

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 96 (2005)

Heft: 10

Artikel: Dem Felchenfangrückgang im Brienzersee auf der Spur

Autor: Wüest, Alfred / Zeh, Markus

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857810>

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: 13.02.2026

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

Dem Felchenfangrückgang im Brienzersee auf der Spur

Seit rund 75 Jahren nutzen die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) im Einzugsgebiet des Brienzersees das Wasser aus dem Grimselgebiet. Dadurch wird ein Teil der Feststoffe in den Stauseen deponiert. Abfluss und Schwebstofffracht werden in der Hasliaare im jahreszeitlichen Verlauf geglättet. Gleichzeitig sind, wie in andern Schweizer Seen, auch im Brienzersee die Nährstoffeinträge zurückgegangen. Besonders die Fischer vermuten jedoch einen Zusammenhang zwischen dem drastischen Rückgang der Felchenfängerträge und dem Kraftwerkbetrieb. Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt soll jetzt Licht in das durch feine Schwebstoffe getrübte Ökosystem und seine vielschichtigen Zusammenhänge bringen.

■ Alfred Wüest und Markus Zeh

Vorgeschichte

Fischereikreise machen sich seit Jahren Sorgen über das trübe Brienzerseewasser. Sie befürchten, dass die durch die Hasliaare (Bild 1) eingetragenen Schwebstoffe den See über das natürliche Mass hinaus eintrüben, dessen ökologische Funktion beeinträchtigen und somit die Fischerträge schmälern. Als Ursachenerin möglicher Veränderungen werden die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) vermutet. Bereits 1989 wurde deshalb im Berner Grossen Rat eine Interpellation eingereicht, welche Abklärungen zu Ursache und Folgen der Trübung sowie dem Zusammenhang zur hydroelektrischen Nutzung verlangte. Im entsprechenden Untersuchungsbericht

wurde 1993 festgehalten, dass die KWO zwar einen Einfluss auf den Lebensraum Brienzersee habe, dass dieser aber keine Gefährdung für das Vorkommen einer oder mehrerer Pflanzen- oder Tierarten darstelle (Naturaqua 1993). Die Experten empfahlen dem Kanton jedoch, ihr Beobachtungsprogramm für den See zu intensivieren. Neben dem Ausbau der routinemässigen Seeüberwachung durch das kantonale Gewässer- und Bodenschutzla-

bor (GBL) führte die EAWAG zwischen 1994 und 1998 verschiedene Untersuchungen zum Verhalten der feinen Schwebstoffe durch (EAWAG 1996).

Dann folgte das Jahr 1999: Nach einem schneereichen Winter mit Hochwassern im Mai brach der Felchenfängertrag der Berufsfischer um rund 90% ein (Bild 2). Die wenigen gefangenen Felchen waren mager und ihre Mägen enthielten nur wenig Nahrung. Gleichzeitig zeigten die Routineuntersuchungen des GBL, dass das wichtigste Futter der Felchen, die Daphnien (Wasserflöhe), 1999 fast völlig fehlte (Bild 3). Obwohl andere Organismen im See vorhanden waren, passten die Felchen ihren Speisezettel nicht an und zogen es vor, zu hungern.

Untersuchungen gefordert

Vertreter der Fischereiorganisationen, der KWO und verschiedener Fachstellen des Kantons waren sich einig, dass diese überraschenden Vorgänge im Brienzersee dringend geklärt werden sollten. Es war auch rasch klar, dass die vorhandene Datengrundlage nicht ausreichte, um die teilweise komplex ineinander greifenden Vorgänge zu erklären. Deshalb wurde Anfang 2001 das Projekt «Veränderungen im Ökosystem Brienzersee» initiiert, um die notwendigen Untersuchungen durchzuführen und die Wissenslücken zu füllen. Die drei genannten Interessenver-



Brienzersee: Rechts im Bild Brienz, am unteren Bildrand die Mündung der Hasliaare mit ihren Schwebstoffen. Deutlich erkennbar ist die oberflächliche, schlängelförmige Ausbreitung des trüben Aarewassers (Aufnahme vom März 1994. Foto: U. Ochsenbein, GBL).

Adresse der Autoren

Prof. Dr. Alfred Wüest
Eidg. Anstalt für Wasserversorgung,
Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EAWAG
Forschungszentrum für Limnologie
6047 Kastanienbaum

Dr. Markus Zeh
Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft
des Kantons Bern, GSA
Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern

Dieser Artikel erscheint in gleicher Form in
der Zeitschrift natur + mensch 2/2005.

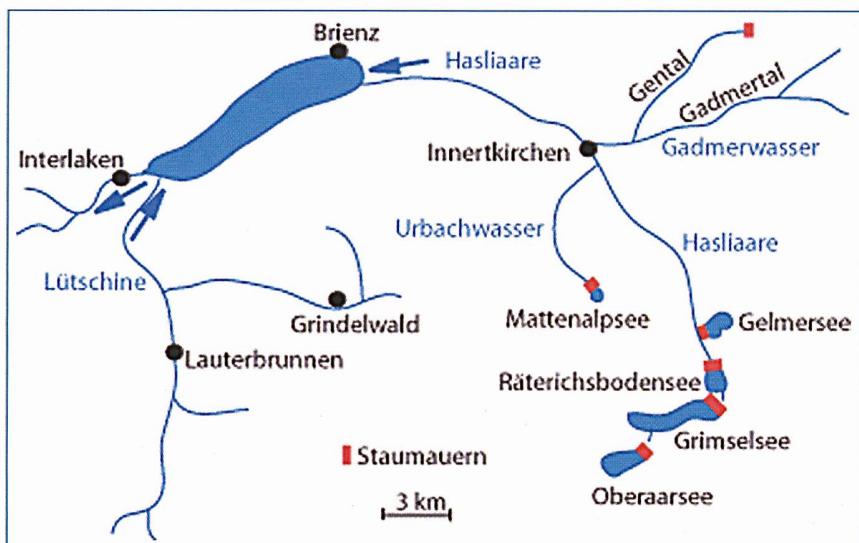


Bild 1 Einzugsgebiet des Brienzsees (1130 km²) mit den zwei wichtigsten Zuflüssen Aare (hydroelektrisch genutzt) und Lütschine (natürlicher Abfluss). Mit rund 200 Mio. m³ beträgt das Volumen der Stauseen im Grimselgebiet etwa 4% desjenigen des Brienzsees.

treter bilden dabei den Lenkungsausschuss, welcher den Projektfortschritt beaufsichtigt.

Systemanalyse (2001 – 2002)

In einem ersten Schritt wurden sämtliche denkbar möglichen Einflussfaktoren

in Betracht gezogen und ihre Wirkung auf das Ökosystem Brienzsee hinterfragt (Sigmaplan 2002). Als Resultat wurden neun mögliche Hypothesen formuliert.

Noch vor Beginn weiterer Abklärungen wurden, um nicht wertvolle Zeit zu verlieren, fünf als prioritär eingestufte Studien und Massnahmen durchgeführt:

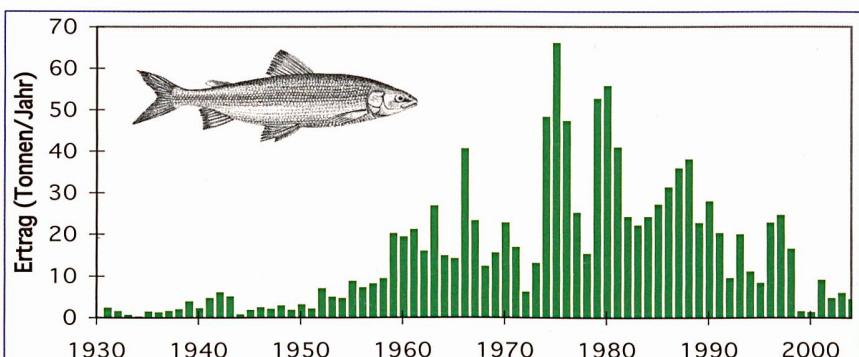


Bild 2 Felchenfangerträge der Berufsfischer im Brienzsee in Tonnen pro Jahr. Deutlich erkennbar ist der enorme Einbruch in den Jahren 1999 und 2000. Seither erholten sich die Erträge wieder leicht (Daten: Fischereiinspektorat des Kantons Bern).

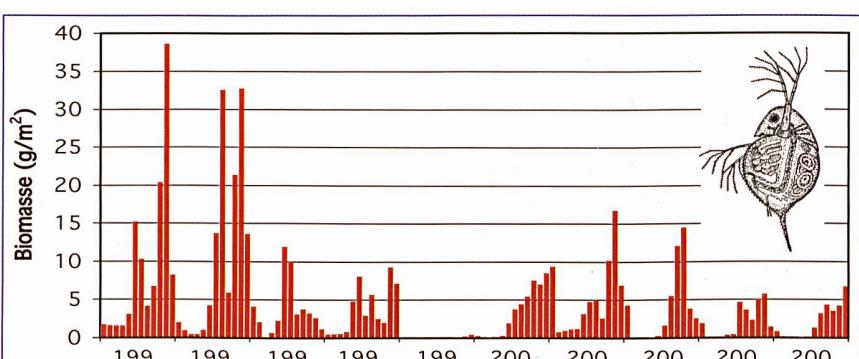


Bild 3 Menge an Daphnien (Wasserflöhe) in den monatlichen Proben von 1995 bis 2004 (in g/m² Seefläche zwischen 0 und 100 m Wassertiefe). Auffallend ist der Ausfall im Jahr 1999, welcher bis Mai 2000 anhielt. Da Daphnien die wichtigste Nahrung der Felchen bilden, gingen die Felchenfangerträge im Jahre 1999 massiv zurück.

Im Brienzsee wurden (1) die Felchenpopulationen und deren Entwicklung quantifiziert (Müller 2003), (2) die Felchenmägen auf ihre Inhalte hin untersucht (Maurer 2005) und (3) vorhandene Datenreihen zur Trübung analysiert (Siegenthaler 2003). Im Weiteren wurden (4) Korngrößenverteilung, Zusammensetzung und Transport von Schwebstoffen vom Grimselsee (Bühler und Siegenthaler, 2003) bestimmt und (5) die bestehende Netzkäfiganlage im Thunersee für die Aufzucht von Felchensömmerringen aus dem Brienzsee ausgebaut.

Prioritätensetzung (2002–2003)

In einem zweiten Schritt wurden die neun Hypothesen von einer Gruppe von sechs Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen mit vorhandenen Daten und bestehenden Kenntnissen weiterentwickelt (Wüest et al. 2003). Da viele Aspekte eng miteinander verknüpft sind und sich gegenseitig beeinflussen, schlug die Expertengruppe dem Kanton Bern vor, die fünf Hypothesen in einem aufeinander abgestimmten Gesamtprojekt zu bearbeiten. Nach der Konkretisierung der Forschungsinhalte wurden diese im Frühjahr 2003 zu sieben Teilprojekte (Tabelle I, Bild 4) gruppiert und die zu beantwortenden Fragen festgelegt.

Interdisziplinäres Forschungsprojekt (2004–2006)

Der Regierungsrat des Kantons Bern hiess die Finanzierung des Gesamtprojektes im März 2004 gut. Damit wurden auch Beiträge von KWO und BUWAL aktiviert. Das Projekt wird finanziell zu praktisch gleichen Teilen vom Kanton Bern, von der KWO und dem BUWAL sowie von Eigenleistungen der EAWAG und der Universität Genf getragen. Im Frühsommer 2004 wurden die Arbeiten in Angriff genommen.

Die übergeordneten Fragen dieses Projektes lauten: (1) Welche Faktoren haben zum generellen Rückgang des Felchenfangertrages geführt? (2) Welche Faktoren waren entscheidend für die Zusammenbrüche der Daphnien-Population und des Felchenfangertrages in 1999? (3) Sind Massnahmen notwendig und könnten damit solche Situationen verhindert oder zumindest gelindert werden?

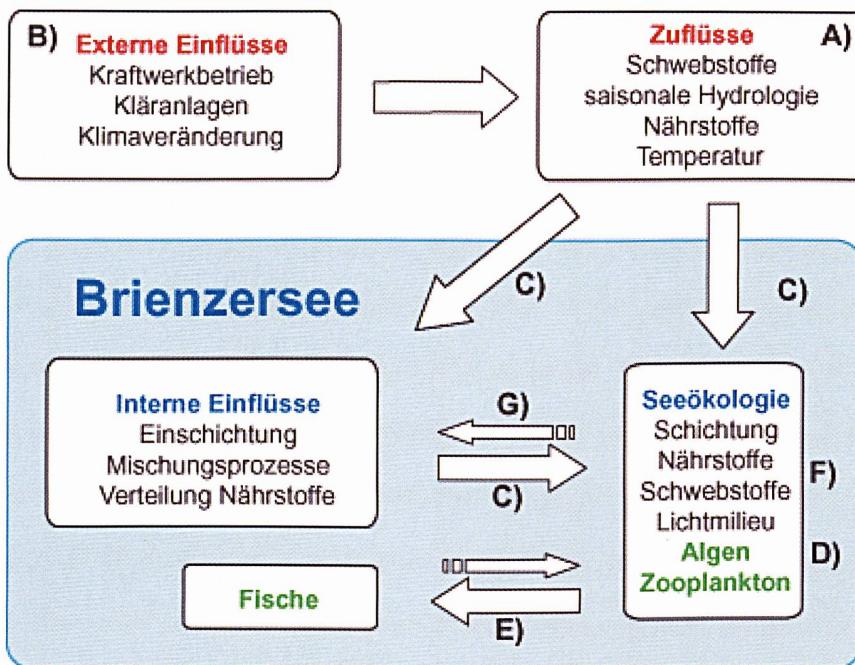


Bild 4 Das ökologische Wirkungsgefüge im Brienzersee und dessen Beeinflussung durch die externen Faktoren Nährstoffe und Schwebstoffe. Die Symbole (A) bis (G) beziehen sich auf die sieben Teilprojekte (Tabelle I) und deren Einbettung in dieses Wirkungsgefüge.

Thema	Bearbeitung durch
A Veränderung der Hydrologie und des Partikeltransportes der Aare	Universität Bern, Geographisches Institut, u.a.
B Rückgang der Nährstoffeinträge in den Brienzersee	Bonnard+Gardel Ingenieure AG, Bern und GSA
C Verminderung der biologischen Produktivität	EAWAG
D Fortpflanzung und Wachstum des Zooplanktons	EAWAG
E Beziehungsnetz Fische-Zooplankton	WFN Gümmenen und EAWAG
F Adsorption von Nährstoffen an Schwebstoffe	EAWAG
G Verminderte Beseitigung mineralischer Partikel Integration und Projektleitung	Univ. de Genève, Institut Forel GSA, EAWAG und Experten

Tabelle I Die sieben Teilprojekte (A – G) der laufenden Untersuchungen.

Grundlegende wissenschaftliche Überlegungen

Um diese drei übergeordneten Fragen zu beantworten, ist das Verständnis mehrerer Vorgänge im See notwendig, welchen in verschiedenen Teilfragen nachgegangen wird. Die wichtigsten Aspekte betreffen:

- Die Quantifizierung des aktuellen Eintrages, des internen Kreislaufes und der Sedimentation des bioverfügbar Phosphors (Phosphat) sind notwendig, damit die jährlich produzierte Algenmenge geschätzt werden kann. Zudem soll anhand aller verfügbaren Unterlagen sowie mit Untersuchungen des Sedimentes der Nährstoffverlauf der letzten Jahrzehnte rekonstruiert und mit den Fangerträgen in Bezug gesetzt werden. Auch soll die Menge von Phosphat, welche durch Adsorption an
- feine Schwebstoffe verloren geht, bestimmt werden.

- Neben den absoluten Mengen spielen auch die Wassertiefe, in der die Nährstoffe in den See eingetragen werden, sowie die Lichtbedingungen eine wichtige Rolle für das Algenwachstum. Diese beiden Faktoren könnten sich durch andere Abflussverhältnisse (klimatisch bedingt und/oder durch den Kraftwerkbetrieb verursacht) verändert haben und sollten deshalb nachgebildet werden.
- Die Veränderungen der Lichtbedingungen können jedoch auch das Resultat eines geringeren Algenwachstums sein. Dabei könnte eine verminderde Menge an Plankton dessen «biologische» und «chemische» (Koagulation) Reinigungswirkung vermindern, sodass das Seewasser heute trüber erscheinen mag, obwohl

weniger Feinstoffe in die Oberfläche gelangen.

- Eine zentrale Rolle spielt die Dynamik der Daphnien, da sie die wichtigste Nahrung der Felchen bilden. Besonders ihre jahreszeitliche Entwicklung (speziell im Frühjahr) ist zu kennen, um zu verstehen, unter welchen Bedingungen es zu Einbrüchen der Population kommt. Die Wechselwirkungen zwischen den Felchen und den Daphnien im Brienzersee sind ebenfalls zu wenig bekannt.

Eine detaillierte Beschreibung des Projektes ist im Internet unter http://www.bve.be.ch/site/bve_gsa_gwq_seen_berbro_bzsee_fachberichte_expertenbericht_phase_2.pdf zu finden.

Erste Erkenntnisse

Obwohl die Untersuchungen erst Mitte 2006 abgeschlossen sein werden, zeichnen sich bereits erste vorläufige Ergebnisse ab:

- (1) Zwei verschiedene Modelle zur Rekonstruktion der natürlichen Abflüsse der Hasliaare bei Brienzwiler liefern eine gute Übereinstimmung. Damit sind plausible Grundlagendaten für einen Vergleich zwischen den natürlichen Abflussverhältnissen vor 1930 und den heutigen, sowohl durch den Kraftwerkbetrieb wie durch Klima veränderten, Abflüsse vorhanden (Bild 5).
- (2) In den Sedimenten der Grimsel-Stauseen werden jährlich etwa 250 000 Tonnen Feststoffe aus dem Einzugsgebiet abgelagert (Bühler und Anselmetti, 2003). Die restlichen Schwebstoffe, welche von Lütschine und Aare heute in den Brienzersee gespült werden, ergeben in etwa die gleiche Menge. Vor dem Bau der Kraftwerke folgte der Eintrag von Feststoffen in den Brienzersee zwar einem veränderten jahreszeitlichen Verlauf (mehr im Sommer, weniger im Winter), betrug aber etwa das Doppelte des heutigen.
- (3) Die außerordentliche Gletscherschmelze im Extrem Sommer 2003 bewirkte in den beiden Flüssen eine deutlich unterschiedliche Fracht von Schwebstoffen: Während sie sich in der Lütschine (natürlicher Abfluss) verdoppelte, halbierte sie sich (aufgrund der Stauseen) in der Aare.
- (4) Nährstoffmessungen in der Hasliaare bei Brienzwiler und der Lütschine

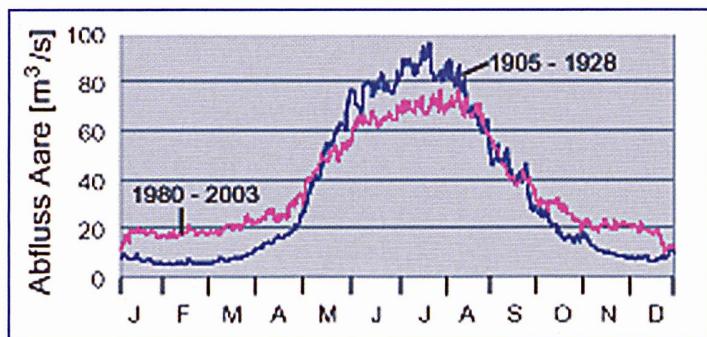


Bild 5 Die blaue Kurve zeigt das natürliche Abflussregime der Aare bei Brienzwiler von 1905 bis 1928 (vor Bau der Stauteen) und die rote Kurve den Abfluss von heute (1980 bis 2003). Die Speicherseen der KWO (Bild 1) halten im Sommer die Differenz zwischen blauer und roter Kurve zurück und geben dieses Wasser während den Wintermonaten wieder ab.

bei Gsteig haben gezeigt, dass der Eintrag an gelöstem Phosphat aus dem Einzugsgebiet sehr gering ist. Der hohe Anschlussgrad an die Kanalisation und der Ausbau der Kläranlagen zeigen Wirkung. Der Erfolg dieser Gewässerschutzmassnahmen führte dazu, dass die Konzentrationen des im See für die Algen verfügbaren Phosphates meist unterhalb der Nachweigrenze von 0,001 mg/l liegen. Auch taucht ein Teil der Nährstoffe mit den beiden Zuflüssen in grosse Tiefe ab und trägt nicht zum Algenwachstum an der Oberfläche bei. Ein geringer Teil des bioverfügbar Phosphors bleibt in den Grimsel-Stauseen zurück. Die Algenmenge des Brienzersees ist auf einem (für Schweizer Seen) außerordentlich tiefen Niveau und beschränkt die Ernährung der Daphnien.

(5) Entsprechend der geringen Algenmenge sind die Sedimente des Brienzersees bis gegen 2 cm Tiefe ideal belüftet. Die auf dem Sediment liegenden Felcheneier werden somit ausreichend mit Sauerstoff versorgt und im Sediment gebundenes Phosphat wird kaum freigesetzt.

(6) Von den verschiedenen Arten von Daphnien überwiegt im Brienzersee jene (*Daphnia hyalina*), welche an nährstoffarme Bedingungen angepasst ist. Erste Fütterungsversuche lassen vermuten, dass der Gehalt an Schwebestoffen im Brienzersee ihr Wachstum nicht beeinträchtigt. Auch scheint der Parasitenbefall in dieser kühlen und nährstoffarmen Umgebung keine Rolle zu spielen.

Ausblick

Es wird eine sehr grosse Herausforderung sein, die Wirkung der verschiedenen äusseren Einflussfaktoren im Einzugsgebiet für die relevanten seeinternen Vorgänge zu klären und wo immer möglich zu quantifizieren. Wir hoffen damit den Fachleuten des Kantons die notwendigen Grundlagen für eine sachliche Beurteilung der seit Jahren im Raum stehenden konfliktreichen Fragen liefern zu können. Die Begleitung des Projektes durch die direkt betroffenen Fischer, Kraftwerkbetreiber, Seeanliegergemeinden und kantonalen Fachstellen wird beitragen, das Projekt auf die wichtigen Fra-

gestellungen zu fokussieren. Die Veröffentlichung der Ergebnisse ist für Sommer 2006 vorgesehen.

Die Ausbauvorhaben der KWO (Projekt KWO plus) und deren Umweltauswirkungen sind nicht Gegenstand dieses Projektes. Selbstverständlich werden die Ergebnisse neben einem integrierten Schlussbericht auch in den üblichen wissenschaftlichen Kanälen publiziert und somit allen – der Kraftwerkbetreiberin und den gegenüber KWOplus kritisch Eingestellten – zur Verfügung stehen.

Literatur

- Bühl, J. und Siegenthaler C. (2003): Korngrössenverteilung, Zusammensetzung und Transport von Schwebestoffen im Grimselgebiet. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 44 S. plus Anhang.
- Bühl, R. W. (2003): Sedimentvolumen in den Grimselseen und daraus resultierende Erosionsraten im Einzugsgebiet: Diplomarbeit ETH Zürich.
- EAWAG (1996): Das Verhalten von Schwebestoffen im Brienzersee. EAWAG Auftrag Nr. 84190. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 30 S.
- Maurer, V. (2005): Brienzerseefelchen – Magenanalysen. Schlussauswertung Routineprogramm. Bericht im Auftrag des Fischereiinspektoretes des Kantons Bern. 18 S. plus Anhang.
- Müller, R. (2003): Populationsdynamische Untersuchungen an den Felchen des Brienzersees. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 82 S.
- Naturaqua (1993): Trübung Brienzersee, Schlussbericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 30 S.
- Siegenthaler, C. (2003): Brienzersee: Analyse vorhandener Datenreihen. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 20 S. plus Anhang.
- Sigmaplan (2002): Veränderungen im Ökosystem Brienzersee. Systemanalyse. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 58 S.
- Wüst, A. et al. (2003): Veränderungen im Ökosystem Brienzersee, Phase II «Prioritätenseitung», Expertenbericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 50 S. http://www.bve.be.ch/site/bve_gsa_gwq_seen_berbro_bzsee_synthese_expertenbericht_phase_2.pdf

Diminution de la prise de corégones dans le lac de Brienz

Depuis environ 75 ans, les forces motrices d'Oberhasli AG (KWO) dans le bassin versant du lac de Brienz utilisent l'eau de la région du Grimsel. Une partie des matières solides se dépose dans les lacs d'accumulation, et les égouts et la charge sédimentaire s'écoulent au cours des saisons dans l'Aar dans la vallée du Hasli. En même temps, les apports de substances nutritives ont régressé dans le lac de Brienz, tout comme dans d'autres lacs de Suisse. Ce sont avant tout les pêcheurs qui voient un rapport entre la diminution considérable de la prise de corégones et l'exploitation des centrales. Un projet de recherche interdisciplinaire doit à présent faire toute la lumière sur l'écosystème troublé par de fines substances en suspension et ses liens complexes.

Symposium Brienzersee

«Zwischen Wasserkraftnutzung und Nährstoffrückgang»
Freitag, 23. September 2005
Universität Bern, Hauptgebäude, Hörsaal 220
Samstag, 24. September 2005
Exkursion ins Grimselgebiet

Anmeldung

Bis 1. September an das Tagungssekretariat per Telefon, Internet oder E-Mail:
Regula Hediger, EAWAG, Postfach 611, 8600 Dübendorf, Tel. 01 823 53 61
regula.hediger@eawag.ch, www.eawag.ch/events/brienzersee