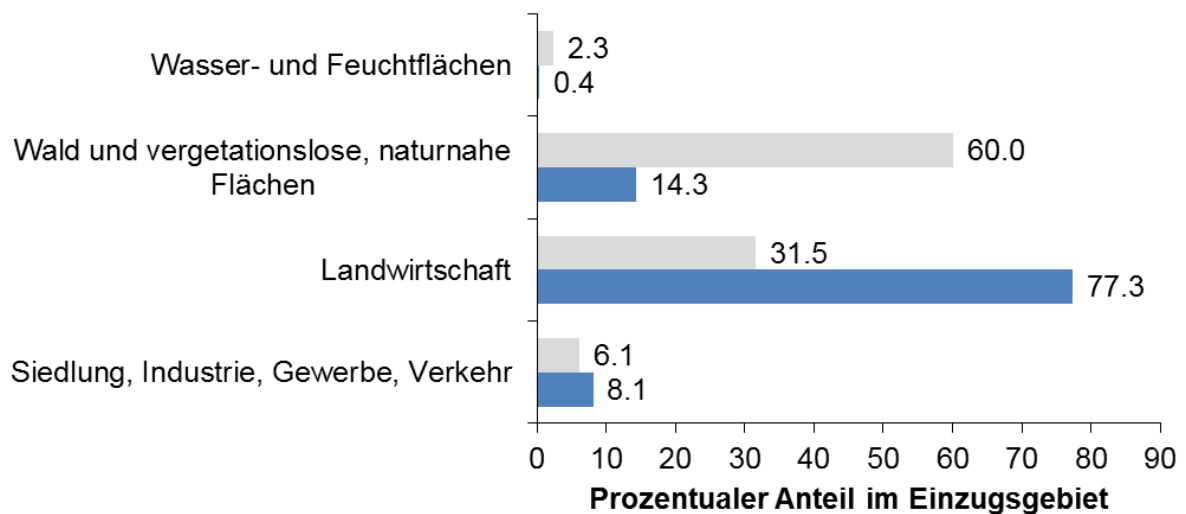


Abbildung 1: Bodennutzung im Einzugsgebiet des Sempachersees (blaue Balken) und Bodennutzung als Mittelwert der grössten Schweizer See-Einzugsgebiete (graue Balken) (Stand 2006, Datengrundlagen: EEA (2010), BAFU (2013)).

Eine Tabelle mit detaillierten Angaben zur Seenmorphologie und zu den Einzugsgebietsparametern befindet sich im Anhang.

2 Die Entwicklung des Seezustandes

2.1 Phosphorgehalt und -frachten

Mittels Sedimentanalysen und anhand der Kieselalgenzusammensetzung in den einzelnen Sedimentschichten konnten die P-Konzentrationen bis ins Jahr 1580 rekonstruiert werden (Hürlimann 2004). Diese lagen von 1580 bis 1940 bei ca. 20 µg/l und schwankten in einer Bandbreite von 15–30 µg/l. Zudem wurden Ende des 19. Jahrhunderts niedrige Besiedlungsdichten von Wasserpflanzen und das Fehlen von Laichkräutern beobachtet (Heuscher 1885). Demnach war der Sempachersee vor dem eigentlichen Messbeginn im Jahr 1951 ein oligotrophes Gewässer (mit 8 µg/l).

Seit den ersten Messungen im Jahre 1951 bis 1984 nahmen die P-Konzentrationen im See aufgrund der zunehmenden Belastung durch Abwassereinleitungen und P-Einträgen aus der Landwirtschaft um einen Faktor 20 auf 165 µg/l zu (Tabelle 1, Abbildung 2) und der Sempachersee erreichte einen eutrophen Zustand.

Seit 1984 nahmen die P-Konzentrationen im See stetig ab. Diese Trendumkehr kann auf folgende Gewässerschutzmassnahmen zurückgeführt werden:

1. Abwassersanierung im Einzugsgebiet:

Zwischen 1970 und 1990 war die Abwassersanierung soweit fortgeschritten, dass 82 % der Einwohner im hydrologischen Einzugsgebiet des Sempachersees an eine Kläranlage angeschlossen waren (Tabelle 1). 17 % der Einwohner entsorgten ihre Abwässer landwirtschaftlich über abflusslose Güllengruben und nur 1 % (rund 120 Personen) waren noch nicht an eine Kläranlage angeschlossen. Die P-Frachten aus den Kläranlagen und Regenüberläufen sind in den letzten Jahren etwa konstant geblieben, obwohl der Abwasseranfall in den 1990er Jahren wegen der weiter zunehmenden Bevölkerungsdichte im Einzugsgebiet massiv angewachsen ist (uwe 2014a). Das deutet auf einen fortschreitenden Erfolg der getroffenen Gewässerschutzmassnahmen auf den Gebieten der Abwassertechnik hin (Erhöhung des Anschlussgrads, Verbesserung der P-Elimination).

2. Inbetriebnahme der Belüftungsanlage:

Mit dem Betrieb der künstlichen Belüftungsanlage konnte die Tiefenmischung des Sees verbessert und verlängert werden, was einen erhöhten winterlichen P-Export aus dem See bewirkte (Tabelle 1).

3. Massnahmen in der Landwirtschaft:

Massnahmen zur Verminderung der Abschwemmungen und Auswaschung von Phosphor aus der Landwirtschaft haben zur Reduktion der P-Konzentration im See beigetragen. Die landwirtschaftlichen Nährstoffflüsse im Einzugsgebiet des Sempachersees sind geprägt durch einen hohen Import von Futtermitteln für Schweine, Rindvieh und Geflügel. Falls der Export von Hofdüngern, der bisher über die P-Projekte mitfinanziert wurde, wieder abnehmen würde oder falls bei den teuren seeinternen Massnahmen gespart würde, könnten die P-Konzentrationen im See wieder ansteigen.

Heute schwanken die P-Konzentrationen im Sempachersee in einem Bereich von 20 µg/l (Abbildung 2, uwe 2014b) und die P-Einträge schwankten während der letzten 5 Jahre je nach Niederschlagsverhältnissen zwischen 3.5–6.8 t/a, wobei bis zu ca. 50 % aus landwirtschaftlich genutzten Böden stammen (Müller et al. 2012, uwe 2014a).

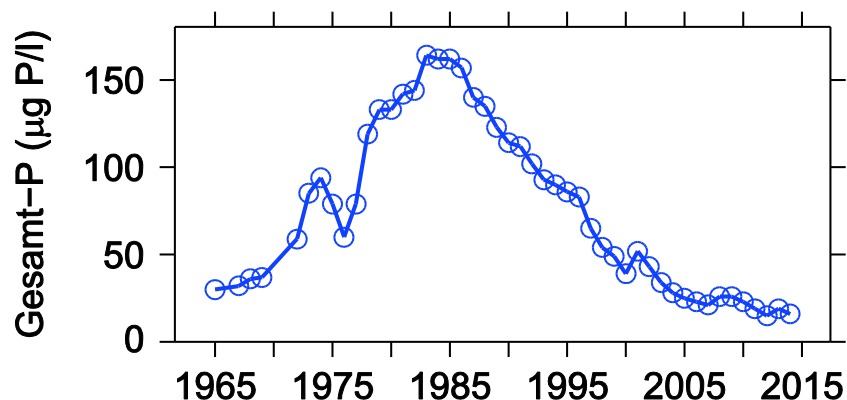


Abbildung 2: Jahresmittelwerte der Phosphorkonzentrationen im Sempachersee.

2.2 Sauerstoffgehalt

Erste anaerobe Sedimentschichten traten ab 1936 auf (Sturm 1993, Züllig 1982). Mit der zunehmenden Nährstoffbelastung verschlechterten sich die Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser weiter (Liechti 1994).

Dank der künstlichen Belüftung und der Reduktion der Nährstoffbelastung konnte der Zielwert für Sauerstoff von mindestens 4 mg/l seit 1984 meistens wieder eingehalten werden und der Zustand des Sempachersees verbesserte sich merklich (Crespi & Lovas 2005, Abbildung 3). Die Artenvielfalt des Phytoplanktons hat sich erhöht und das Wasser ist klarer geworden, dies ermöglichte auch ein besseres Aufkommen von Wasserpflanzen rund um das Seeufer. Das Makrozoobenthos drang in grössere Tiefen vor und bewirkte eine Bioturbation und bessere Mineralisation der Sedimente.

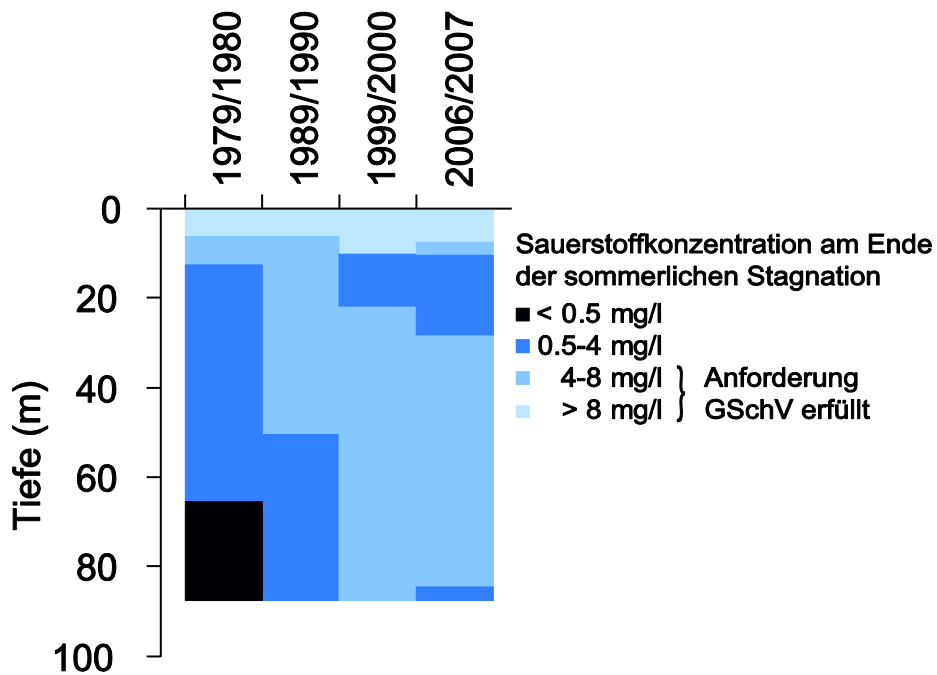


Abbildung 3 Sauerstoffkonzentrationen im Sempachersee

Obwohl die mittlere Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser nur noch selten den Wert von 4 mg/l unterschritt, blieb die Sauerstoffzehrung aufgrund der immer noch recht hohen Primärproduktion im Sommer unverändert hoch (Müller et al. 2012). Modellrechnungen zeigen, dass der aktuelle algenverfügbare P-Eintrag und die aktuelle P-Konzentration in einem Gleichgewicht stehen (Müller et al. 2012). Dies garantiert in etwa auch, dass die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser nicht mehr stark unter 4 mg/l absinkt, sofern sie zu Beginn der Schichtungsperiode die Sättigungskonzentration erreicht. Um die Stabilität des Sees zu sichern, ist die Weiterführung der Belüftung während des Winters vorerst aber noch immer notwendig.

Tabelle 1: Die Geschichte des Sempachersees im Überblick (Liechti 1994).

Chronik	
1806 bis 1807	Seespiegelabsenkung um etwa 1.7 m und massiver Rückgang der Schilfbestände
Ab 1945	Zunehmende Besiedelung, Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion; Rückgang von bewaldeten Flächen im Einzugsgebiet
Ab 1950	Starke Zunahme von Einleitungen von ungereinigtem Abwasser aus Siedlungen, Gewerbe und Industrie in den See Rückgang der Schilfbestände sowie Verschwinden von Drosselsänger und Zwergdommel
Ab 1965	Intensivierung der Landwirtschaft mit hohen Tierbeständen v.a. Schweine
1968	Inbetriebnahme der ARA Eich
1970	Inbetriebnahme der ARA Büel-Bäch
1972	Inbetriebnahme der ARA Sempach-Neuenkirch
1973	Inbetriebnahme der ARA Hildisrieden ¹
1975	Inbetriebnahme der ARA Surental und Aufhebung der ARA Eich und Büel-Bäch
8. Juli 1984	Inbetriebnahme der künstlichen Belüftung 2
7./8. Aug. 1984	Grosses Fischsterben aufgrund von Freisetzung von Algtoxinen der Blaualge <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
3. Sept. 1984	Stadtrat von Sursee erlässt partielles Düngeverbot im Bereich des Ufergebietes
1999	Sanierungsprojekt nach Artikel 62a des Gewässerschutzgesetzes zur Verhinderung der Abschwemmung und Auswaschung von Stoffen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen

¹ Seit 1991 werden die Abwässer der ARA Hildisrieden der ARA Surental zugeleitet.

² Während der Stagnation im Sommer wurde anfänglich über Grund reiner Sauerstoff feinblasig zugeführt und während des Winters mit grobblasiger Druckluft die Zirkulation unterstützt. Seit 1997 wird um Kosten zu sparen während des Sommers anstelle von Reinsauerstoff nur noch Druckluft eingeblasen, und seit 2003 wird während drei Monaten nur noch mit günstigem Nachtstrom belüftet, um die Mischung am Seegrund sicherzustellen.

3 Fazit

Die bisherigen Massnahmen zur Reduktion der P-Belastung im Einzugsgebiet des Sempachersees waren erfolgreich. Der See weist alle Voraussetzungen auf, um langfristig zu gesunden.

Die algenverfügbare P-Belastung des Sempachersees hat ein Niveau erreicht, in dem der See stabil bleiben kann (Müller et al. 2012). Die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser ist aber noch immer hoch, insbesondere auch wegen des sauerstoffzehrenden Einflusses der Sedimente, welche ein Relikt aus der eutrophen Phase des Sempachersees sind. Längerfristig kann die gesetzliche Anforderung bezüglich Sauerstoffkonzentration unter der Voraussetzung, dass während der Frühjahrszirkulation genügend Sauerstoff eingetragen wird und eine Sättigungskonzentration erreicht wird, auch ohne Belüftung eingehalten werden. Da dies stark von den jeweiligen Witterungsbedingungen abhängt, ist die grobblasige Belüftung während des Winters vorerst noch immer notwendig. Eine weitere Reduktion der P-Einträge würde den Seezustand zusätzlich stabilisieren.

Da über Abnahmeverträge ein sehr grosser Teil der im Einzugsgebiet umgesetzten Hofdünger vom See ferngehalten werden, muss auch längerfristig – falls die Abgeltungen nach Gewässerschutzgesetz Artikel 62a nicht mehr an die Landwirte abgegeben werden – dafür gesorgt werden, dass dieser grosse Phosphoranteil nicht mehr in den See gelangen kann.

Tabelle 2: Für den Sempachersee gültige Qualitätsziele.

Kriterium	Ziel	Grundlage
O ₂ -Konzentration	> 4 mg/l zu jeder Zeit an jedem Ort	Anhang 2 GSchV
P-Eintrag	< 7 t/a	Müller et al. 2012, uwe 2014a
P-Konzentrationen	< 30 µg/l	uwe 2014b

4 Literatur

BAFU, 2013: Einzugsgebietsgliederung Schweiz EZGG-CH, Bundesamt für Umwelt, Bern.
<http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/11452/index.html>.

BFS, 2010: Betriebszählung 2008. Branchenporträt Landwirtschaft. BFS Aktuell. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, 18 S.
www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/bzs1z/01.html

BFS, 2011: Statistik der Bevölkerung und der Haushalte 2011 (STATPOP2011), Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991. SR 814.20.

Casiraghi R., 1978: Vorschlag für eine Vorschrift zur Bedienung der Wehre am Abfluss des Sempachersees aufgrund von Messdaten. Diplomarbeit am Abendtechnikum Luzern/Horw, 175 S.

Crespi C., Lovas R., 2005: Sanierung des Sempachersees. Auswertung der Zufluss-Untersuchungen 1998 – 2003. Dienststelle Umwelt und Energie des Kantons Luzern, 42 S.

EEA, 2010: CORINE Land Cover Project, Europäische Kommission, Kopenhagen.

Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998. SR 814.201.

Heuscher J., 1885: Der Sempachersee und seine Fischereiverhältnisse, Schweizerische Fischereizeitung 3, 163 – 213.

Hürlimann J., 2004: Entwicklung des Gesamt-Phosphors im Sempachersee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen, Aquaplus, Zug, im Auftrag der Dienststelle Umwelt und Energie des Kantons Luzern, 73 S.

Liechti P., 1994: Der Zustand der Seen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 237. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 163 S.

Moosmann, L., Wüest, A. 2003. Phosphorbilanz von Sempachersee und Baldeggersee. Eintrag durch Zuflüsse, Seeinterne Bilanz. Eawag im Auftrag der Dienststelle für Umwelt und Energie des Kantons Luzern, 47 S. und 32 S.

Müller, B. Och, L. und Wüest, A., 2012: Entwicklung des Phosphorhaushalts und der Sauerstoffzehrung im Sempacher- und Baldeggersee, Eawag, Kastanienbaum.

Stadelmann P., Herzog P., Lovas R., 2004: Zustandsentwicklung des Sempachersees und getroffene Gewässerschutzmassnahmen. Dienststelle Umwelt und Energie des Kantons Luzern, 92 S.

Sturm M., 1993: Sedimente als Zeugen der See-Entwicklung. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern 33: 55-58.

uwe 2014a: Phosphoreinträge in den Sempachersee. Dienststelle Umwelt und Energie des Kantons Luzern. http://www.umwelt-luzern.ch/wqdb_emeinzneu2012.pdf (abgerufen am 25.8.2014).

uwe 2014b: Wasserqualität Sempachersee. Dienststelle Umwelt und Energie des Kantons Luzern. <http://www.uwe.lu.ch/WQSempachersee.pdf> (abgerufen am 25.8.2014).

Züllig H., 1982: Untersuchungen über die Stratigraphie von Carotinoiden im geschichteten Sediment von 10 Schweizer Seen zur Erkundung früherer Phytoplankton-Entfaltungen. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 44/1: 1-98.

5 Auskünfte

wasser@bafu.admin.ch

6 Internet

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13483/14095/index.html>

7 Anhang: Charakterisierung des Sempachersees und seines Einzugsgebietes.

Morphologie See

Seefläche	14.4 km ²
Volumen	0.639 km ³
Meereshöhe Seespiegel	504.0 m
Uferlänge	19.7 km
maximale Länge	6.9 km
maximale Breite	2.4 km
maximale Tief	87 m
mittlere Tiefe	44 m
mittlerer Abfluss	1.1 m ³ /s
theoretische Aufenthaltszeit	18.5 a
Anteil Wasserfläche des Sees im Ausland	0 %

Physiogeographie des Einzugsgebiets

Mittlere Meereshöhe	605 m
Maximale Meereshöhe	839 m

Bodenbedeckung und -nutzung im Einzugsgebiet (Stand: 2006, EEA 2010, BAFU 2013)

Gesamtfläche ohne Seefläche	61 km ²
Flächenanteil des EZG in der Schweiz	100.0 %
Siedlungsfläche, Städte, Parks	8.1 %
Industrie, Verkehr, Gewerbe	0.0 %
Ackerfähiges Land	76.9 %
Dauergrünland	0.0 %
Dauerkulturen, Reben, Obst	0.4 %
Wälder, Strauchvegetation	14.3 %
Vegetationslose naturnahe Flächen	0.0 %
Wasser- und Feuchflächen ³	0.4 %

Einwohner (Stand: 2011, BFS 2011)

Einwohner im EZG in Tausend	15.8
-----------------------------------	------

Landwirtschaft (Landw. Betriebsstrukturerhebung, BFS 2010)

Talzone	84.5 %
Hügelzone	15.5 %
Bergzone I	0.0 %
Bergzone II	0.0 %
Bergzone III	0.0 %
Bergzone IV	0.0 %
Sommerungsgebiet	0.0 %
GVE im Einzugsgebiet (ohne See)	0.713 ha ⁻¹

³ Fläche Sempachersee ausgenommen