

Trotz Ausbau der Kraftwerksleistung – deutlich geringere Pegelschwankungen in der Hasliaare



Inhalt des Vortrags

1. Ist-Zustand der Aare

- Flusscharakteristiken
- Schwall/Sunk-Indikatoren
- Makrozoobenthos
- Fische

2. Aufwertung des Kraftwerks Innertkirchen 1

3. Dimension und technische Steuerung d. Beruhigungsbeckens

4. Verbesserungen durch das Beruhigungsbecken

- Verminderung verschiedener Schwall/Sunk-Indikatoren
- zu erwartende gewässerökologische Verbesserungen

5. Fazit - Bewertung der Schwallstrecke (mit / ohne Beruhigungsbecken)

Übersichtskarte Schwallstrecke



© 2008 swisstopo (JD072732)

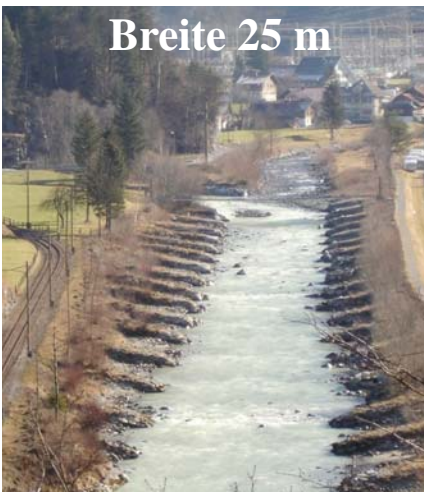


1. Ist-Zustand der Aare

- Einzugsgebietsgrösse 449 km² (21% vergletschert)
- $MQ = 35 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{\text{Deckschicht}} = 150\text{--}180 \text{ m}^3/\text{s}$
- $d_m = 13 \text{ cm}$ $d_{90} = 32 \text{ cm}$ $J = 5\text{--}8 \text{ ‰}$

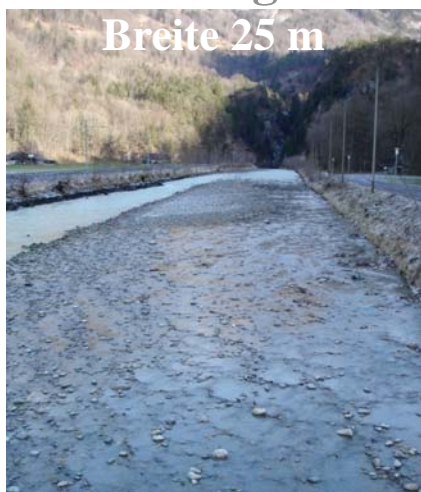
**Buhnenstrecke
Innertkirchen**

Breite 25 m



**Kiesbankstrecke
Meiringen**

Breite 25 m



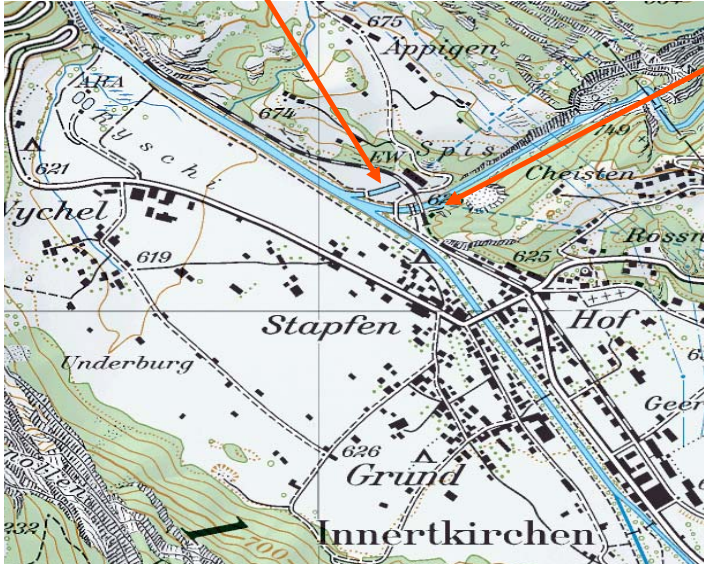
**Kanalstrecke
Meiringen-Brienzen**

Breite 18 m



Heutige Situation der Wasserrückgabe in Innertkirchen

Turbiniertes Wasser aus dem Susten-Gebiet wird heute direkt in die Aare eingeleitet



Turbiniertes Wasser aus dem Grimsel-Gebiet wird heute in das Gadmerwasser eingeleitet



5

Schwall/Sunk-Indikatoren

Schwall/Sunk-Verhältnis (VAW & EPFL 2006*)

- kleiner 8:1 an 95% aller Wintertage
- kleiner 5:1 an 70% aller Wintertage

Schwall- und Sunkraten (VAW & EPFL 2006*)

- mittlere Schwallrate 0.15 - 0.25 m³/s*min
- mittlere Sunkrate 0.11 - 0.19 m³/s*min

Pegeländerungsraten (BAFU 2007*)

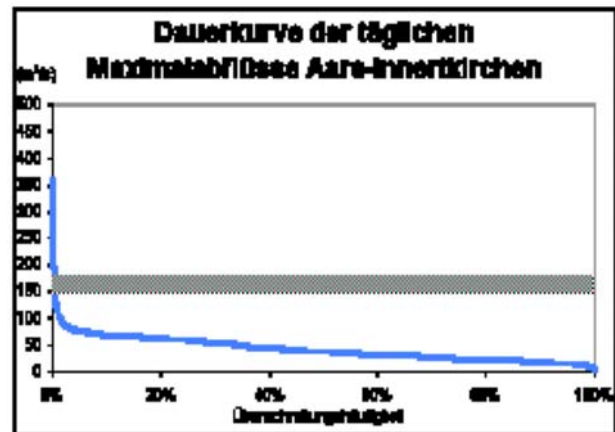
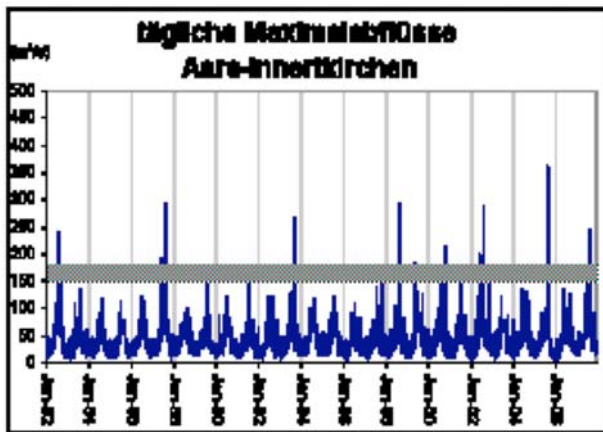
- maximale Pegelanstiegsrate 1 – 10 cm/min
- maximale Pegelrückgangsrate 0.2 – 2 cm/min

* = Abflüsse der Monate Dezember, Januar, Februar der Jahre 1974-2004 für Brienzwiler

* = Januarabflüsse für die Jahre 1993-2005 für Brienzwiler

6

Heutige Stabilität der Sohle



- Kritischer Abfluss zum Aufreißen der Deckschicht: **150 – 180 m³/s** (bestimmt aus physikalischen Modellversuchen)

Für die Periode 1982-2007:

→ 32 Ereignisse mit $Q > 150 \text{ m}^3/\text{s}$ (1.2 Ereignissen pro Jahr)

→ 17 Ereignisse mit $Q > 180 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.7 Ereignissen pro Jahr)



Makrozoobenthos

Probenahmen: 1986, 1993, 1994, 2002, 2006, 2008
(aber nicht immer an allen Stellen)

Probestelle	Anzahl Taxa Steinfliegen	Anzahl Taxa Eintagsfliegen	Anzahl Taxa Köcherfliegen	Anzahl Taxa Total
Referenz- strecke Aare oberhalb von Innertkirchen	6-7	3-7	0-6	14-16
Buhnen- strecke Innertkirchen	3-10	4-6	3-4	11-18
Kiesbank- strecke Meiringen	4-14	3-10	4-6	12-29
Kanal- strecke Brienzwiler	7-10	6-8	5	20-21



Fische

Vorkommende Fischarten:

- Bachforelle • Groppe
- Seeforelle • Bachsaibling



Fangdaten des Laichfischfangs oberhalb von Innertkirchen (2000-2005)

- 25 – 35 Seeforellen pro Jahr

→ Anzahl gesamthaft aufsteigenden Fische um mehrfaches höher

→ Vermutlich **passen** die Seeforellen ihr **Wanderverhalten an**:

- Aufstieg nachts und am Wochenende
- tagsüber Schutz vor der Strömung hinter Blöcken und Buhnen

→ Genauere Untersuchung im Forschungsprojekt „Integratives Flussgebietsmanagement“

→ Aufgrund der eintönigen Morphologie: **kein Stranden von Fischen**



1.5 Fische

- Einstieg ins Gadmerwasser durch heutige Wasserrückgabe zeitweise verunmöglicht
- in dieser 300 m langen Strecke trotz günstigen Bedingungen noch keine natürliche Verlaichung der Seeforellen



2. Aufwertung des Kraftwerks Innertkirchen 1 (1^{te} + 2^{te} Etappe)

- **Neubau eines neuen Parallelstollens** zur Verminderung der Reibung (1^{te} Etappe):
 - Erhöhung der Stromproduktion um 35 GWh/a
 - **Optimierung der Turbinen und Generatoren** (1^{te} Etappe)
 - Erhöhung der Stromproduktion um 15 GWh/a
 - **Neubau eines neuen Druckschachts** zur Verminderung der Reibung (2^{te} Etappe)
 - Erhöhung der Stromproduktion um 15 GWh/a
- **Gesamte Erhöhung der Stromproduktion um 65 GWh/a**
- Erhöhung der maximal möglichen Triebwassermenge von **70 auf 95 m³/s**

11 

Bedingungen für das Turbinieren von 95 m³/s im Winter

- insgesamt an 6 Kraftwerken und an allen betroffenen Stollen keine Revisionen
 - in den letzten 27 Jahren gab es dies nur an **15% der Tage**
 - keine Verpflichtung für das Vorhalten von Reserven für die Netzstabilität
 - der entsprechende Stromspitzenbedarf muss vorhanden sein
- **Dieses Extremszenario tritt heute 0-2 mal im Jahr auf**
- Insgesamt kann nur **90 Minuten** auf absoluter Vollast gefahren werden (Ausgleichsbecken Hopflauen im (Gadmental, Laufwasser) läuft leer)
- **das geplante Beruhigungsbecken kann die Wasserrückgabe in die Aare von 95 m³/s während 90 Minuten auf 86 m³/s reduzieren**

12 

3. Dimension und techn. Steuerung d. Beruhigungsbeckens

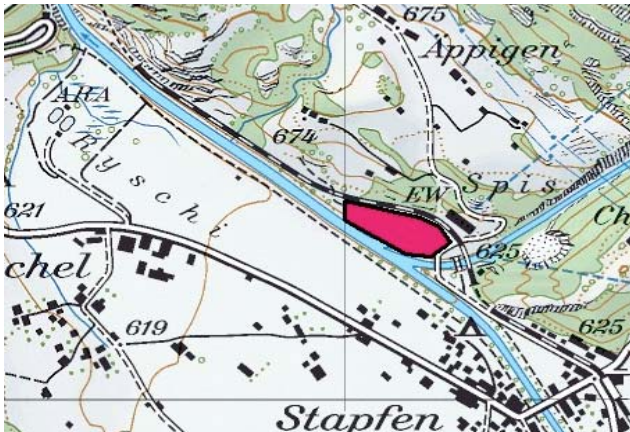
Limitierungen:

- seitlich: Aare, Gadmerwasser und Meiringen-Innertkirchen-Bahn
- vertikal: Höhenlage der Aare und der Turbinen in den Kraftwerken IK 1 und 2

→ $V_{\text{Becken}}: 22'000 \text{ m}^3$, $V_{\text{Stollen}} = 25'000 \text{ m}^3$ → $V_{\text{Total}} = 47'000 \text{ m}^3$

Steuerung des Beckens für gewässerökologische Optimierung:

→ mit Mikroturbinen und 30-minütiger Strombedarfsprognose



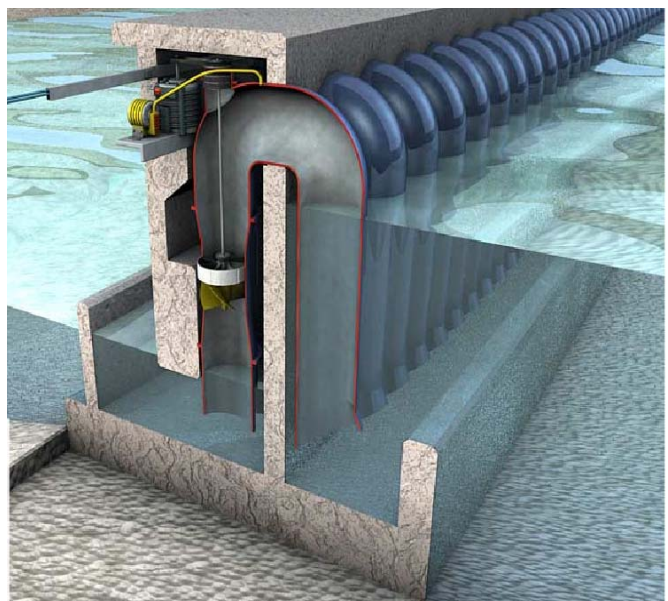
13 

Einsatz von Siphon- bzw. Mikroturbinen

Speziell geeigneter Turbinentyp für kleine und **stark variable Fallhöhen**
entwickelt von Grimselhydro, MHyLab und groupe-e

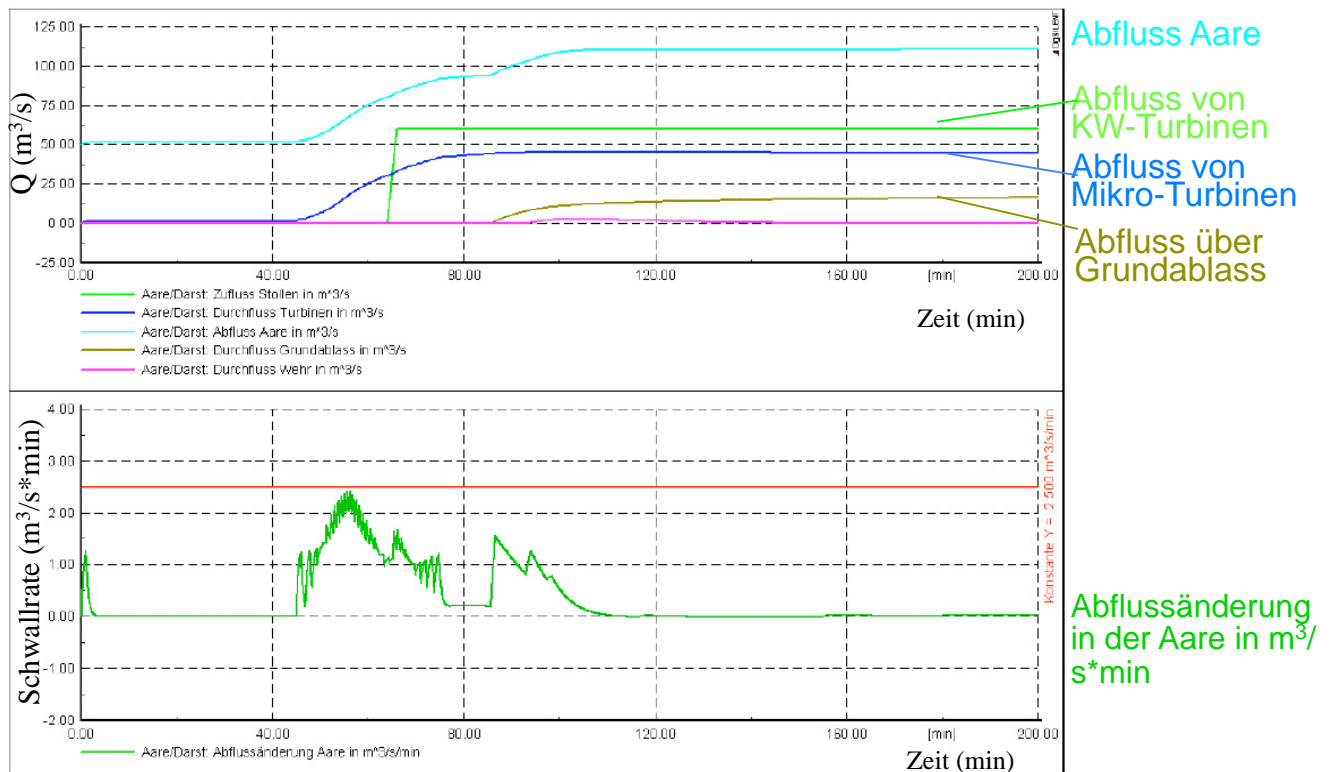
- Einsatz von 25 Mikroturbinen
- Feinsteuerung der Wasserrückgabe
- Senkung der Schwallraten
- Reduktion der Fließgeschwindigkeit bei der Wasserrückgabe
- Effiziente Schwallreduktion auch bei kleinem Beckenvolumen

**Zusätzlicher Energiegewinn
2 GWh/a**



14 

Simulationen für Schwall 0 → 60 m³/s



Aus Schluchter (2006)

15

4. Verbesserungen durch das Beruhigungsbecken

Veränderung der Schwall/Sunk-Indikatoren:

- Schwall/Sunk-Verhältnis wird von heute 8:1 auf 4.5:1 reduziert (an 95% der Wintertage)
- Anstieg und Rückgang des Wasserspiegels wird um die Hälfte verlangsamt
- Schwallraten werden halbiert (siehe nächste Folie)
- Die Pegelstände bei Maximalabfluss werden um 30 cm höher ausfallen → wegen Blockbau und begrenzter Breite keine negativen Einflüsse auf Fische und Wirbellose zu erwarten

16

Gewässerökologische Aspekte d. Beruhigungsbeckens

Entflechten von Gadmerwasser und Triebwasser

→ Wertvolle Laichstrecke wird für Seeforellen zugänglich

Sanfteres Einleiten des Triebwassers mit Mikroturbinen:

→ Durchgängigkeit und Auffinden der Gewässerabschnitte oberhalb der Wasserrückgabe werden deutlich erleichtert

Langsamere Abflussanstieg

→ Längere Reaktionszeiten → geringere Drift



17 

Driftversuche März / April 2008

In Zusammenarbeit mit der Limnex AG, Zürich



- Pegel
- Kraftwerk
- × Probenahme-stelle

März Wasserrückgabe von 0 → 45 m³/s in 5 Minuten

April Wasserrückgabe von 0 → 45 m³/s in 30 Minuten

18 

Netzmessung in Meiringen



Pumpmessung in Brienzwiler



19 

Pumpmessung in Brienzwiler



20 

Pumpmessung in Brienzwiler



21 

Pumpmessung in Meiringen



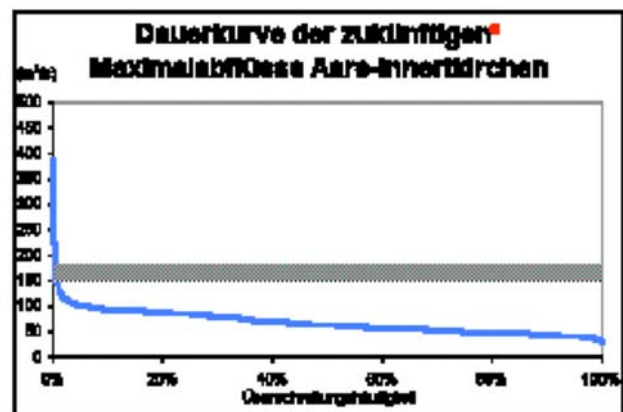
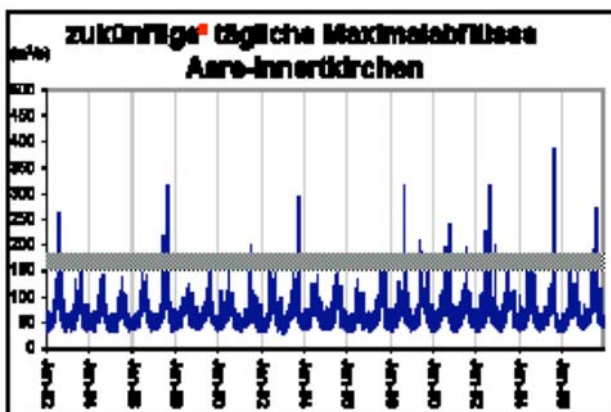
22 

Ergebnisse der Driftversuche

	Aare Meiringen alternierende Kiesbänke			Aare Brienzwiler kanalisiert		Lütschine Zwei- lütschinen Kiesbänke	Lütschine Gsteig kanalisiert
PN-Datum	10.03.08	7.4.08	7.4.08	10.3.08	7.4.08	7.4.08	7.4.08
Schwall- anstieg	rasch	ge- dämpft	ge- dämpft	rasch	ge- dämpft	Abfluss ständig tief	Abfluss ständig tief
PN- Methode	Netz (Ufer)	Netz (Ufer)	Pumpe (Mitte)	Pumpe (Mitte)	Pumpe (Mitte)	Netz (Ufer-Mitte)	Netz (Ufer- Mitte)
Driftdichte MZB (Ind./ m ³)	20	6	25	145	50	1.8	6.8
Driftmasse MZB (mg/ m ³)	35	6.5	70	450	220	20	34

23 

Sohlenstabilität nach Aufwertung des Kraftwerks Innertkirchen 1



* Verwendung der täglichen Maximalabflüsse von 1982-2007, wobei jeder tägliche Maximalabfluss pauschal um 25 m³/s erhöht wurde
→ ungünstigster Fall für die Sohlenstabilität

Für den Zeitraum 1982-2007 ergeben sich dann:

→ 59 (32*) Ereignisse mit $Q > 150 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht 2.3 (1.2*) Ereignissen pro Jahr)

→ 27 (17*) Ereignisse mit $Q > 180 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht 1.0 (0.7*) Ereignissen pro Jahr)

→ diese Ereignisse werden wie bisher vorwiegend im Sommerhalbjahr auftreten

(* heutiger Zustand)

24 

5. Fazit – Bewertung der Schwallstrecke mit/ohne Beruhigungsbecken

- **Trockenfallen** und damit verbundenes **Stranden von Fischen**:
 - aufgrund fehlender Strukturen kein Stranden von Fischen
- **Stabilität der Sohle**:
 - selbst bei den grösstmöglichen Schwallabflüssen gegeben
- **Drift von Invertebraten heutiger Zustand**:
 - in der Kiesbankstrecke etwas höher als in der Referenzstrecke (Lütschine)
 - in der Kanalstrecke deutlich höher als in der Referenzstrecke (Lütschine)
- **Drift von Invertebraten mit Beruhigungsbecken**:
 - Reduktion der Driftdichte auf rund 30%
 - Reduktion der Driftmasse auf 20-50 %
 - Drift in der Kiesbankstrecke gleich gross wie in der Referenzstrecke
 - Drift in der Kanalstrecke etwas höher als in der Referenzstrecke

