

Dem Felchenfangrückgang im Brienzersee auf der Spur

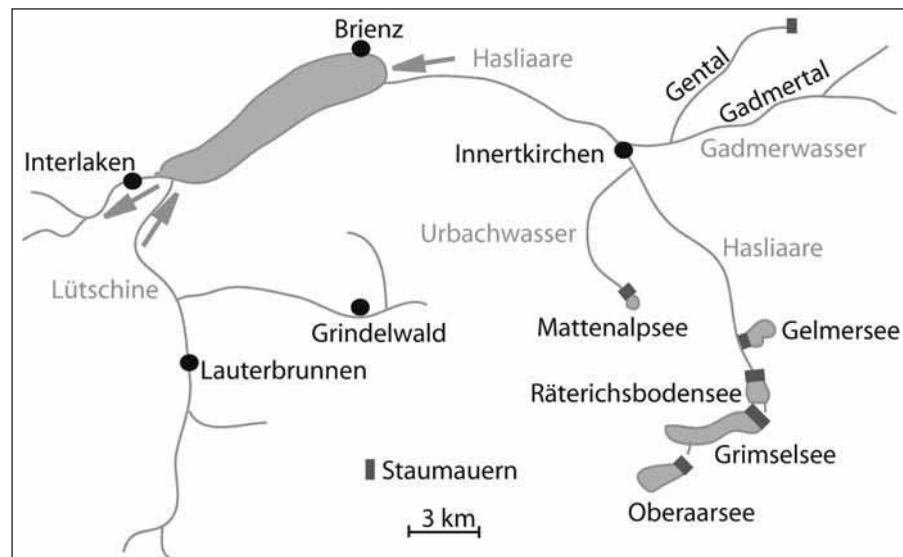
Seit rund 75 Jahren nutzen die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) im Einzugsgebiet des Brienzersees das Wasser von der Grimsel. Dadurch wird ein Teil der Feststoffe in den Stauseen deponiert. Abfluss und Schwebstofffracht werden in der Hasliaare im jahreszeitlichen Verlauf geglättet. Gleichzeitig sind, wie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

Prof. Dr. A. Wüest
Eidg. Anstalt für
Wasserversorgung,
Abwasserreinigung
und Gewässerschutz
EAWAG
6047 Kastanienbaum
Tel. 041 349 21 81

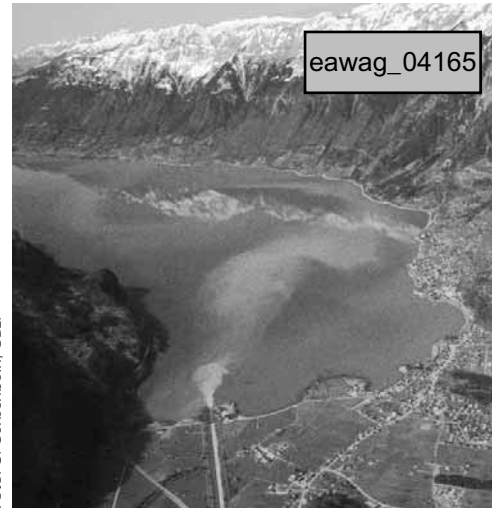
Dr. Markus Zeh
Amt für Gewässer-
schutz und Abfall-
wirtschaft des
Kantons Bern
Schermenweg 11
3014 Bern
Tel. 031 634 23 84

Dieser Artikel er-
scheint in gleicher
Form in der Zeit-
schrift SEV/VSE 10/05.

Fischereikreise machen sich seit Jahren Sorgen über das trübe Brienzerseewasser. Sie befürchten, dass die durch die Hasliaare eingetragenen Schwebstoffe den See über das natürliche Mass hinaus eintrüben, dessen ökologische Funktion beeinträchtigen



Einzugsgebiet des Brienzersees (1'130 km²) mit den zwei wichtigsten Zuflüssen Aare (hydroelektrisch genutzt) und Lütschine (natürlicher Abfluss). Mit ca. 200 Mio m³, beträgt das Volumen der Stauseen im Grimselgebiet etwa 4% desjenigen des Brienzersees.



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.

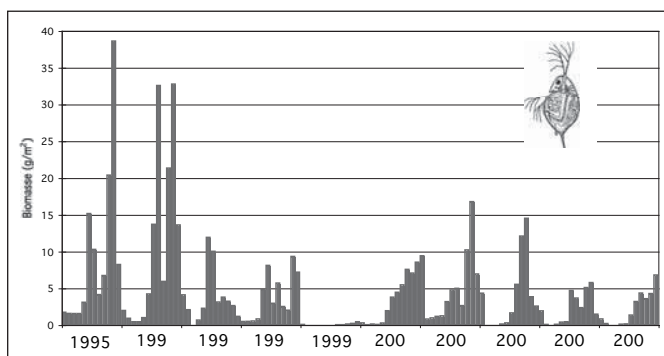
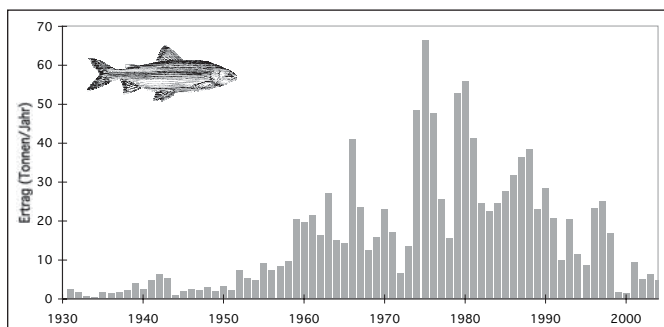
und somit die Fischerträge schmälern. Als Verursacherin möglicher Veränderungen werden die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) vermutet. Bereits 1989 wurde deshalb im Berner Grossen Rat eine Interpellation eingereicht, welche Abklärungen zu Ursachen und Folgen der Trübung, sowie dem Zusammenhang zur hydroelektrischen Nutzung verlangte. Im entsprechenden Untersuchungsbericht wurde 1993 festgehalten,

Abb. oben:
Felchenfangerträge
der Berufsfischer
im Brienzersee in
Tonnen pro Jahr.
Deutlich erkennbar
ist der enorme Ein-
bruch 1999 und
2000. Seither erhol-
ten sich die Erträge
wieder leicht.

Abb. unten:
Menge an Daph-
nien (Wasserflöhe)
in den monatlichen
Proben von 1995
bis 2004 (in g/m²
Seefläche zwischen
0 und 100 m Was-
sertiefe). Auffallend
ist der Ausfall im
Jahr 1999, welcher
bis Mai 2000 an-
hielt. Da Daphnien
die wichtigste Nah-
rung der Felchen
bilden, gingen die
Felchenfangerträge
im Jahre 1999 mas-
siv zurück.

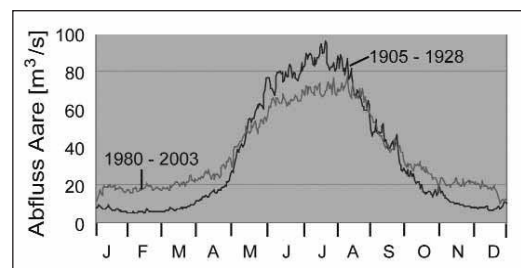
dass die KWO zwar einen Einfluss auf den Lebensraum Brienzersee habe, dass dieser aber keine Gefährdung für das Vorkommen einer oder mehrerer Pflanzen- oder Tierarten darstelle (Natur-aqua 1993). Die Experten empfahlen dem Kanton jedoch, ihr Beobachtungsprogramm für den See zu intensivieren. Neben dem Ausbau der routinemässigen Seeüberwachung durch das kantonale Gewässer- und Bodenschutzlabor (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. 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. 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 anfangs 2001 das Projekt «Veränderungen im Ökosystem Brienzersee» initiiert, um die notwendigen Untersuchungen durchzuführen und die Wissenslücken zu füllen. Die drei genannten Interessenvertreter bilden dabei den Lenkungsausschuss, welcher den Projektfortschritt beaufsichtigt.



Die Kurven zeigen das natürliche Abflussregime der Aare bei Brienzen von 1905–28 (vor Bau der Stauseen) und von heute (1980 bis 2003). Die Speicherseen der KWO halten im Sommer die Differenz zwischen oberer und unterer Kurve zurück und geben dieses Wasser während den Wintermonaten wieder ab.

Systemanalyse (2001–2002)

In einem ersten Schritt wurden alle denkbar möglichen Einflussfaktoren in Betracht gezogen und ihre Wirkung auf das Ökosystem Brienzersee 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: Im Brienzersee wurden (1) die Felchenpopulationen und deren Entwicklung quantifiziert (Müller 2003), (2)

Daten: Fischereinspektorat des Kantons Bern.

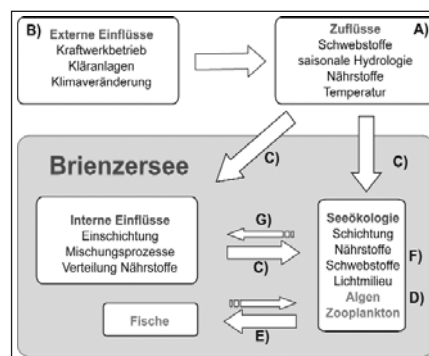
die Felchenmägen auf ihre Inhalte hin untersucht (Maurer 2005) und (3) vorhandene Datenreihen zur Trübung analysiert (Siegenthaler 2003). Im Weiteren wurden (4) Korngrößenverteilung, Zusammensetzung und Transport von Schwebstoffen vom Grimsensee (Bühler und Siegenthaler 2003) bestimmt und (5) die bestehende Netzkäfiganlage im Thunersee für die Aufzucht von Felchensommerlingen aus dem Brienersee 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, fünf Hypothesen in einem abgestimmten Gesamtprojekt zu bearbeiten. Nach der Konkretisierung der Forschungsinhalte wurden diese im Frühling 2003 zu sieben Teilprojekten gruppiert und die zu beantwortenden Fragen festgelegt.

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?



Das ökologische Wirkungsgefüge im Brienersee und dessen Beeinflussung durch die externen Faktoren Nährstoffe und Schwebstoffe. Die Symbole (A) bis (G) beziehen sich auf die sieben Teilprojekte (Tabelle 1) und deren Einbettung in dieses Wirkungsgefüge.

Die sieben Teilprojekte der laufenden Untersuchungen		
Teilprojekt	Thema	Bearbeitung durch
A	Veränderung der Hydrologie und des Partikeltransportes der Aare	Universität Bern, Geographisches Institut, und andere
B	Rückgang der Nährstoffeinträge in den Brienersee	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 Gümnenen und EAWAG
F	Adsorption von Nährstoffen an Schwebstoffe	EAWAG
G	Verminderte Beseitigung mineralischer Partikel	Université de Genève, Institut Forel
	Integration und Projektleitung	GSA, EAWAG und Expertengruppe

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

Grundlegende wissenschaftliche Überlegungen

Um diese drei übergeordneten Fragen beantworten zu können ist das Verständnis mehrerer Vorgänge im See notwendig, welchen in verschiedenen

Teilfragen nachgegangen wird. Die wichtigsten Aspekte betreffen:

- (i) 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.
- (ii) 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.
- (iii) 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 an die Oberfläche gelangen.
- (iv) Eine zentrale Rolle spielt die Dynamik der Daphnien, da sie die wichtigste Nahrung der Felchen bilden. Besonders ihre jahreszeitliche Entwicklung (speziell im Frühling) 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 gute Übereinstimmungen. Damit sind plausible Grundlagendaten für einen Vergleich zwischen den natürlichen Abflussverhältnissen vor 1930 und den heutigen, sowohl durch den Kraftwerkbetrieb wie durch das Klima veränderten Abflüssen vorhanden.

(2) In den Sedimenten der Grimsel-Stauseen werden jährlich ca. 250'000 Tonnen Feststoffe aus dem Einzugsgebiet abgelagert (Bühler und Anselmetti 2003). Die restlichen Schwebstoffe, welche von Lütchine 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 Extremsommer 2003 bewirkte in den beiden Flüssen eine deutlich unterschiedliche Fracht von Schwebstoffen: Während sie sich in der Lütchine (natürlicher Abfluss) verdoppelte, halbierte sie sich (aufgrund der Stauseen) in der Aare.

(4) Nährstoffmessungen in der Hasliaare bei Brienzwiler und der Lütchine 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 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 Schwebstoffen 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 see-internen 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 konfliktträchtigen Fragen liefern zu können. Die Begleitung des Projektes durch die direkt betroffenen Fischer, Kraftwerksbetreiber, Seeanliegergemeinden und kantonalen Fachstellen wird beitragen, das Projekt auf die wichtigen Fragestellungen zu fokussieren. Die Veröffent-

lichung 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 Kraftwerksbetreiberin und den gegenüber KWOplus kritisch Eingestellten – zur Verfügung stehen.

Literatur

- Bühler, J. and C. Siegenthaler (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 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 Fischereinspektorates 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.
- Wüest, A. et al. (2003). Veränderungen im Ökosystem Brienzersee, 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