



# Faktenblatt

Datum 1. Juli 2016

## Der Léman

### Zustand bezüglich Wasserqualität



Abbildung 1 Lage des Léman (blau) und seines Einzugsgebiets (rot)

## 1 Entstehung, Morphologie und Kenndaten

Das Becken des Léman wurde durch verschiedene Gletscher mehrerer Eiszeiten ausgehobelt. Nach dem Rückzug des Rhonegletschers vor fast 15'000 Jahren füllte sich dieses Becken mit Wasser. Der Léman ist bezüglich Oberfläche und Volumen einer der grössten Seen Europas (Liechti 1994).

Ausserdem wurde postuliert, dass die Tektonik die Entstehung des Sees mitbeeinflusst hat (Vernet et al., 1974). Der Léman gliedert sich in zwei unterschiedliche Becken, den „Grand Lac“ und „Petit Lac“, welche sich östlich bzw. westlich der Achse Yvoire-Nyon befinden.

Der Hauptzufluss des Léman ist die Rhone, welche rund  $\frac{3}{4}$  des Wassers bringt (CIPEL 2014a). Der wichtigste Zufluss aus Frankreich ist die Dranse, welche bei Thonon-les-Bains in den See mündet. Wichtige Zuflüsse des rechten Ufers sind die Venoge und die Aubonne, welche zwischen Lausanne und Nyon in den See münden.

Aufgrund der grossen Tiefe und der klimatischen Bedingungen zirkuliert der Léman nur sporadisch während kalter Winter. Die letzte beobachtete Vollzirkulation hat im Jahr 2012 stattgefunden (Lazzarotto et. al. 2013). In den vorangegangenen 56 Jahren erfolgten 11 Vollzirkulationen.

Das hydrologische Einzugsgebiet des Léman umfasst eine Fläche von 7'419 km<sup>2</sup>, wovon 88% auf Schweizer und 12% auf französischem Staatsgebiet liegen. Mehr als  $\frac{3}{4}$  der Einzugsgebietsfläche bestehen aus Wald und vegetationslosen, naturnahen Flächen (Abbildung 2). Aufgrund des kleinen Siedlungs- und Landwirtschaftsanteils an der Einzugsgebietsfläche war die Wasserqualität des Léman bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts sehr gut und das Seewasser wurde bis 1935 ohne Vorbehandlung von der Stadt Genf als Trinkwasser abgegeben (Liechti 1994). Heute wird das Seewasser zur Trinkwassergewinnung für ca. 600'000 Einwohnern aufbereitet (CIPEL 2014b). Gleichzeitig nimmt der Léman das gereinigte Abwasser von rund 1.3 Mio. Einwohnern bzw. 3.3 Mio. Einwohnergleichwerten<sup>1</sup> auf (Envilab 2013).

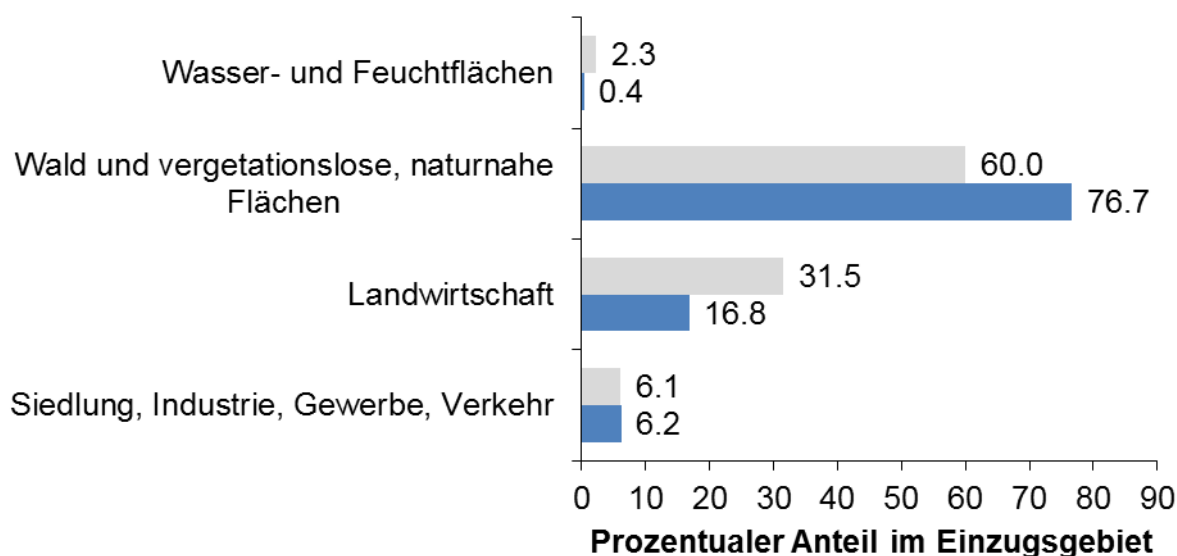


Abbildung 2: Bodennutzung im Einzugsgebiet des Léman (blaue Balken) und Bodennutzung als Mittelwert der grössten Schweizer See-Einzugsgebiete (graue Balken; Stand 2006, Datengrundlagen: EEA (2010), BAFU (2013)).

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

<sup>1</sup> Ein Einwohnergleichwert ist die Masseinheit für die durchschnittlich pro Tag erzeugte Schmutzfracht pro Einwohner aus Haushalt, Industrie und Gewerbe.

## 2 Die Entwicklung des Seezustandes

### 2.1 Phosphorgehalt und -frachten

Die ersten gemessenen P-Konzentrationen in den 1950er Jahren betragen 10 – 15 µg/l (CIPEL 2014b) – der Léman befand sich in einem oligo – mesotrophen Zustand. Infolge der zunehmenden Nährstoffbelastung aus der Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung aus der dicht besiedelten Uferregion stiegen die P-Konzentrationen bis Ende der 1970er Jahre auf rund 90 µg/l an (Abbildung 3) und der Léman erreichte damit einen eutrophen Zustand.

Aufgrund der verschiedenen Sanierungsmassnahmen – Ausbau der Siedlungsentwässerung, Verbesserung der Reinigungsleistung der ARAs, Verbot von phosphathaltigen Waschmitteln und verminderter Düngereinsatz in der Landwirtschaft – konnte die P-Belastung von rund 1'500 t/a Ende der 1970er Jahre auf rund 300 t/a in den Jahren 2010-2012 gesenkt werden (CIPEL 2014b, Liechti 1994). Davon stammen rund 130 t/a aus natürlichen Quellen und sind an Partikel gebunden, welche rasch ins Sediment absinken und nicht algenverfügbar sind. Entsprechend sanken die P-Konzentrationen im Léman seit Ende der 1970er Jahren wieder auf tiefere Werte ab (

Tabelle 1) und liegen heute knapp über 20 µg/l (Abbildung 3). Der Léman befindet sich heute basierend auf den P-Konzentrationen in einem mesotrophen Zustand.

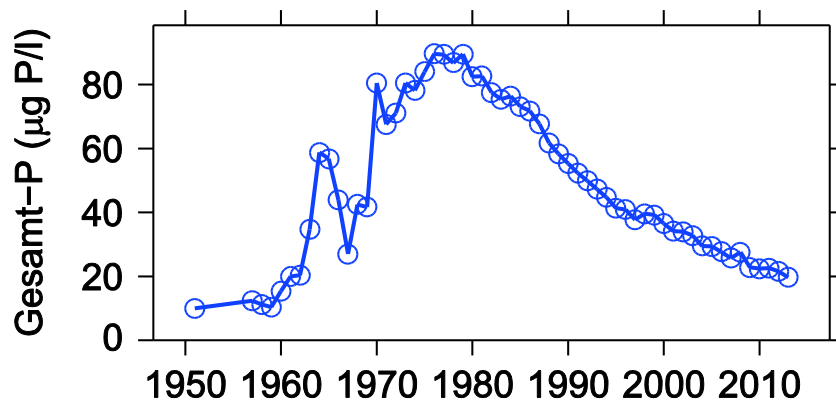


Abbildung 3: Jahresmittelwerte der Phosphorkonzentrationen im Léman

Heute sind 171 ARAs im Einzugsgebiet des Léman in Betrieb (Condamines et al. 2013). Der Anschlussgrad der Bevölkerung in den Kantonen Wallis, Genf und Waadt beträgt 98.5%, 99.6%, resp. 97% (BOVS 2014; SIG 2014; SESA 2014). Im gesamten Einzugsgebiet inkl. französischem Staatsgebiet sind 97% der Bevölkerung an eine öffentliche ARA angeschlossen (Rapin & Gerdeaux 2013).

Die heutigen tiefen P-Konzentrationen wirken sich auch auf die Algenzusammensetzung, Algenbiomasse, Wasserpflanzen, Fische und das Makrozoobenthos aus und bestätigen auf allen Ebenen den im Léman ablaufenden Reoligotrophierungsprozess. So wurden in den Jahren 2010 – 2012 die tiefsten Biomassekonzentrationen seit Beginn der Messungen verzeichnet. Die für eutrophe bzw. oligotrophe Seen typischen Algenarten haben seit 2010 ebenfalls deutlich ab- bzw. zugenommen. Untersuchungen der Wasserpflanzen zeigen eine Zunahme der sensiblen Characeen, welche während der Eutrophierungsphase stark abgenommen haben. Bezüglich der Zusammensetzung der Fische zeigt sich wieder eine Artenverteilung, die für nährstoffarme Seen typisch ist. Seit 2007 sind die Felchen wieder die dominierende Fischart im Léman. Untersuchungen des Makrozoobenthos zeigen ebenfalls eine Verbesserung der Nährstoffverhältnisse im Sediment seit 1990 (CIPEL 2014b).

### 2.2 Sauerstoffgehalt

Die Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers im Léman ist aufgrund seines Zirkulationsverhaltens ungenügend (Abbildung 4). Eine Belüftung des Tiefenwassers ausserhalb der Vollzirkulationen erfolgt einerseits bei Hochwasserereignissen der Rhone. Das sauerstoffgesättigte Rhonewasser ist aufgrund der grossen Schwebstoffkonzentration spezifisch schwerer als das Seewasser und schichtet sich deshalb am Seegrund ein. Der Beitrag zur Sauerstoffversorgung kann bis zu 15% des Seeinhaltes an

Sauerstoff betragen. Andererseits erfolgt auch eine zusätzliche Belüftung des Tiefenwassers des „Grand Lac“ via „Petit Lac“. Dieser ist nur 76 m tief und mischt meist schon Ende Herbst bis auf den Grund. Seine Wasser sind deshalb in vergleichbarer Tiefe deutlich kälter als diejenigen des „Grand Lac“ und fließen insbesondere bei Bisenlage, wenn Oberflächenwasser seeabwärts verfrachtet wird, als Ausgleich in den „Grand Lac“ zurück. Diese Prozesse wirken jedoch aufgrund der stabilisierenden Einflüsse der Dichteschichtung des „Grand Lac“ nur bis in eine begrenzte Tiefe (Liechti 1994).

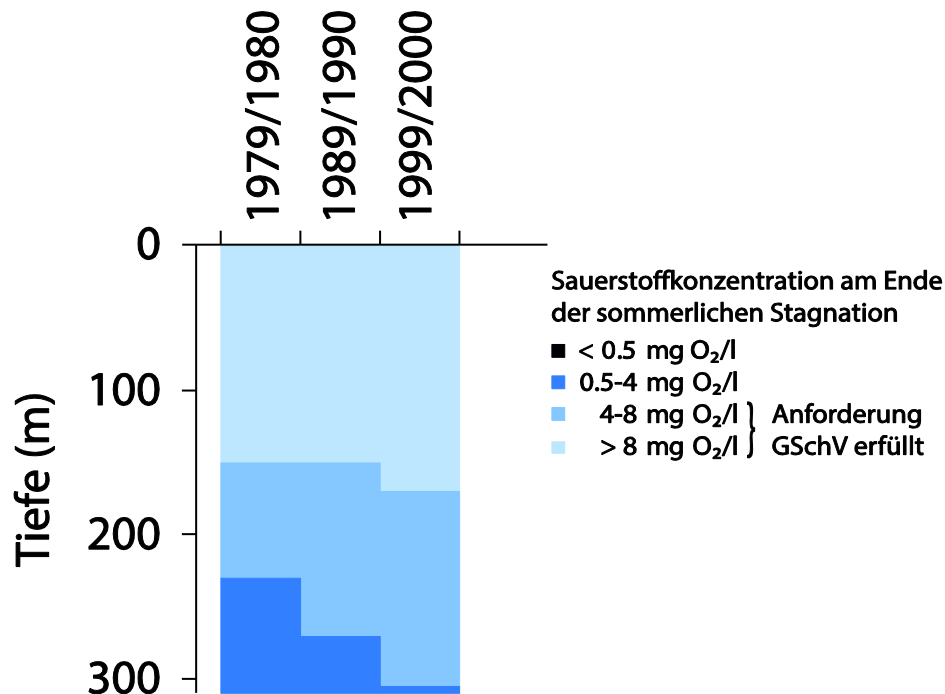


Abbildung 4 Sauerstoffkonzentrationen im Léman

Während der eutrophen Phase in den 1970er-Jahren sanken die Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser des Léman erstmals unter 3 mg/l. Aufgrund der ausbleibenden Vollzirkulationen blieben die Sauerstoffkonzentrationen über Grund zwischen 1986 – 1999 unterhalb von 4 mg/l und sanken im Jahre 1998 sogar bis auf ca. 0.1 mg/l (CIPEL 2014b). Die 1999, 2005, 2006 und 2012 erfolgten Vollzirkulationen führten jeweils wieder zu einer Sauerstoffanreicherung des Tiefenwassers.

Die Sauerstoffkonzentrationen sinken nach wie vor regelmässig unter den von der GSchV (Anhang 2) geforderten Zielwert von 4 mg/l. Seit 1998 hat jedoch die Ausdehnung der Wasserschichten mit ungenügender Sauerstoffversorgung wesentlich abgenommen, was eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser zeigt.

Tabelle 1: Die Geschichte des Léman im Überblick (Liechti 1994; CIPEL 2014a).

Chronik	
1960er-Jahre	Bau der ersten ARAs im Einzugsgebiet des Léman
1962	Gründung der CIPEL (Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman), welche die Regierungen beim Schutz des Sees berät und die Forschungsaktivitäten am und um den Léman koordiniert.
Ab 1972	Beginn des Ausbaus der ARAs zur P-Elimination
2007	Phosphatverbot in Textilwaschmitteln in Frankreich

### 3 Fazit

Die Massnahmen zur Reduktion der P-Belastung im Einzugsgebiet des Léman waren erfolgreich und haben die Nährstoffverhältnisse im See verbessert. Sie waren jedoch nicht ausreichend, um im Léman die natürlichen Verhältnisse wieder herzustellen und den gesetzlich geforderten Zielwert für Sauerstoff einhalten zu können. Auch bezüglich Algenproduktion, -zusammensetzung und -biomasse sowie Makrozoobenthos konnten Verbesserungen erzielt werden, jedoch sind die von der CIPEL aufgestellten Zielwerte noch nicht erreicht (Tabelle 2).

*Tabelle 2: Für den Léman gültige Qualitätsziele*

Kriterium	Ziel	Grundlage
O <sub>2</sub> -Konzentration	> 4 mg/l zu jeder Zeit an jedem Ort	Anhang 2 GSchV
P-Konzentration	10 – 15 µg/l	CIPEL 2010
Gewässerqualität	Erreichen einer guten Wasserqualität	CIPEL 2010
Trinkwasser	Sicherstellen einer langfristigen Nutzung des Sees als Trinkwasserreservoir	CIPEL 2010
Natur- und Kulturlandschaft	Wiederherstellung und Erhalt eines intakten Ökosystems und einer intakten Natur- und Kulturlandschaft	CIPEL 2010

Der Schwerpunkt des zukünftigen Gewässerschutzes liegt in der Durchführung weiterer Massnahmen zur Reduktion der Nährstoff- und Schadstofffrachten insbesondere der Mikroverunreinigungen aus dem Einzugsgebiet im Bereich Siedlungsentwässerung, Industrie und Landwirtschaft. Zudem werden auch Aufwertung und Renaturierung der Ufer und Flachwasserzonen sowie der Zuflüsse zwecks Verbesserung der Qualität und Vernetzung von Lebensräumen vorangetrieben. In einem detaillierten Aktionsplan sind alle vorgesehenen Massnahmen beschrieben, welche bis 2020 durchgeführt werden sollen und der Zielerreichung – den Léman als wertvollen Lebensraum für Pflanzen und Tiere wie auch als Trinkwasserreservoir langfristig zu erhalten – dienen (CIPEL 2010).

#### 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](http://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.
- BOVS, 2014: Bulletin Officiel du canton du Valais. <http://www.bo-vs.ch/fr/news/news-0-28889> (abgerufen am 3.10.2014).
- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz GSchG) vom 24. Januar 1991. SR 814.20.
- CIPEL, 2010: Plan d'action 2011 – 2020 en faveur du Léman, du Rhône et de leurs affluents, Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman, 65 S.
- CIPEL, 2014a: Le Léman. Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman. <http://www.cipel.org/a-propos/le-leman/> (abgerufen am 28.7.2014).
- CIPEL, 2014b: Plan d'action 2011 – 2020 en faveur du Léman, du Rhône et de leurs affluents. Tableau de bord technique 2014, Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman, 83 S.
- Condamines M., Delille M., Guinand H., Jaquero C-A., Mange P., Stumpf B., 2013: Contrôle annuel des stations d'épuration, Campagne 2012, Rapports Scientifique Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman contre Pollution, 161 – 179.
- EEA, 2010: CORINE Land Cover Project, Europäische Kommission, Kopenhagen.
- Envilab, 2013: Modélisation du flux de micropolluants provenant des rejets de l'épuration des eaux usées. Bassins du Léman et du Rhône aval. Sur mandat de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, Zofingen, 85 S.
- Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998. SR 814.201.
- Lazzarotto J., Quentin P., Klein A., 2013: Évolution physico-chimique des eaux du Léman et données météorologiques. Campagne 2012, Rapports Scientifique Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman contre Pollution, 16 – 41.
- Liechi P., 1994: Der Zustand der Seen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 237. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 163 S.
- Rapin F., Gerdeaux D., 2013: La protection du Léman – priorité à la lutte contre l'eutrophisation. Archives des sciences 66: 103 – 116.
- SESA, 2014: Eaux usées, Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA). <http://www.vd.ch/themes/environnement/eaux/eaux-usees/> (abgerufen am 2.7.2014).
- SIG, 2014: Assainissement des eaux usées. Rapport d'exploitation 2013, SIG ,Genève, 34 S.  
[http://www.sig-ge.ch/nous-connaître/support-et-communications/Documents/Documentation/Rapports/rapport\\_eaux\\_usees\\_2013.pdf](http://www.sig-ge.ch/nous-connaître/support-et-communications/Documents/Documentation/Rapports/rapport_eaux_usees_2013.pdf) (abgerufen am 3.10.2014).
- Vernet J-P., Horn, R., Badoux, H., Scolari G, 1974 : Etude structurale du Léman par sismique réflexion continue. Eclogae Geologicae Helvetiae 67 : 515-529.

## 5 Auskünfte

[wasser@bafu.admin.ch](mailto:wasser@bafu.admin.ch)

## 6 Internet

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

## 7 Anhang: Charakterisierung des Léman und seines Einzugsgebietes.

### *Morphologie See*

Seefläche .....	580.1 km <sup>2</sup>
Volumen .....	89 km <sup>3</sup>
Meereshöhe Seespiegel .....	372.1 m
Uferlänge .....	208.0 km
maximale Länge .....	76.9 km
maximale Breite .....	13.7 km
maximale Tiefe .....	310 m
mittlere Tiefe .....	153.4 m
mittlerer Abfluss.....	250 m <sup>3</sup> /s
theoretische Aufenthaltszeit.....	11.3 a
Anteil Wasserfläche des Sees im Ausland .....	40 %

### *Physiogeographie des Einzugsgebiets*

Mittlere Meereshöhe .....	1840.4 m
Maximale Meereshöhe .....	4621.4 m

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

Gesamtfläche ohne Seefläche .....	7419 km <sup>2</sup>
Flächenanteil des EZG in der Schweiz .....	86.7 %
Siedlungsfläche, Städte, Parks .....	5.7 %
Industrie, Verkehr, Gewerbe .....	0.5 %
Ackerfähiges Land .....	7.9 %
Dauergrünland.....	4.6 %
Dauerkulturen, Reben, Obst .....	4.3 %
Wälder, Strauchvegetation.....	43.9 %
Vegetationslose naturnahe Flächen .....	32.8 %
Wasser- und Feuchtflächen <sup>2</sup> .....	0.4 %

### *Einwohner (Stand: 2011, BFS 2011)*

Einwohner im EZG in Tausend .....	906.2
-----------------------------------	-------

### *Landwirtschaft (Landw. Betriebsstrukturerhebung, BFS 2010)*

Talzone .....	12.3 %
Hügelzone .....	3.1 %
Bergzone I .....	2.4 %
Bergzone II .....	4.5 %
Bergzone III .....	7.9 %
Bergzone IV .....	7.1 %
Sommerungsgebiet .....	62.4 %
GVE im Einzugsgebiet (ohne See).....	0.022 ha <sup>-1</sup>

---

<sup>2</sup> Fläche Léman ausgenommen