



Faktenblatt

Datum

1. Juli 2016

Der Murtensee

Zustand bezüglich Wasserqualität



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

1 Entstehung, Morphologie und Kenndaten

Nach dem Rückzug des Rhonegletschers staute sich in der vom Gletscher gebildeten Mulde hinter der Stirnmoräne bei Wangen a. A. das Wasser zum sogenannten Solothurner See, welcher sich über eine Länge von 100 km erstreckte. Dieser See reichte von Wangen a. A. bis nach Payerne und La Sarraz. Ca. 4000 Jahre später brach der Damm bei Wangen a. A. und der Solothurnersee lief aus. Zurück blieben Bieler-, Neuenburger- und Murtensee (Nast 2006).

Aufgrund von häufigen Überschwemmungen folgten im 19. und 20. Jahrhundert die erste und zweite Juragewässerkorrektur (Tabelle 1). Dadurch wurde der Seespiegel um ca. 6 m abgesenkt und die Seefläche wurde um ca. 17% vermindert (Lods-Crozet & Chevalley 2012). Die Böden der ehemaligen Sumpflandschaft rund um den Murtensee werden heute landwirtschaftlich intensiv bewirtschaftet.

Das Becken des Murtensees wird in Längsrichtung durch eine von Südwesten her bis zur Mitte vorstossende, 21 m über die tiefste Stelle herausragende Rippe in zwei schmalere unterseeische Becken unterteilt. Der Hauptzufluss ist die Broye, die 63% des Einzugsgebietes entwässert (Liechti 1994). Weitere wichtige Zuflüsse sind die Arbogne und Petite Glâne, die bei Salavaux in die Broye münden wie auch die Chandon, die westlich von Faoug in den Murtensee mündet. Der Abfluss ist der Broyekanal, der in den Neuenburgersee mündet. Zusammen mit dem Neuenburgersee dient der Murtensee als Ausgleichsbecken für die in den Bielersee mündende Aare. Wenn der Seespiegel des Bielersees steigt, kommt der Abfluss des Murtensees zum Stillstand und fliesst zeitweise sogar rückwärts.

Der Murtensee zirkuliert aufgrund seiner geringen Tiefe und der günstigen Windexposition regelmässig jedes Jahr (Liechti 1994).

Das hydrologische Einzugsgebiet des Murtensees umfasst 690 km². Es wird zu rund $\frac{3}{4}$ landwirtschaftlich intensiv genutzt und ist anthropogen stark beeinflusst (Abbildung 1). Der Murtensee nimmt von rund 73'500 Einwohnern das gereinigte Abwasser auf und dient 7'400 Einwohnern als Trinkwasserreservoir (Die3Seen 2014).

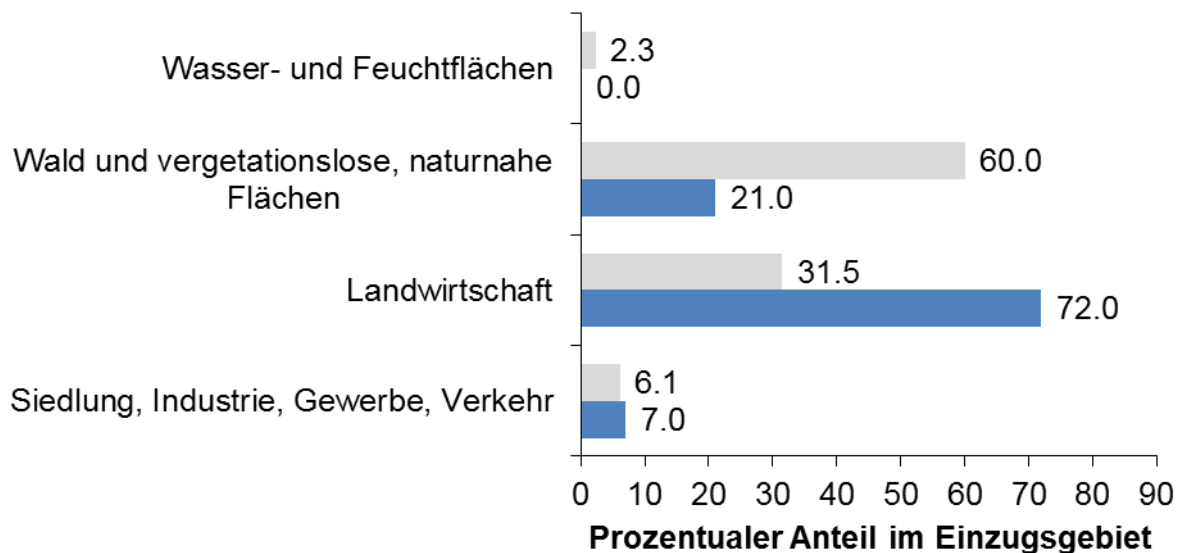


Abbildung 1: Bodennutzung im Einzugsgebiet des Murtensees (blaue Balken) und Bodennutzung als Mittelwert der grössten Schweizer See-Einzugsgebiete (graue Balken) (Stand 2006, Datengrundlagen: EEA (2010), BAFU (2013)).

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

Erste Beobachtungen der Burgunderblutalge im Jahre 1825 deuteten darauf hin, dass der Murtensee schon damals ein belastetes Gewässer war (Liechti 1994). Mittels Sedimentuntersuchungen konnte der Beginn einer Eutrophierung vor 1900 nachgewiesen werden (Davaud 1976).

Die ersten P-Messungen im Murtensee im Jahre 1954/55 betragen 35 µg/l (Eawag 1960). Infolge der zunehmenden Nährstoffbelastung aus der Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung stiegen die P-Konzentrationen auf über 150 µg/l anfangs der 1980er Jahre an (Abbildung 2). Die Gesamt-P-Belastung aus dem Einzugsgebiet betrug damals 42 t/a (Eawag 1960).

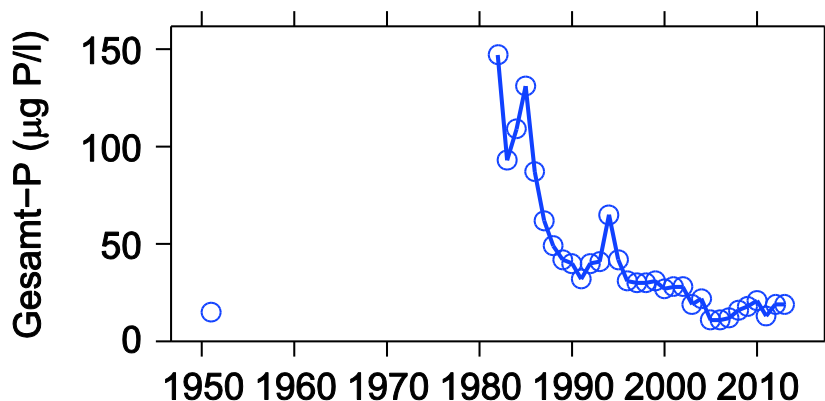


Abbildung 2: Jahresmittelwerte der Phosphorkonzentrationen im Murtensee.

Aufgrund der verschiedenen Sanierungsmassnahmen – Ausbau der Siedlungsentwässerung, Verbesserung der Reinigungsleistung der ARAs, Verbot von phosphathaltigen Waschmitteln und verminderter Düngereinsatz in der Landwirtschaft – und Dank der kurzen Wasseraufenthaltszeit im See sanken die P-Konzentrationen im Murtensee seit Mitte der 1980er rasch auf tiefere Werte ab (Tabelle 1).

Die P-Konzentrationen schwanken heute im Bereich von 20 µg/l. Die algenverfügbaren P-Frachten aus dem Einzugsgebiet konnten seit 1986 um rund 40% vermindert werden und betragen heute rund 13 t/a (Müller & Schmid 2009). Der Murtensee befindet sich basierend auf den P-Konzentrationen in einem meso-eutrophen Zustand.

Heute sind 97% der Einwohner auf Waadtländer Gebiet und 94% der Einwohner auf Freiburgischem Gebiet an eine ARA angeschlossen. Nicht an eine öffentliche ARA angeschlossene Haushaltungen verfügen über eine eigene kleine ARA oder leiten ihre Abwässer in abflusslose Gruben oder Güllegruben ein (SESA 2014b, AfU FR 2014).

Die Algenbiomasse im Murtensee hat trotz der niedrigen P-Konzentrationen nicht wesentlich abgenommen. Jedoch hat sich die Algenzusammensetzung hin zu effizienteren Algen geändert und die trophogene Zone hat sich ausgedehnt, was die gleichbleibende Algenbiomasse bei geringerem Nährstoffgehalt erklärt (Guthruf et al. 2009). Diese Entwicklung wie auch die Abnahme der Individuendichte des Makrozoobenthos und die Zusammensetzung der Wasserpflanzen zeigen ebenfalls eine Abnahme der Nährstoffgehalte an und weisen auf den Gesundungsprozess des Murtensees hin (SESA 2014a).

2.2 Sauerstoffgehalt

Die ersten Sauerstoffmessungen im Jahre 1935 und 1955 zeigten, dass die Sauerstoffkonzentrationen Ende Juni unterhalb von 35 m Tiefe und im September unterhalb von 10 m Tiefe weniger als 4 mg/l betragen (Rivier 1936, Eawag 1960). Die Sauerstoffverhältnisse verschlechterten sich bis anfangs der 1980er Jahr weiter, indem die Sauerstoffkonzentrationen über Grund spätestens ab August weniger als 1 mg/l betragen.

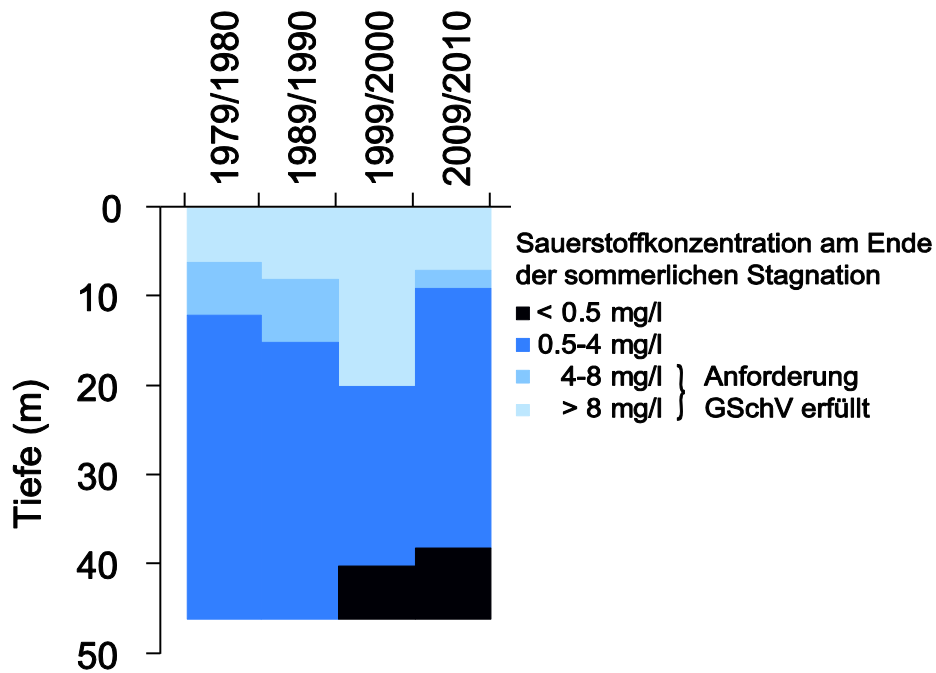


Abbildung 3: Sauerstoffkonzentrationen im Murtensee.

Massnahmen zur Reduktion der Nährstoffbelastung verbesserten die Sauerstoffverhältnisse im Murtensee nur marginal und nicht im erhofften Masse. So war das metalimnische Sauerstoffminimum im Jahre 1990 zwar noch deutlich sichtbar, jedoch weniger ausgeprägt (Liechti 1994). Auch hat sich seit 2002 die Dauer der sauerstoffarmen Periode verkürzt und die Rücklösung von reduzierten Substanzen aus dem Sediment hat sich deutlich verringert (Müller & Schmid 2009).

Trotz der verbesserten Sauerstoffverhältnisse im See unterschreiten die Sauerstoffkonzentrationen immer noch im gesamten Hypolimnion den gesetzlich geforderten Wert von 4 mg/l (Müller & Schmid 2009). Der Grund dafür liegt einerseits in der immer noch zu hohen Algenbiomasse, für deren Mineralisierung im Hypolimnion der vorhandene Sauerstoff nicht ausreicht. Andererseits wird das Sauerstoffdefizit zu ca. 1/3 durch den sauerstoffzehrenden Einfluss der Sedimente verursacht, welche aus früheren Ablagerungen aus der eutrophen Phase des Murtensees stammen (Müller & Schmid 2009). Modellrechnungen ergaben eine anzustrebende algenverfügbare P-Belastung von 11 t/a, bei welcher die aktuelle Primärproduktion reduziert und deren Abbau unter Einhaltung des gesetzlich geforderten Wertes für Sauerstoff von 4 mg/l erfolgen kann (Müller & Schmid 2009).

Tabelle 1: Die Geschichte des Murtensees im Überblick (Nast 2006, HLS 2009, SESA 2014b, AfU FR 2014).

Chronik	
1868 – 1891	1. Juragewässerkorrektur mit Tieferlegung und Kanalisierung der Broye. Absenkung des Seespiegels um 3.3 m
Bis 1955	Absenkung des Kulturlandes um 1 – 1.5 m mit mehreren Überschwemmungen
1962 – 1973	2. Juragewässerkorrektur zwecks Regulierung des noch ungünstigen Verhältnisses zwischen Zu- und Abfluss der drei Juraseen und Ausgleich der abgesetzten Torfböden im Umland. Absenkung des Seespiegels um ca. 2.5 m
1967 – 1996	Bau von 32 ARA im Einzugsgebiet des Murtensees
1967	ARA Payerne (14'000 Einw.)
1975	ARA Murten (21'000 Einw.)
1976	ARA Lucens (41'500 Einw.)
1987	ARA Henniez (7'800 Einw.)
Ab 1988	Erweiterung und Ausbau diverser ARA

3 Fazit

Die bisherigen Massnahmen zur Reduktion der P-Belastung im Einzugsgebiet des Murtensees haben die Nährstoffverhältnisse im See zwar verbessert, waren jedoch nicht ausreichend, um den Murtensee in einen mesotrophen Zustand zurückzuführen. Die Algenproduktion und -biomasse ist immer noch zu hoch, das Makrozoobenthos- und die Wasserpflanzengemeinschaften zeigen immer noch einen meso-eutrophen Status an und der gesetzlich geforderte Zielwert für Sauerstoff wird im gesamten Hypolimnion immer noch jedes Jahr regelmässig unterschritten (Tabelle 2).

Mit weiteren Sanierungsmassnahmen im Bereich der Siedlungsentwässerung und der Extensivierung der Landwirtschaft müssen die P-Frachten um nochmals 15% reduziert werden, um die Primärproduktion senken und den erwünschten mesotrophen Zustand erreichen zu können (Müller & Schmid 2009). Der Murtensee wird aufgrund seiner kurzen Wasseraufenthaltszeit vermutlich rasch auf Änderungen in den P-Frachten reagieren. Eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse wird vermutlich aufgrund des sauerstoffzehrenden Einflusses der Sedimente verzögert erfolgen.

Tabelle 2: Für den Murtensee gültige Qualitätsziele (SESA 2014a).

Kriterium	Ziel	Grundlage
O ₂ -Konzentration	> 4 mg/l zu jeder Zeit an jedem Ort	Anhang 2 GSchV
P-Konzentration	< 20 µg/l	SESA 2014a
P-Fracht (algenverfügbar)	< 11 t/a	Zielerreichung O ₂ > 4 mg/l Müller & Schmid 2009
Chlorophyll a	< 6 µg/l	SESA 2014a
Makrozoobenthos	Hohe Diversität und Vorkommen sensibler Arten	SESA 2014a
Wasserpflanzen	Hohe Diversität; Ausdehnung der besiedelten Tiefe	SESA 2014a

4 Literatur

- AfU FR 2014: Abwasserreinigung. Amt für Umwelt des Kantons Freiburg, Internet: <http://www.fr.ch/eau/de/pub/entwaesserung/abwasserreinigung.htm> (abgerufen am 2.7.2014).
- 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.
- BVE 2014: Juragewässerkorrektion. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern. <http://www.bve.be.ch/de/index/wasser/wasser/gewaesserunterhalt.html> (abgerufen am 20.6.2014).
- Davaud E., 1976: Contribution à l'étude géochimique et sédimentologique de dépôts lacustres récents (Lac de Morat, Suisse). Thèse Université de Genève.
- Die3Seen 2014: Trinkwasser. Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern, République et Canton de Neuchâtel, Amt für Umwelt des Kantons Freiburg, Canton de Vaud. <http://www.Die3Seen.ch/nutzung/trinkwasser/> (abgerufen am 26.6.2014).
- Eawag 1960: Der Murtensee; sein gegenwärtiger chemisch-biologischer Zustand, die Herkunft der eutrophierenden Stoffe, Seesanieung, Schutz vor Verunreinigung. Gesamtbericht 1954/55 im Auftrag der Gemeinde Murten, Zürich.
- EEA, 2010: CORINE Land Cover Project, Europäische Kommission, Kopenhagen.
- Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998. SR 814.201.
- Guthruf K., Maurer V., Pokorni B., Zeh M., 2009: Entwicklung des Phyto- und Crustaceenplanktons, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern, 123 S.
- HLS 2009: Murtensee. Historisches Lexikon der Schweiz. <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D8660.php> (abgerufen am 26.6.2014).
- Liechti P., 1994: Der Zustand der Seen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 237. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 163 S.
- Lods-Crozat B., Chevalley P.-A., 2012: Caractérisation des habitats riverains et littoraux du lac de Morat. Laboratoire du Service des Eaux, Sols et Assainissement, Canton de Vaud, Epalinges, 18 S.
- Müller B., Schmid M., 2009: Bilans du phosphore et de l'oxygène dans le lac de Morat. Rapport Eawag pour les cantons de Fribourg et de Vaud, Eawag, Kastanienbaum, 42 S.
- Nast M., 2006: überflutet – überlebt – überlistet: Die Geschichte der Juragewässerkorrekturen, Verein Schlossmuseum Nidau, Biel.
- Rivier O., 1936: Recherches hydrobiologiques sur le lac de Morat. Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles 61, 125 – 181.
- SESA 2014a: Bilan de santé du lac de Morat – Etat 2009 – 2011, Amélioration de la qualité biologique. Laboratoire du Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA), Epalinges, 10 S.
- SESA 2014b: Eaux usées, Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA), Internet: <http://www.vd.ch/themes/environnement/eaux/eaux-usees/>. (abgerufen am 2.7.2014)

5 Auskünfte

wasser@bafu.admin.ch

6 Internet

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

7 Anhang: Charakterisierung des Murtensees und seines Einzugsgebietes.

Morphologie See

Seefläche	22.7	km ²
Volumen	0.531	km ³
Meereshöhe Seespiegel	429.0	m
Uferlänge.....	23.9	km
maximale Länge	8.0	km
maximale Breite.....	3.4	km
maximale Tiefe	45	m
mittlere Tiefe.....	23	m
mittlerer Abfluss.....	11	m ³ /s
theoretische Aufenthaltszeit	1.5	Jahre
Anteil Wasserfläche des Sees im Ausland	0	%

Physiogeographie des Einzugsgebiets

Mittlere Meereshöhe	648	m
Maximale Meereshöhe.....	1513	m

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

Gesamtfläche ohne Seefläche	690	km ²
Flächenanteil des EZG in der Schweiz.....	100.0	%
Siedlungsfläche, Städte, Parks	6.4	%
Industrie, Verkehr, Gewerbe	0.6	%
Ackerfähiges Land	69.7	%
Dauergrünland.....	1.2	%
Dauerkulturen, Reben, Obst	1.1	%
Wälder, Strauchvegetation.....	21.0	%
Vegetationslose naturnahe Flächen	0.0	%
Wasser- und Feuchtflächen ¹	0.0	%

Einwohner (Stand: 2011, BFS 2011)

Einwohner im EZG in Tausend	87.8
-----------------------------------	------

Landwirtschaft (Landw. Betriebsstrukturerhebung, BFS 2010)

Talzone	70.0	%
Hügelzone	21.0	%
Bergzone I.....	7.0	%
Bergzone II.....	0.1	%
Bergzone III.....	0.0	%
Bergzone IV.....	0.0	%
Sommerungsgebiet.....	1.9	%
GVE im Einzugsgebiet (ohne See).....	0.131	ha ⁻¹

¹ Fläche Murtensee ausgenommen