

Dem Felchenfangrückgang im Brienersee auf der Spur

Seit rund 75 Jahren nutzen die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) im Einzugsgebiet des Brienersees 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 Brienersee die Nährstoffeinträge zurückgegangen. Besonders die Fischer vermuten jedoch einen Zusammenhang zwischen dem drastischen Rückgang der Felchenfangerträge und dem Kraftwerkbetrieb. Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt soll jetzt Licht in das durch feine Schwebstoffe getrübe Ökosystem und seine vielschichtigen Zusammenhänge bringen.

■ Alfred Wüest und Markus Zeh

Vorgeschichte

Fischereikreise machen sich seit Jahren Sorgen über das trübe Brienerseewasser. 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 Verursacherin 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

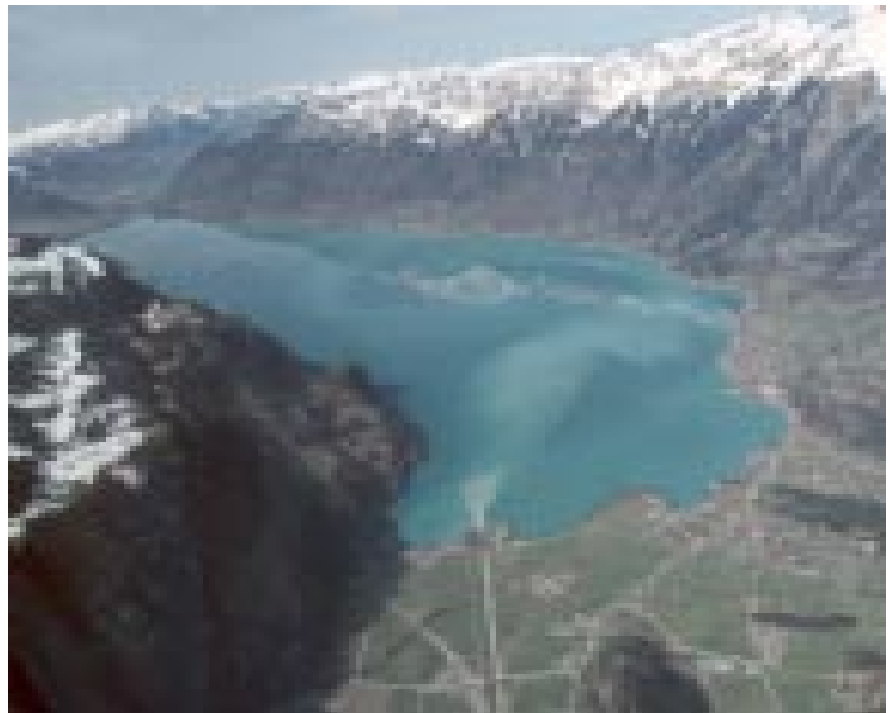
wurde 1993 festgehalten, dass die KWO zwar einen Einfluss auf den Lebensraum Brienersee habe, dass dieser aber keine Gefährdung für das Vorkommen einer oder mehrerer Pflanzen- oder Tierarten darstelle (Naturaqua 1993). Die Experten empfahlen dem Kanton jedoch, ihr Beobachtungsprogramm für den See zu 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 Felchenfangertrag 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 Brienersee 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 Brienersee» initiiert, um die notwendigen Untersuchungen durchzuführen und die Wissenslücken zu füllen. Die drei genannten Interessenver-



Brienersee: Rechts im Bild Brienz, am unteren Bildrand die Mündung der Hasliaare mit ihren Schwebstoffen. Deutlich erkennbar ist die oberflächliche, schlangenförmige 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.

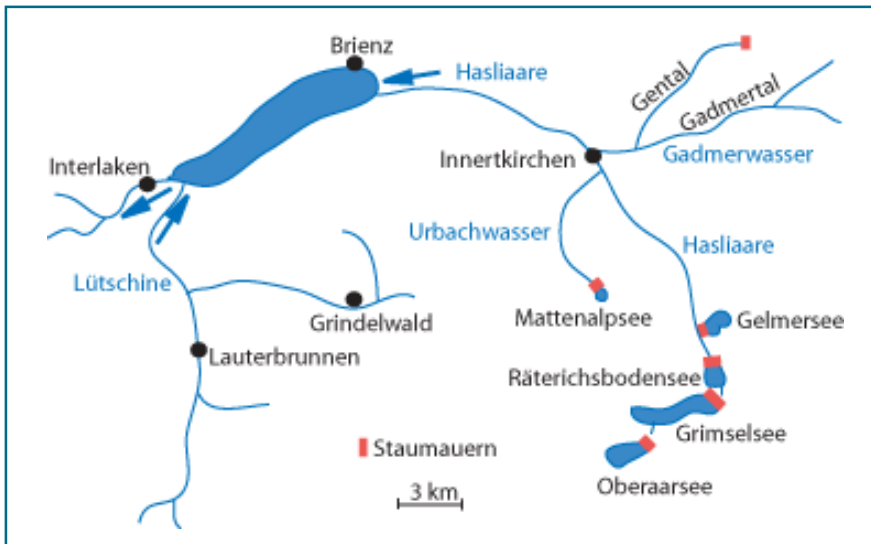


Bild 1 Einzugsgebiet des Brienzsees (1130 km²) mit den zwei wichtigsten Zuflüssen Aare (hydroelektrisch genutzt) und Lütschine (natürlicher Abfluss). Mit rund 200 Mio m³ beträgt das Volumen der Stauseen im Grimselgebiet etwa 4% desjenigen des Brienzsees.

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 (Sigmaphan 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:

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 Grimselgebiet (Bühler und Siegenthaler, 2003) bestimmt und (5) die bestehende Netzkäfiganlage im Thunersee für die Aufzucht von Felchensömmerlingen 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 Teilprojekten (Tabelle I, Bild 4) gruppiert und die zu beantwortenden Fragen festgelegt.

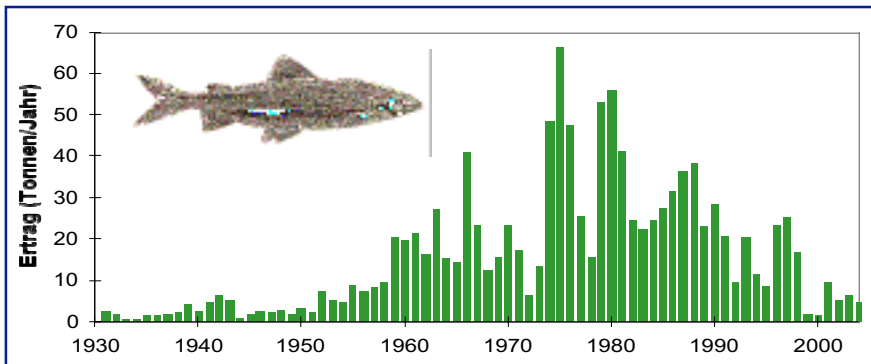


Bild 2 Felchenfangerträge der Berufsfischer im Brienzsee in Tonnen pro Jahr. Deutlich erkennbar ist der enorme Einbruch in den Jahren 1999 und 2000. Seither erholten sich die Erträge wieder leicht (Daten: Fischereinspektorat des Kantons Bern).

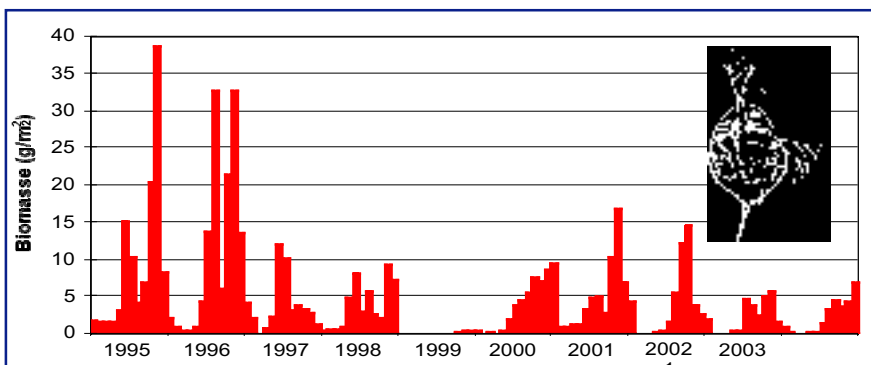


Bild 3 Menge an Daphnien (Wasserflöhe) in den monatlichen Proben von 1995 bis 2004 (in g/m² Seefläche zwischen 0 und 100 m Wassertiefe). Auffallend ist der Ausfall im Jahr 1999, welcher bis Mai 2000 anhält. Da Daphnien die wichtigste Nahrung der Felchen bilden, gingen die Felchenfangerträge im Jahre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

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?

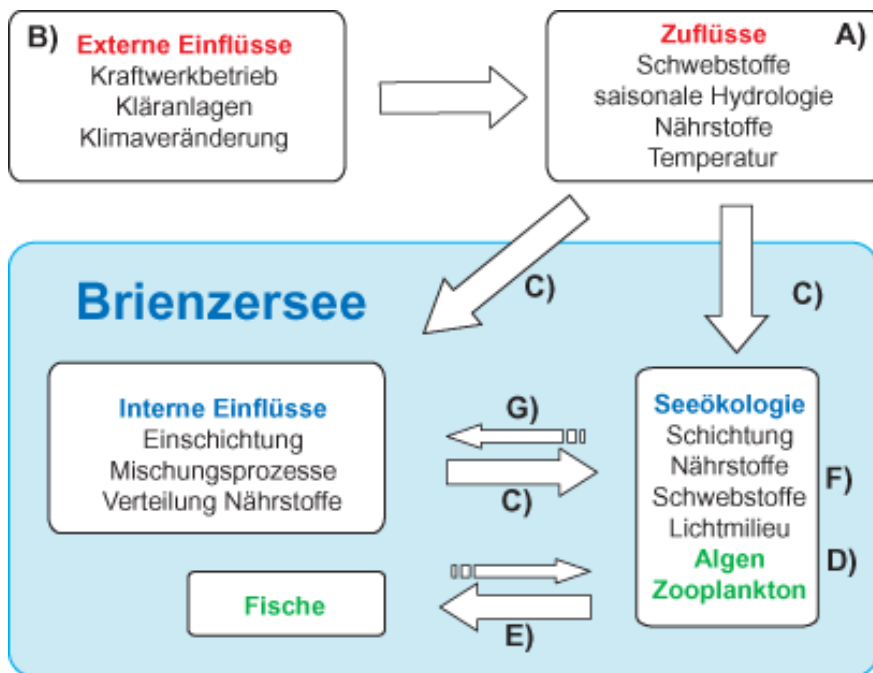


Bild 4 Das ökologische Wirkungsgefüge im Brienzensee und dessen Beeinflussung durch die externen Faktoren Nährstoffe und Schwebstoffe. Die Symbole (A) bis (G) beziehen sich auf die sieben Teilprojekte (Tabelle I) und deren Einbettung in dieses Wirkungsgefüge.

Thema	Bearbeitung durch
A Veränderung der Hydrologie und des Partikeltransportes der Aare	Universität Bern, Geographisches Institut, u.a.
B Rückgang der Nährstoffeinträge in den Brienzensee	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	Univ. de Genève, Institut Forel
Integration und Projektleitung	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 bioverfügbaren 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 verminderte Menge an Plankton dessen «biologische» und «chemische (Koagulation)» Reinigungswirkung vermindern, so dass 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 Brienzensee 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 Brienzensee gespült werden, ergeben in etwa die gleiche Menge. Vor dem Bau der Kraftwerke folgte der Eintrag von Feststoffen in den Brienzensee zwar einem veränderten jahreszeitlichen Verlauf (mehr im Sommer, weniger im Winter), betrug aber etwa das Doppelte des heutigen.
- (3) Die ausserordentliche Gletscherschmelze im Extremsommer 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.

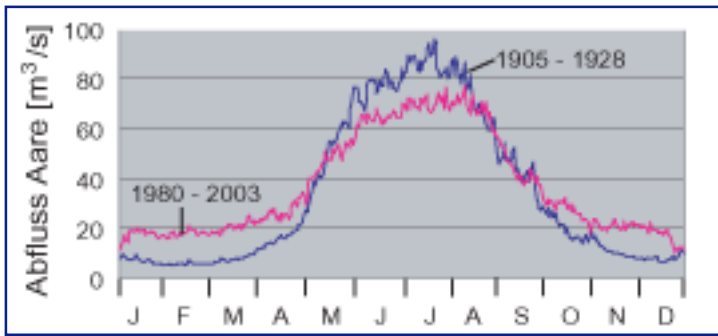


Bild 5 Die blaue Kurve zeigt das natürliche Abflussregime der Aare bei Brienzwiler von 1905 bis 1928 (vor Bau der Stauseen) und die rote Kurve den Abfluss von heute (1980 bis 2003). Die Speicherseen der KWO (Bild 1) halten im Sommer die Differenz zwischen blauer und roter Kurve zurück und geben dieses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

- (4) Nährstoffmessungen in der Hasliaare bei Brienzwiler und der Lüttschne 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 Nachweisgrenze 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 bioverfügbaren Phosphors bleibt in den Grimsel-Stauseen zurück. Die Algenmenge des Brienzensees ist auf einem (für Schweizer Seen) ausserordentlich tiefen Niveau und beschränkt die Ernährung der Daphnien.
- (5) Entsprechend der geringen Algenmenge sind die Sedimente des Brienzensees 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 Brienzensee jene (*Daphnia hyalina*), welche an nährstoffarme Bedingungen angepasst ist. Erste Fütterungsversuche lassen vermuten, dass der Gehalt an Schwebstoffen im Brienzensee 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 konflikträchtigen 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 Fragestellungen 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

Bühler, J. und Siegenthaler C. (2003): Korngrößenverteilung, Zusammensetzung und Transport von Schwebstoffen im Grimselgebiet. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 44 S. plus Anhang.

Bühler, R. W. (2003): Sedimentvolumen in den Grimselseen und daraus resultierende Erosionsraten im Einzugsgebiet: Diplomarbeit ETH Zürich.

EAWAG (1996): Das Verhalten von Schwebstoffen im Brienzensee. EAWAG Auftrag Nr. 84190. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 30 S.

Maurer, V. (2005): Brienzseeefelchen – Magenanalysen. Schlussauswertung Routineprogramm. Bericht im Auftrag des Fischereinspektorates des Kantons Bern. 18 S. plus Anhang.

Müller, R. (2003): Populationsdynamische Untersuchungen an den Felchen des Brienzensees. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 82 S.

Naturaqua (1993): Trübung Brienzensee, Schlussbericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 30 S.

Siegenthaler, C. (2003): Brienzensee: Analyse vorhandener Datenreihen. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 20 S. plus Anhang.

Sigmaplan (2002): Veränderungen im Ökosystem Brienzensee. Systemanalyse. Bericht im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. 58 S.

Wüest, A. et al. (2003): Veränderungen im Ökosystem Brienzensee, Phase II «Prioritätensetzung», 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 Brienzensee
«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/brienzensee