



# Faktenblatt

Datum

1. Juli 2016

## Der Brienzersee

### Zustand bezüglich Wasserqualität



*Lage des Brienzersees (blau) und seines Einzugsgebiets (rot)*

## 1 Entstehung, Morphologie und Kenndaten

Der Brienersee ist zusammen mit dem Thunersee durch einen tektonischen Bruch und die eiszeitliche Erosionsarbeit des Aaregletschers entstanden. Nach der letzten Eiszeit erstreckte sich ein einziger See von Meiringen bis weit über Thun hinaus. Erst durch die Deltabildung der Lüschine und des Lombaches bei Interlaken sowie der Aare bei Brienzwiler hat der Brienersee im Laufe der Jahrtausende seine heutige Form und Dimension erhalten (Liechti 1994). Der Brienersee wird durch zwei Wehre in Unterseen/Interlaken reguliert.

Der Schwebstoffeintrag durch die beiden Hauptzuflüsse - die Lüschine und die Aare - ist aufgrund des hohen Vergletscherungsgrades und der hohen Erosion im Einzugsgebiet sehr hoch und beeinflusst das physikalische und chemische Verhalten des Brienersees stark. Die entsprechenden Schwebstofffrachten betragen im Mittel rund 300'000 t/a (Jordi 2006). Der Brienersee weist mit Sedimentzuwachsrate in der Höhe von >2 cm/a im Vergleich zu anderen grossen Schweizer Seen Höchstwerte auf (Liechti 1994).

Der Abfluss der Lüschine ist weitgehend natürlich während die Aare seit den 1930er Jahren stark durch die Anlagen der Kraftwerke Oberhasli (KWO) im Grimselgebiet beeinflusst wird (Tabelle 1). Fast zwei Drittel des Abflusses im gesamten Einzugsgebiet der Hasliaare wird für den Kraftwerksbetrieb der KWO genutzt. Dies bewirkt ein gegenüber den natürlichen Verhältnissen verändertes Abfluss- und Schwebstoffregime der Aare. So gelangt aufgrund des Kraftwerkbetriebes im Sommer weniger und im Winter mehr Wasser in den Brienersee als dies unter natürlichen Umständen der Fall wäre. Zudem werden Hochwasserspitzen gebrochen und rund 232'000 t/a Partikel werden in den Stauseen zurückgehalten (Finger et al. 2006).

Wegen seiner Tiefe und Exposition zirkuliert der Brienersee nicht jedes Jahr vollständig bis auf den Grund. Das Tiefenwasser kann sich über mehrere Jahre erwärmen, bis die Schichtungsstabilität derart gering wird, dass sich die Wassersäule zu mischen beginnt (GBL 2009).

Das hydrologische Einzugsgebiet des Brienersees umfasst eine Fläche von 1'108 km<sup>2</sup> und weist den höchsten Anteil von vegetationslosen Flächen aller grossen Schweizer Seen auf (Abbildung 1). Sein Einzugsgebiet ist alpin geprägt und natürlicherweise sehr nährstoffarm.

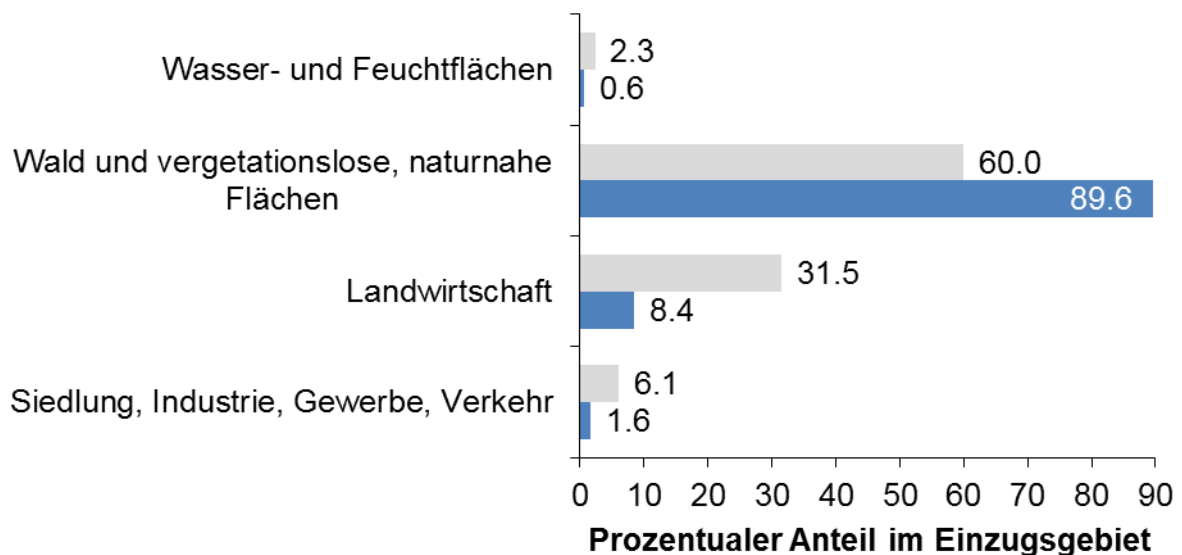


Abbildung 1: Bodennutzung im Einzugsgebiet des Brienersees (blaue Balken) und Bodennutzung als Mittelwert der grössten Schweizer See-Einzugsgebiete (graue Balken) (Stand 2006, Datengrundlagen: EEA (2010), BAFU (2013)).

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

Im Brienersee stiegen die P-Konzentrationen bis Mitte der 1980er Jahre an, erreichten jedoch aufgrund seines alpin und hochalpin geprägten Einzugsgebietes und der geringen Besiedlungsdichte des Einzugsgebietes Maximalkonzentrationen von lediglich 25 µg/l (Abbildung 2). Der Brienersee erreichte damit lediglich einen mesotrophen Zustand.

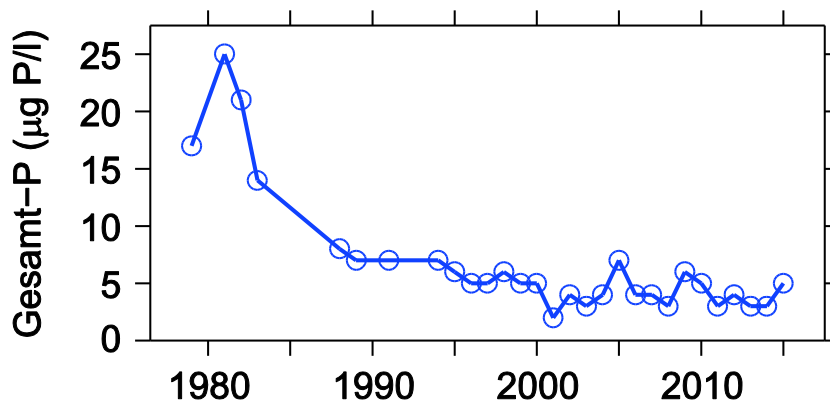


Abbildung 2: Jahresmittelwerte der Phosphorkonzentrationen im Brienersee.

Mit der Abwassersanierung im Einzugsgebiet des Brienersees wurden die algenverfügbaren P-Frachten von rund 30 t/a in den 1980er Jahren auf rund 7 t/a in den 2000er Jahren gesenkt, wovon rund 2 t/a aus ARAs und 5 t/a der natürlichen Hintergrundlast entstammen (Müller et al. 2007). Dieser Wert entspricht nur gerade 4% der totalen P-Frachten. 96% des Phosphors sind an schwerlösliche Mineralien und an andere Partikel gebunden, die zum Grossteil auf den Seegrund absinken, ohne für das pflanzliche Plankton verfügbar zu sein.

Die P-Konzentrationen im See sind seit den 1980er Jahren ebenfalls gesunken und schwanken seit anfangs der 2000er Jahre zwischen 2 – 5 µg/l. Die Phosphatkonzentrationen bzw. die Konzentrationen von algenverfügbarem Phosphor liegen sogar im Bereich der Nachweisgrenze von 1 µg/l.

Heute sind im Einzugsgebiet des Brienersees 98% der Haushaltungen an eine öffentliche ARA angeschlossen. Die übrigen 2% haben eine kleine eigene ARA oder leiten ihre Abwässer zulässigerweise in abflusslose Gruben oder Güllegruben ein.

Die Abnahme der P-Konzentrationen bewirkte eine Abnahme in der Primärproduktion. Diese betrug im Jahr 1987 ca. 100 gC/m<sup>2</sup> a (Kirchhofer 1990). Zwischen 1999 – 2005 wurde eine Primärproduktion von ca. 70 gC/m<sup>2</sup> a berechnet (Finger et al 2007). Damit weist der Brienersee heute eine weniger als halb so grosse Primärproduktion auf wie der ebenfalls oligotrophe Vierwaldstättersee, was im Wesentlichen auf die Lichtabschwächung durch den hohen Eintrag von Trübstoffen und die dadurch bedingte Begrenzung der Algenproduktion zurückzuführen ist (Finger et al. 2006). Untersuchungen des Makrozoobenthos zeigen eine in allen Tiefen geringe Individuendichte, was ebenfalls auf die geringe Primärproduktion und damit das geringe Nahrungsangebot zurückzuführen ist (Zweifel 2014). Der Schwebstoff- und P-Rückhalt in den Stauseen der KWO, der eine saisonale Umlagerung dieser Einträge bewirkt, ist für die Jahresproduktion im See unbedeutend (Finger et al. 2006).

Mit der Abnahme der P-Konzentrationen im Brienersee haben auch die Fangerträge der Felchen abgenommen. Die jährlichen Fangerträge beliefen sich zwischen 1975 und 1985 im Mittel auf rund 10 kg/ha. Heute beträgt der jährliche Fangertrag knapp 2 kg/ha. Er liegt damit im Bereich der Erträge vor 1950 und entspricht einem für den oligotrophen Brienersee erwarteten Fangertrag (Jordi 2006). Dank der nur sehr schwachen Eutrophierungsphase beherbergt der Brienersee im Gegensatz zu anderen Seen, die eine stärkere Eutrophierungsphase durchlaufen haben, heute immer noch endemische Fischarten (Vonlanthen & Périat 2013).

## 2.2 Sauerstoffgehalt

Die Sauerstoffkonzentrationen im Brienersee unterschritten auch in den Jahren mit höherer Nährstoffkonzentration nie den Wert von 6 mg/l (Liechti 1994, Abbildung 3). Neuere Tiefenprofile aus den Jahren 2009 und 2010 zeigen, dass die Sauerstoffkonzentrationen im Brienersee heute je nach Jahreszeit und Tiefe zwischen 9 und 11 mg/l schwanken (GBL 2013).

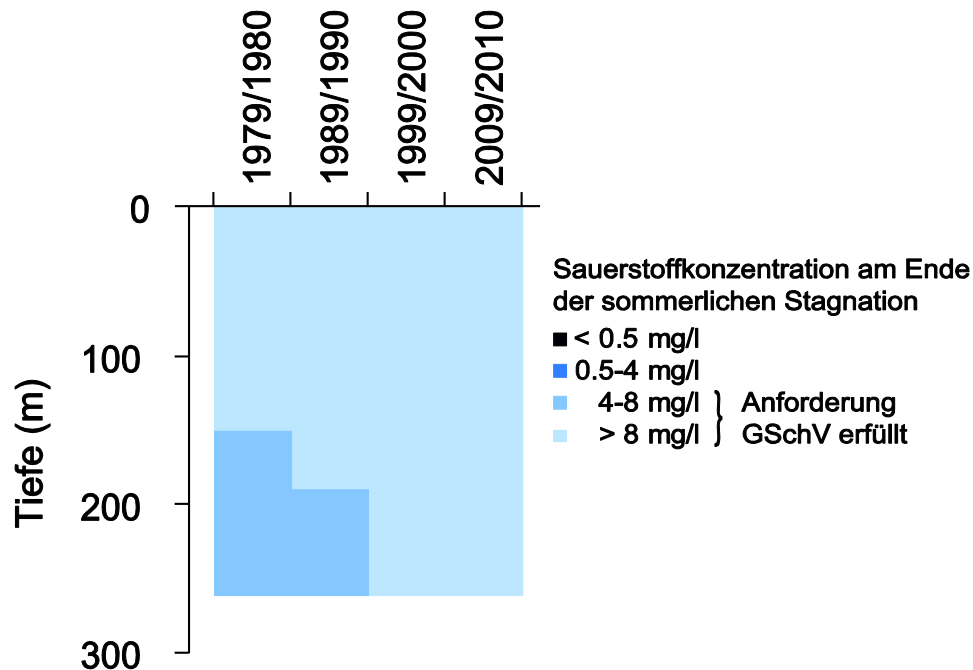


Abbildung 3: Sauerstoffkonzentrationen im Brienersee

Die Sauerstoffverhältnisse im sind demzufolge sehr gut. Einerseits fördert der Föhn die Durchmischung der Wassermassen und andererseits dringt dank des grossen Trübstoffgehaltes der Zuflüsse sauerstoffhaltiges Wasser auch in grössere Tiefen. Zudem ist die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser aufgrund der geringen Nährstoffgehalte und geringen Algenproduktion sehr klein.

Tabelle 1: Die Geschichte des Brienersees im Überblick (Jordi 2006, Müller 2007, Spaak 2012, Schenker Korner & Partner GmbH und Stuijvenberg 2012, AWA 2014 schriftl. Mitt.).

Chronik	
Ab 1925	Bau und Ausbau der Kraftwerke Oberhasli (KWO)
1932	Inbetriebnahme der ersten Stauanlage (Gelmersee) der KWO
1934	Inbetriebnahme des Grimselsees
1950	Inbetriebnahme des Räterichsbodensees
1953	Inbetriebnahme des Oberaarsees
1945 - 1963	Versenkung von 280 t Munition im Brienersee
1971 – 1994	Bau und Inbetriebnahme der ARA Brienz, ARA Meiringen, ARA Grindelwald und ARA Lauterbrunnen, welche gut 90% der Abwassermenge aus dem Einzugsgebiet behandeln. Weitere 5 ARAs behandeln die übrigen 10% der Abwassermenge.
Ab 2000	Optimierung der Phosphatfällung in ARAs
Nov. 2014	Vollständige Entleerung des Rätichsbodensees und Monitoring der diesbezüglich längerfristigen Auswirkungen
2018 – 2019	Sanierung und Erweiterung der ARA Brienz, ARA Innertkirchen und ARA Lauterbrunnen

### 3 Fazit

Der Brienersee ist heute dank der erfolgreichen Abwassersanierung im Einzugsgebiet wieder in einem natürlich nährstoffarmen Zustand. Die numerischen Anforderungen an die Wasserqualität der GSchV (Anhang 2) werden eingehalten (Tabelle 2). Die Rückführung des Brienersees in seinen natürlicherweise äusserst nährstoffarmen Zustand bewirkte, dass die relativ hohen Fischerträge der mesotrophen Phase nicht mehr erreicht werden. Deshalb wurde aus Fischereikreisen wiederholt die Forderung nach einer künstlichen Erhöhung des P-Eintrages durch eine Reduktion der Reinigungsleistung von ARAs gestellt. Diese Forderung würde jedoch die Glaubwürdigkeit des Gewässerschutzes in Frage stellen und die Bemühungen der Landwirtschaft, die Phosphoreinträge zu reduzieren, torpedieren. Ausserdem könnte ein solcher Eingriff in die ökologischen Prozesse zahlreiche gewässertypische Arten gefährden. Entsprechende Motionen für ein Phosphatmanagement im Brienersee wurden von Bundesrat und Parlament abgelehnt.

Das Ziel des zukünftigen Gewässerschutzes im Einzugsgebiet des Brienersees ist die Beibehaltung des erreichten Qualitätszieles sowie der Betrieb eines Monitorings, mit welchem problematische Stoffe frühzeitig erkannt werden.

*Tabelle 2: Für den Brienersee gültige Qualitätsziele.*

Kriterium	Ziel	Grundlage
O <sub>2</sub> -Konzentration	> 4 mg/l zu jeder Zeit an jedem Ort	Anhang 2 GSchV
P-Konzentration	Erhalt des tiefen P-Gehaltes von 3 - 5 µg/l	GBL 2013
Trophiegrad	Erhalt des erreichten oligotrophen Zustandes	GBL 2013

### 4 Literatur

BAFU 2013: Einzugsgebietsgliederung Schweiz EZGG-CH. Bundesamt für Umwelt, Bern.

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15009/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.

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

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

Finger D., Bossard P., Schmid M., Jaun L., Müller B. 2007: Effects of alpine hydropower operations on primary production in a downstream lake. *Aquatic Sciences* 69, 240-256.

Finger D., Jaun L., Wüest A. 2006: Auswirkungen des Stauseen auf den Schwebstoffhaushalt und auf die Primärproduktion des Brienersees. Eawag, Kastanienbaum, 45 S.

GBL 2009: Seen im Kanton Bern. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern, 6 S.

GBL 2013: Zustand der Fliessgewässer und Seen – 2011 und 2012, Schwerpunkt Emmental-Oberaargau. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern, 28 S.

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.

Jordi B. 2006: Brienersee: Ein Ökosystem unter der Lupe, Resultate des Forschungsprojekts zum Rückgang des Planktons und der Felchenerträge. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, Bern, 24 S.

Kirchhofer A. 1990: Limnologische und ichthyologische Untersuchungen im Brienersee unter besonderer Berücksichtigung der Differenzierung der sympatrischen Felchenpopulationen. Dissertation Zoologisches Institut Universität Bern, 99 S.

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

Müller B., Finger D, Sturm M., Prasuhn V., Haltmeier T., Bossard P., Hoyle C., Wüest A. 2007: Present and past bio-available phosphorus budget in the ultra-oligotrophic Lake Brienz. Aquatic Sciences 69, 227-239.

Schenker Korner & Partner GmbH, Stuijvenberg J. 2012: Militärische Munitionsversenkungen in Schweizer Seen, Umfassende Gefährdungsabschätzung. Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, Bern, 84 S.

Spaak P. 2012: Fakten zum Phosphor im Brienersee. Eawag, Dübendorf, 5 S.

Vonlanthen P., Périat G. 2013: Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Brienersee. Projet Lac, Eawag, Kastanienbaum, 44 S.

Zweifel N. 2014: Makrozoobenthos in Berner Seen. Praktikumsbericht zuhanden des Amtes für Wasser und Abfall, Bern, 34 S.

## **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 Brienersees und seines Einzugsgebietes.

### *Morphologie See*

Seefläche .....	29.7	km <sup>2</sup>
Volumen .....	5.15	km <sup>3</sup>
Meereshöhe Seespiegel .....	564.0	m
Uferlänge.....	35.6	km
maximale Länge .....	14.2	km
maximale Breite.....	2.8	km
maximale Tiefe .....	259	m
mittlere Tiefe.....	173	m
mittlerer Abfluss.....	64	m <sup>3</sup> /s
theoretische Aufenthaltszeit .....	2.6	Jahre
Anteil Wasserfläche des Sees im Ausland .....	0	%

### *Physiogeographie des Einzugsgebiets*

Mittlere Meereshöhe .....	1975	m
Maximale Meereshöhe.....	4262	m

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

Gesamtfläche ohne Seefläche .....	1108	km <sup>2</sup>
Flächenanteil des EZG in der Schweiz.....	100.0	%
Siedlungsfläche, Städte, Parks .....	1.4	%
Industrie, Verkehr, Gewerbe .....	0.2	%
Ackerfähiges Land .....	1.1	%
Dauergrünland.....	7.0	%
Dauerkulturen, Reben, Obst .....	0.3	%
Wälder, Strauchvegetation.....	44.9	%
Vegetationslose naturnahe Flächen .....	44.7	%
Wasser- und Feuchtflächen <sup>1</sup> .....	0.6	%

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

Einwohner im EZG in Tausend .....	26.1
-----------------------------------	------

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

Talzone .....	0.0	%
Hügelzone .....	0.5	%
Bergzone I.....	2.3	%
Bergzone II.....	4.5	%
Bergzone III.....	8.9	%
Bergzone IV.....	2.9	%
Sommerungsgebiet.....	80.4	%
GVE im Einzugsgebiet (ohne See).....	0.009	ha <sup>-1</sup>

<sup>1</sup> Fläche Brienersee ausgenommen