

Möglichkeiten der Habitatoptimierung für die Seeforelle
(*Salmo trutta lacustris*) im Einzugsgebiet des Brienersees
(Berner Oberland, Schweiz)



Diplomarbeit

Bearbeiter: Matthias Meyer

1. Prüfer: Prof. Dr. Ulrich Riedl

2. Prüfer: Dr. Armin Peter

21.08.2010

Fachbereich 9: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung

Fachgebiet: Landschaftsökologie und Naturschutz

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
University of Applied Sciences

Danksagung

Ich möchte folgenden Personen danken:

Meinen Eltern, Großeltern und Bruder für die Motivation, die moralische und finanzielle Unterstützung.

Meiner langjährigen Freundin für ihr Verständnis und ihren Beistand.

Den Kraftwerken Oberhasli (KWO) und insbesondere Herrn Dr. Steffen Schweizer sowie meinen Betreuern Herrn Prof. Dr. Ulrich Riedl und Herrn Dr. Armin Peter.

Des Weiteren gilt mein Dank all denjenigen, die zu dem Gelingen meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Zusammenfassung

In der Schweiz zählt die Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) als stark gefährdete Art (BAFU 2007), dies ist unter anderem darauf zurück zu führen, dass sie ein charakteristisches Migrationsverhalten aufweist und in ihrem Lebenszyklus verschiedene Habitate besiedelt. Im Zuge der Nutzung und Veränderung der Fließgewässer, die sogleich wichtige Teillebensräume als Laich- und Jungfischhabitate darstellen, wurde die Seeforelle in den vergangenen Jahrhunderten stark beeinträchtigt. Der im Berner Oberland gelegene Brienersee beherbergt eine autochthone Population der schützenswerten Seeforelle, deren Bestand durch die Landgewinnung- und Hochwasserschutzmaßnahmen sowie die Einflüsse aus der Wasserkraftnutzung und nicht zuletzt durch die Fischerei in Mitleidenschaft gezogen wurde. In dieser Diplomarbeit werden die bestehenden und potentiellen Laichgewässer des Brienersees dargestellt, ihre Nutzungseinflüsse aufgezeigt und hinsichtlich der wechselnden Habitatansprüche der verschiedenen Lebensstadien bzw. deren Einflussfaktoren auf die Seeforelle beurteilt. Anhand der Beurteilung der Laichgewässer erfolgt eine Ableitung der Ziele, woraus sich die einzelnen Maßnahmen zur Aufwertung der Seeforellen-Habitate, Verbesserungsvorschläge für das Fischereimanagement sowie die Optimierungsmöglichkeit des Kraftwerksbetriebs und der Gewässerunterhaltung ergeben. Neben Maßnahmen, die das Auffinden und das Auf- und Absteigen der Seeforelle des jeweiligen Fließgewässers verbessern sollen, liegt der Fokus dieser Arbeit jedoch in der Schaffung und Verbesserung der Laich- und vor allem der Jungfischhabitate. Eine Verbesserung dieser wird ausschließlich durch die Revitalisierung der Fließgewässer bzw. Aufweitungen des Gewässerquerschnitts sowie der Schaffung einer natürlichen Geschiebedynamik erreicht. Ziel der Habitatoptimierung sollte das Erreichen einer stabilen Seeforellenpopulation im Brienersee sein, die sich durch die natürliche Reproduktion selbst vermehrt und erhält, so dass zukünftig der Besatz mit Seeforellen, auch wenn dieser mit autochthonem Besatzmaterial erfolgt, nur noch bestandsunterstützend durchgeführt werden muss und langfristig eingestellt werden kann.

Abstract

In Switzerland, the brown trout (*Salmo trutta lacustris*) belongs to the highly endangered species (BAFU 2007). This may be attributed, among other causes, to its characteristic migration behaviour and their settling in different habitats during their life cycle. In the course of the utilisation and alteration of the river, which are at once important part for spawning and juvenile fish habitats, the brown trout in the past centuries has been impaired. The Lake of Brienz located in the Bernese Oberland is home of a native population of brown trout deserved to be protected. This population was severely affected by of the land reclamation and flood protection measures as well as through the influences from the utilisation of water and by the fisheries. In this thesis, the existing and potential spawning waters of Lake Brienz are illustrated, identified and evaluated for their use influences the changing habitat requirements of the various life stages and their influences on the brown trout. Based on the evaluation of the spawning grounds a derivative of the targets is carried out, proposing various measures to enhance the trout habitats, improvements for fisheries management and the optimisation ability of the power plant operation and water maintenance. In addition to measures to improve the brown trout's finding of the respective streaming water and its climbing and descending ability, the main focus of thesis lies, however, in the creation and improvement of spawning and especially the young fish habitats. An improvement of this will be achieved solely by a revitalisation of the watercourse and an expansion of the water cross section and the creation of a natural sediment dynamic. The aim of the habitat optimisation should be the achievement of a stable brown trout population in the Lake Brienz, which preserves and renews itself by natural reproduction. In the future, the stocking of brown trout and solely with indigenous materials, should only be done to support the stocks, with the aim that these measures can be completely set in the not too distant future.

Gliederung

1. Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Anlass der Arbeit	1
1.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets	2
1.3 Historische Veränderungen im Untersuchungsgebiet	3
2. Die Seeforelle (<i>Salmo trutta lacustris</i>)	7
2.1 Einordnung in die Systematik	7
2.2 Lebensweise und planungsrelevante Habitatansprüche	8
2.3 Schutzstatus und Gefährdungsursachen	10
3. Der Brienersee	11
4. Bestehende und potentielle Laichgewässer im Einzugsgebiet des Brienersees	13
4.1 Die Hasliaare und ihre Zuflüsse	13
4.1.1 Die Hasliaare	13
4.1.2 Das Urbachwasser	18
4.1.3 Das Gadmerwasser	20
4.1.4 Der Wychelbach	22
4.1.5 Der Alpbach	23
4.1.6 Der Reichenbach	25
4.1.7 Der Falcherenbach	26
4.1.8 Der Hausenbach	27
4.2 Der Aarekanal	29
4.3 Die Lüttschinnen und ihre Zuflüsse	31
4.3.1 Die Weisse Lüttschinnen	31
4.3.2 Die Schwarze Lüttschine	33
4.3.3 Die Vereinigte Lüttschine	35
4.3.4 Der Saxetbach	36

5. Nutzungseinflüsse auf die Seeforelle und ihre Habitate im Untersuchungsgebiet	38
5.1 Landgewinnung und Hochwasserschutz	38
5.1.1 Habitatverlust durch den Verbau der Fließgewässer	38
5.1.2 Die Kolmation der Gewässersohle	41
5.1.3 Maßnahmen zur Gewässerunterhaltung	41
5.2 Fischereimanagement	42
5.2.1 Fischereirecht	42
5.2.2 Fischereibestimmungen und Praxis der Fischerei	43
5.2.3 Fangstatistiken	47
5.2.4 Bestehende Förderungsmaßnahmen der Fischerei	49
5.3 Kraftwerksbetrieb	52
5.3.1 Querbauwerke zur Wasserableitung	52
5.3.2 Der Schwall- und Sunkbetrieb	52
5.3.3 Die Restwasserstrecken	54
5.3.4 Kraftwerkseinleitungen	58
6. Beurteilung der Fließgewässer	60
6.1 Herangehensweise	60
6.2 Beurteilungsparameter	60
6.3 Beurteilung der Fließgewässer im Ist-Zustand	63
7. Zielsetzungen für die Erhaltung und Entwicklung	65
7.1 Potentialabschätzung der Fließgewässer	65
7.2 Erhaltungsziele	66
7.3 Entwicklungsziele	67
8. Maßnahmenkatalog	68
8.1 Gewässerbauliche Habitatoptimierungen	68
8.1.1 Verbesserung der Auffindbarkeit	68
8.1.2 Aufwertung der Zuwanderungsstrecken	69
8.1.3 Aufwertung der Laichhabitate	74
8.1.4 Aufwertung der Jungfischhabitate	77
8.2 Optimierungsmöglichkeit der Gewässerunterhaltung	83

8.3 Vorschläge für das Fischereimanagement	84
8.4 Optimierungsmöglichkeit des Kraftwerkbetriebs	87
9. Fazit und Ausblick	89

10. Literaturverzeichnis

11. Abbildungsverzeichnis

12. Tabellenverzeichnis

13. Anhang

Anlagen:

- Karte 1: Beurteilung der Fließgewässer hinsichtlich ihrer Eignung als Seeforellen-Habitat (DIN A1)
- CD der Diplomarbeit in digitalisierter Form (Word 2007 & PDF)

1. Einleitung

1.1 Aufgabenstellung und Anlass der Arbeit

In der Schweiz hat sich das Verbreitungsareal der Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) seit 1996 bis 2007 fast um die Hälfte verkleinert, die Seeforelle zählt in der Schweiz als stark gefährdete Art (BAFU 2007). Gründe hierfür sind die ungenügende Erreichbarkeit der Reproduktionsgebiete durch den Verbau der Fließgewässer und intensive Nutzung durch Kraftwerke, fehlende Jungfischhabitats und ein gestörter Geschiebehaushalt in den Reproduktionsgewässern. Des Weiteren sind zu geringe Restwassermengen sowie der Schwall- und Sunkbetrieb in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftwerken für den Rückgang der Seeforelle mit verantwortlich (FI 2008).

Der im östlichen Berner Oberland gelegene Brienersee beherbergt eine autochthone Population der schützenswerten Seeforelle.

Die Seeforelle wurde unter der Nutzung und Veränderung der Zuflüsse des Brienersees durch den Menschen in den vergangenen Jahrhunderten stark beeinträchtigt. Bis zum heutigen Zeitpunkt erfolgte keine gesamtheitliche Betrachtung der Seeforellen-Population dieses Sees, die für eine nachhaltige Förderung unverzichtbar ist.

Ziel der Arbeit ist die Beurteilung aller für die Seeforelle relevanten Laichgewässer sowie die Ausarbeitung eines Maßnahmen-Konzeptes, um den Aufstieg, die Laichhabitats und den Bestand der Seeforelle in den jeweiligen Zuflüssen zu fördern.

Außerdem werden die vorhandenen Kenntnisse des Fischereimanagements über die Seeforelle in die Untersuchung einbezogen und Verbesserungsvorschläge für die Bewirtschaftung und das Fischereireglement ausgearbeitet.

Als Grundlage dienen dabei u.a. historische Aufzeichnungen über den Laichaufstieg und ehemalige und bestehende Laichhabitats der Seeforelle der entsprechenden Zuflüsse.

Des Weiteren werden Fangstatistiken und das Fischereireglement aus der Berufs- und Angelfischerei mit einbezogen und weitergehende Recherchen und Befragungen bei dem Fischereinspektorat, dem Fischereiverband und den Fischereivereinen durchgeführt.

1.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Schweiz, im östlichen Teil des Kantons Bern im Berner Oberland. Das Einzugsgebiet des Brienersees liegt in den Amtsbezirken Oberhasli und Interlaken.

Es umfasst den im Amtsbezirk Interlaken gelegenen Brienersee, einschließlich aller Zuflüsse, die als Seeforellen-Laichgewässer fungieren und diejenigen, die potentiell als solche geeignet sind (*siehe Abb. 1*). Die Grenzen des Untersuchungsgebiets werden anhand der geologischen Geländeoberfläche gezogen, d.h. ein Fließgewässer im Einzugsgebiet des Brienersees befindet sich nur soweit im Untersuchungsgebiet, bis natürliche Abstürze ein Aufsteigen der Seeforelle vom See in dieses Gewässer verhindern würde (*siehe Abb. 2*). Künstliche Querbauwerke werden nicht wie natürliche Abstürze behandelt, deshalb werden oberhalb befindliche Gewässerabschnitte von diesen in die Arbeit mit einbezogen.

Des Weiteren sind temporär wasserführende Fließgewässer nicht Bestandteil dieser Arbeit, da diese keine oder nur eine geringe fischökologische Bedeutung in Bezug auf die Seeforelle haben.

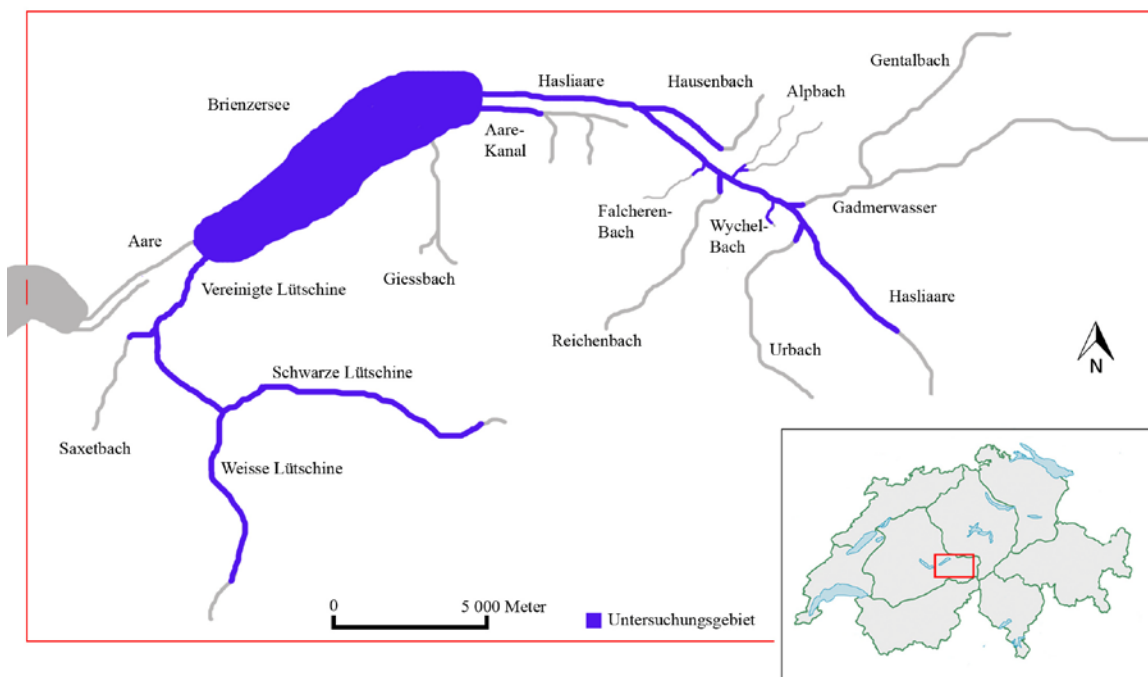


Abb. 1: Abgrenzung des Untersuchungsgebiets (nach SWISSTOPO 2005)

Neben dem Brienersee behandelt diese Arbeit die Hasliaare bis zur Urweid-Schlucht unterhalb von Boden, zuzüglich deren Zuflüsse Urbach-, Gadmerwasser und Wychelbach im

Talboden bei Innertkirchen. Weitere Zuflüsse der Hasliaare sind der Reichen-, Alp-, Falcheren- und Hüsenbach im Talboden bei Meiringen. Ebenfalls Inhalt dieser Arbeit sind der Aarekanal, der ab Unterbach orografisch links, parallel der Hasliaare fließt, die Schwarze-, Weisse- und Vereinigte Lüttschine sowie der Saxetbach.

Der Giessbach ist nicht Bestandteil dieser Arbeit, da unmittelbar vor der Mündung in den Brienzensee eine Reihe natürlicher Abstürze, mit teilweise über 10 Metern Fallhöhe, einen Aufstieg der Seeforellen verhindern (*siehe Abb. 3*).



Abb. 2: Die Reichenbachfälle im Talboden bei Meiringen – Ein natürliches Aufstiegshindernis (2010)



Abb. 3: Die Giessbachmündung in den Brienzensee (2010)

Bei den oben nicht aufgeführten Fließgewässern, die in den Brienzensee münden, handelt es sich um Gewässer mit einem temporären Abflussregime.

1.3 Historische Veränderungen im Untersuchungsgebiet

Nach der letzten Eiszeit erstreckte sich ein großer Talsee von Meiringen bis weit über Thun hinaus. Die Flüsse transportierten über Jahrtausende das Geschiebe aus dem Einzugsgebiet in den See. Die Lüttschine und der Lombach schütteten hierdurch die Ebene bei Interlaken auf und trennten den heutigen Brienz- vom Thunersee. Durch die Hasliaare entstand ein ausgedehntes Mündungsdelta von Meiringen bis Brienzwiller (HEUSCHER 1901). Der Brienz- und Thunersee stellten in der Vorzeit den Wendelsee dar. Durch deren gemeinsamen Ursprung ist die Fischfauna der beiden Seen und deren Nutzung eng miteinander verbunden (BUWAL 1994).

Nach VISCHER (2003) haben Mönche vom 12. bis ins 13. Jahrhundert von der Vereinigten Lüttschine, die damals vielarmig und breit über das sogenannte Bödeli in die Aare und in den Brienzensee geflossen ist, zur Urbanisierung den nach Bönigen führende Arm zum

Hauptgerinne ausgebaut und befestigt. Nach BUWAL (1994) war bis 1434 die freie Fischwanderung zwischen dem Briener- und Thunersee möglich und wurde seinerzeit erst durch den Bau einer Schwelle bei Interlaken gestört. Ein zweites Querbauwerk folgte 1460. Bis zu diesem Zeitpunkt soll auch der Lachs (*Salmo salar*) zur Reproduktion bis in die Hasliaare aufgestiegen sein.

Diese Querbauwerke wurden errichtet, um den Fischfang ertragreicher zu gestalten, hierdurch versumpfte der Hasliboden, da der Wasserspiegel des Brienersees angehoben wurde. Aus Hochwasserschutzgründen und zur Landgewinnung wurde 1849 bis 1855 eine neue Schwelle gebaut, um den Wasserstand des Brienersees zu regulieren. Von 1866 bis 1872 wurde die Korrektur der Hasliaare vorgenommen. Im Zuge dieser Maßnahme wurde auch der Unterlauf des Reichenbachs kanalisiert, der Aarekanal geschaffen und mit dem Verbau des Hausenbachs begonnen (RINGGENBERG 1996). Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden bei annähernd allen Fließgewässern im Untersuchungsgebiet Laufverkürzungen vorgenommen und die Ufer durch Blockwurf oder –satz befestigt (IMMER 2010 mdl). Bis zu diesem Zeitpunkt kann davon ausgegangen werden, dass alle Fließgewässer im Untersuchungsgebiet als Reproduktionsgewässer für die Seeforelle fungierten. Die Karte nach MIRANI (1764) zeigt die Hasliaare im noch unverbauten Zustand (siehe Anhang 1). Durch Prof. Dr. Heuscher wird die Seeforelle in seinem Buch als einheimische Fischart des Brienersees Ende des 19. Jahrhunderts erwähnt. Als wichtigste Reproduktionsgewässer gelten zur damaligen Zeit die Lütschine und die Hasliaare (HEUSCHER 1901).

Ab 1885 wird an der Lütschine und der Hasliaare der Seeforellen-Laichfischfang durchgeführt. Im folgenden Jahr erfolgte erstmalig der Besatz mit jungen Seeforellen im Brienersee (HEUSCHER 1901).

Ende des 19. Jahrhunderts wurde bei Lauterbrunnen an der Weissen Lütschine durch die Jungfraubahn AG das Laufwasserkraftwerk bei der Lochbrücke in Betrieb genommen. Rund 80 Jahre wurde hier an der Weissen Lütschine Strom produziert, bis das Wasserkraftwerk vom Netz genommen wurde (JUNGFRAU ZEITUNG 2008).

Im Jahre 1908 wurde das Laufwasserkraftwerk bei Burglauen an der Schwarzen Lütschine von der Jungfraubahn AG fertig gestellt und in Betrieb genommen (JUNGFRAUBAHNEN 2010). Ein 5 Meter hohes Stauwehr stellt bis zum heutigen Zeitpunkt ein unüberwindbares Wanderhindernis für die Seeforelle dar. Die flussaufwärts gelegenen Laichhabitate können nicht mehr erreicht werden. Von der Wasserfassung bis zur Wasser-

rückgabestelle, etwa 2 km flussabwärts gelegen, wurde die Schwarze Lütschine zur Restwasserstrecke (ROTH 2010 mdl.).

Der Reichenbach wurde ab dem Jahr 1909 durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst, der Gewässerabschnitt im Talboden bei Meiringen wurde hierdurch größtenteils zur Restwasserstrecke (EWR ENERGIE AG 2010).

Durch den Bau des Gelmer- und des Grimselsees in den Jahren 1925 bis 1932 im Einzugsgebiet der Hasliaare durch die Kraftwerke Oberhasli (KWO) wurde das natürliche Abflussregime dieses Fließgewässers erstmalig gestört. In den Jahren 1950 und 1954 wurden als weitere Pumpspeicherseen der Räterichsbodensee und der Oberaarsee durch die KWO in Betrieb genommen (KWO 2010b). Das Wasser wurde von nun an in den Pumpspeicherseen zurückgehalten und nach Bedarf zur Stromerzeugung turbinieren. Durch ein weitverzweigtes System aus Stollen gelangte das Wasser bis nach Innertkirchen, wo es in das Fließgewässer bei der Mündung des Gadmerwassers in die Hasliaare zurückgeleitet wurde. Von der Wasserrückgabe bis zum Brienersee unterliegt seitdem das Abflussregime der Hasliaare dem Schwall- und Sunkbetrieb. Der Gewässerabschnitt vom Räterichsbodensee bis nach Innertkirchen fungiert seit dem Erbau der Pumpspeicherseen als eine Restwasserstrecke, da die natürlichen Abflüsse aus dem oberen Einzugsgebiet zurückgehalten werden und vorhandene Abfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet stammt. Die Restwasserstrecke der Hasliaare wird seither nur bei Hochwasserereignissen oder bei Spülungen der betrieblichen Anlagen der KWO mit Wasser aus dem oberen Einzugsgebiet gespeist (SCHWEIZER 2010 mdl.). Laut ROTH (2010 mdl.) waren die Kanalisierung der Hasliaare und die Veränderung des Abflussregimes durch den Kraftwerksbetrieb mit die schwerwiegendsten baulichen Einschnitte für die Seeforellen-Population der Hasliaare.

Bis 1933 war die Durchgängigkeit der Weissen Lütschine für die Seeforelle bis oberhalb von Stechelberg gegeben. Im Zuge einer Hochwasserkatastrophe wurde zum Schutz der angrenzenden Bahntrasse bei Sandweidli zwischen Lauterbrunnen und Zweilütschinen ein 7 Meter hohes Querbauwerk errichtet. Wichtige Laichhabitate im Talboden von Lauterbrunnen konnten von nun an von den Seeforellen nicht mehr erreicht werden (ROTH 2010 mdl.). Im Jahre 1962 wurde im Zuge des Baus der Ortsumfahrung von Meiringen der Falcherebach künstlich angelegt und dessen Lauf verkürzt. Das Feuchtgebiet, die sogenannte Balmglunte wurde trockengelegt (FLOTRON AG 2010).

Wie in vielen nährstoffarmen (oligotrophen) Alpenrandseen waren auch im Brienersee die Felchen die dominanteste Fischart. Das geringe Vorkommen von Zooplankton, deren be-

vorzugte Nahrung, stellte einen limitierenden Faktor im See dar. Bis 1950 lag der Ertrag der Felchen bei den Berufsfischern in der Regel unter 2 Kilogramm pro Hektar Wasserfläche (ZEH 2006). Der Brienersee war zwischen 1950 bis 1970 durch eine stark zunehmende Eutrophierung (Nährstoffeintrag) geprägt. Mitte der 1970er Jahre stieg der Fischereiertrag auf 15 bis über 20 Kilogramm pro Hektar an. Gründe hierfür waren der technische Fortschritt in der Fischerei (KIRCHHOFER et al. 2006) und die Zunahme der Nährstoffeinträge, vorrangig durch Phosphat aus ungeklärten Abwässern sowie durch Ausschwemmung von landwirtschaftlich genutzten Flächen (ZEH 2006). Mit der Eutrophierung war eine starke Zunahme der Produktivität bei allen Stufen der Nahrungskette, angefangen bei dem Phytoplankton über das Zooplankton bis zu den Fischen zu verzeichnen (KIRCHHOFER et al. 2006). Nach ZEH (2006) verringerte sich ab 1981 die Phosphatkonzentration des Brienersees stetig. Die Ursachen waren unter anderem der Anschluss der Gemeinden an Kläranlagen mit Phosphatfällung, das Verbot von Phosphat bei Waschmitteln und nicht zuletzt strengere Vorschriften für das Düngen in der Landwirtschaft.

Bis in die 90iger Jahre des vergangenen Jahrhunderts stiegen die Seeforellen zur Reproduktion in der Hasliaare bis nach Boden auf. Durch einen gewaltigen Felsrutsch oberhalb von Innertkirchen gelangten große Mengen Gesteinsmaterial in das Fließgewässer, so dass natürliche Abstürze entstanden, die in der Urweidschlucht von nun an als Wanderhindernisse für die Seeforellen fungierten (ZYBACH 2010 mdl.). Im Jahre 1993 wurde zwischen der Inneren und der Äußeren Urweid ein Felssturziiegel beseitigt, um die Laichhabitate in der Inneren Urweid für die Seeforelle wieder zu erschließen (SIGMAPLAN 2008).

Ende der 90iger Jahre wurde im Auftrag des Fischereiinspektorats des Kantons Bern das Querbauwerk bei Sandweidli an der Weissen Lütschine durch einen 120 Meter langen Fischpass für die Seeforellen wieder überwindbar gemacht (ROTH 2010 mdl.).

Im Jahre 1993 wurde durch das Fischereiinspektorat die Laufverkürzung des Falcherenbachs zwischen der Ortsumgehungsstraße von Meiringen und der Mündung in die Hasliaare beseitigt. Dieser Bachabschnitt wurde so gestaltet, dass aufsteigende Seeforellen in die oberhalb liegenden Abschnitte gelangen können (ROTH 2010 mdl.).

Der Falcherenbach wurde bis ins Frühjahr 2010 auf einem Gewässerabschnitt von 0,2 km umgestaltet. Unter anderem wurden in besonderem Maße die Ansprüche der Seeforelle berücksichtigt. Unter Hochwasserschutzaspekten wurde der Gewässerabschnitt bis 0,2 km oberhalb der Straße so revitalisiert, dass die Längsvernetzung gewährleistet und die Habitat- und Stömungsdiversität wieder hergestellt ist (FLOTRO AG 2010).

2. Die Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*)

2.1 Einordnung in die Systematik

Die Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) gehört zur Familie der Salmoniden. Die Seeforelle ist keine eigenständige Art sondern eine sogenannte „Morphoform“ der Forelle (*Salmo trutta L.*). Weitere Ökoformen stellen die Bach- (*Salmo trutta fario*) und Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) dar. Durch die Besiedlung unterschiedlicher Lebensräume haben sich unterschiedliche Lebenszyklen entwickelt.

Heute differenziert man zwischen der Bachforelle, die als stationäre Form ihren vollständigen Lebenszyklus im Fließgewässer zubringt und der Meer- und Seeforelle, die ein charakteristisches Migrationsverhalten aufweisen (BAGLINIÈRE & MAISSE 1991). Die Übergänge zwischen den Ökotypen sind jedoch fließend (RUHLÉ et al. 2005), d.h. manche Populationen weisen unterschiedliche Lebenszyklen auf, so können Nachkommen von Seeforellen zu Bachforellen werden oder umgekehrt (ELLIOTT 1994).

Die Seeforelle (*siehe Abb. 4*) stellt eine potamodrome Form der Forelle dar, d.h. die Jungfische wandern nach den ersten Lebensjahren im Fließgewässer in größere Seen ab, verbringen dort ihre Wachstumsphasen und steigen zur Reproduktion wieder in ihr Geburtsgewässer auf. Die Meerforelle weist als anadrome Form der Forelle einen ähnlichen Lebenszyklus wie die Seeforelle auf, nur dass diese zur Wachstumsphase nicht in Seen abwandert, sondern in küstennahe Bereiche oder ins offene Meer (BAGLINIÈRE & MAISSE 1991).



Abb. 4: Adulte Seeforelle aus dem Einzugsgebiet des Brienersees (2009)



Abb. 5: Natürliche Reproduktion der Seeforellen im Urbachwasser (2009)

2.2 Lebensweise und planungsrelevante Habitatansprüche

In dem folgenden Kapitel sind die planungsrelevanten Habitatansprüche der Seeforelle für das Untersuchungsgebiet zusammengestellt. Auf die Ansprüche in Bezug auf Wasserqualität und Nahrung wird verzichtet, da anzunehmen ist, dass diese Ansprüche nicht in Verbindung mit dem Rückgang der Seeforelle stehen.

Die Seeforelle weist ein charakteristisches Migrationsverhalten auf, da sie in ihrem Lebenszyklus verschiedene Habitate besiedelt. Auf Grund des höheren Nahrungsangebots ziehen die juvenilen Seeforellen aus ihrem Geburtsgewässer in den See um dort beschleunigte Wachstumsphasen zu vollziehen. Mit dem Erreichen der Fortpflanzungsfähigkeit steigen die Seeforellen zur Reproduktion dann in die Zuflüsse des Sees auf. Der Laichaufstieg findet im Zeitraum zwischen Sommer bis zum Anfang des Winters statt, wobei die Distanz zu den Reproduktionshabitaten den Termin des Aufstiegs vorgibt. (BAGLINIÈRE & MAISSE 1991). Das Auffinden des Geburtsgewässers geschieht über den Geruchssinn, der die spezifische chemische Zusammensetzung des jeweiligen Fließgewässers wahrnimmt (DWA 2005). In der Regel ziehen die adulten Seeforellen ab September aus dem Brienzersee in die Zuflüsse (ROTH 2010 mdl.). Nach ZYBACH (2010 mdl.) konnten in manchen Jahren bereits Ende August einzelne adulte Seeforellen in der Hasliaare bei Innertkirchen beobachtet werden.

Bei den Aufsteigern in die Fließgewässer im Einzugsgebiet des Bodensees sind 75 % der laichreifen Seeforellen größer als 50 cm und 50 % haben eine Länge zwischen 50 und 68 cm (SCHULZ 1995). Nach ZYBACH (2010 mdl.) bewegte sich in den vergangenen Jahren die Durchschnittsgröße der beim Laichfischfang in der Hasliaare gefangenen Seeforellen um die 60 cm, die Seeforellen die in die Lutschine aufsteigen haben eine Durchschnittslänge von 40 bis 50 cm (ROTH 2010 mdl.).

Das Schwimmvermögen kann in Bezug zur Ausdauer von Salmoniden nach DWA (2005) in drei Geschwindigkeitsstufen unterteilt werden:

- Die Sprintgeschwindigkeit stellt die maximale Relativgeschwindigkeit eines Fisches gegenüber dem Wasser dar. Diese Schwimmggeschwindigkeit kann nur für wenige Sekunden durchgehalten werden und benötigt eine lange Regenerations-

phase. Die Sprintgeschwindigkeit beträgt bei adulten Salmoniden ca. 10 bis 12 Körperlängen pro Sekunde.

- Die gesteigerte Geschwindigkeit beträgt bei adulten Salmoniden ca. 5 Körperlängen pro Sekunde und kann für bis zu 200 Minuten geleistet werden.
- Die Dauergeschwindigkeit liegt bei ca. 2 Körperlängen pro Sekunde und kann über einen langen Zeitraum bewältigt werden (> 200 Minuten).

Als Reproduktionshabitate kommen alle für die Seeforelle erreichbaren Fließgewässer, welche kiesiges Substrat aufweisen und von kühlem sauerstoffreichem Wasser durchströmt werden, in Betracht (RUHLÉ et al. 2005). Nach JUNGWIRTH et al. (2003) sollte die Substratstruktur eine Korngröße von 1-7 cm haben, wobei der Anteil an Feinsedimenten < 1 mm 6 -10 % betragen sollte. Nach CAVIEZEL (2006) liegt die bevorzugte Substratstruktur der Laichhabitate bei einer Korngröße zwischen ungefähr 2-10 cm.

Als Hauptlaichperiode wird für den Genfersee der Zeitraum zwischen Anfang Dezember und Anfang Januar genannt (BAGLINIÈRE & MAISSE 1991). Bei der Fortpflanzung der Seeforelle können aber auch Bachforellen beteiligt sein (RUHLÉ et al. 2005).

Die bevorzugte Strömungsgeschwindigkeit über den Laichhabitaten ist zwischen 25 bis 100 cm/s. Bei der Verlaichung der Seeforellen schlagen die Weibchen (Rogner) sogenannte Laichgruben in das Substrat der Gewässersohle und geben ihre Eier hinein. Im Anschluss werden die Eier durch ein oder mehrere Männchen (Milchner) befruchtet und von dem Rogner mit Substrat bedeckt (*siehe Abb. 5*). Die Laichgruben befinden sich meist bei Ausläufen von Pools (RUHLÉ et al. 2005). Nach BAGLINIÈRE & MAISSE (1991) liegen die Laichgruben in einer Wassertiefe von 10-50 cm, nach CAVIEZEL (2006) befinden sich die Laichgruben durchschnittlich in einer Wassertiefe von 32,2 cm, wobei auch Befunde zwischen 15-55 cm Wassertiefe festgestellt werden konnten.

Nach dem Schlüpfen, das zeitlich von der Wassertemperatur abhängig ist (ca. 420-450 Tagesgrade - Angabe über den Entwicklungszeitraum: Multiplikation von Wassertemperatur und Tagen), verbleiben die juvenilen Seeforellen bis zum Verbrauch des Dottersacks im Interstitial der Gewässersohle (RUHLÉ et al. 2005). In den ersten Monaten benötigen juvenile Forellen seichte, schwach strömende Habitate, die präferiert in ufernahen Berei-

chen vorzufinden sind. Juvenile Forellen bevorzugen Strömungsgeschwindigkeiten von 20-50 cm/s (HEGGENES 1988).

Die Seeforellen steigen als ein- bis zweijährige Fische aus dem Geburtsgewässer in den See ab (RUHLÉ et al. 2005). Abwandernde Fische lassen sich in der Regel mit der Hauptströmung verdriften. Die Abwandertiefe bei Salmoniden liegt bevorzugt im oberflächennahen Bereich des Gewässers (DWA 2006), jedoch können sie auch in tiefere Wasserschichten abwandern. Juvenile Seeforellen im Fließgewässer lassen sich anhand von äußerlichen Merkmalen nicht von den standorttreuen Bachforellen unterscheiden (Baglinière & Maisse 1991).

2.3 Schutzstatus und Gefährdungsursachen

Nach der Roten Liste der gefährdeten Arten der Schweiz für Fische und Rundmäuler ist die Seeforelle als stark gefährdete Art erfasst (Bafu 2007).

„In der Kategorie EN bzw. 2 werden einerseits Arten eingestuft, die einen starken Rückgang der Bestandsgrößen von 50 bis 80% zeigen und andererseits Arten mit geringerem Rückgang, der jedoch kombiniert ist mit einem fragmentierten Areal und einem kleinen Verbreitungsgebiet oder kleinem effektiv besiedeltem Gebiet.“ (BAFU 2007: 22).

Laut Fi (2008) ist der Rückgang der Seeforellenbestände durch das charakteristische Migrationsverhalten begründbar. Durch den Verbau der Fließgewässer können ehemalige Laichhabitats nicht mehr von den adulten Seeforellen erreicht werden. Monotone Uferverbauungen der Fließgewässer führen zu nicht in ausreichendem Umfang vorhandener Jungfisch-Lebensräume. Als weitere Gründe für den Rückgang der Seeforelle ist der gestörte Geschiebehaushalt vieler Reproduktionsgewässer, ungenügende Restwassermengen sowie der Schwall- und Sunkbetrieb von Wasserkraftwerken zu nennen (Fi 2008). Die Kolmation kann die Entwicklung von Eiern und Brütlingen kieslaichender Fische durch eine schlechte Sauerstoffversorgung einschränken (BUCHER 2001). Nach BAGLINIÈRE & MAISSE (1991) kann ein nicht angepasstes Fischereimanagement an die biologischen Begebenheiten der Seeforelle ebenfalls zu einer Schwächung der Population führen. Anhand von wissenschaftlichen Erkenntnissen sollten Mindestmaße zur Entnahme, Fangbeschränkungen und Fangzeiten abgeleitet werden, um eine nachhaltige Fischerei zu gewährleisten.

3. Der Brienersee

Der Brienersee ist einer der größten Alpenrandseen der Schweiz (*siehe Abb. 6*). Der See befindet sich 564 m.ü.M. in einer etwa 2,5 Kilometer breiten und 14 Kilometer langen Talmulde, die der eiszeitliche Aaregletscher geschaffen hat (ZEH 2006). Nach NATURAQUA (1993) hat der Brienersee eine maximale Tiefe von 259 Meter. Die Uferlinie des Sees verläuft weitgehend gradlinig ohne größere Ausbuchtungen, die einzige Ausnahme stellt die Bucht von Iseltwald dar (*siehe Abb. 7*). Größere Flachwasserzonen befinden sich nur am oberen- und unteren Ende des Sees, in Folge der Ablagerungen durch die Hasliaare und die Lütschine sowie in der Bucht von Iseltwald (NATURAQUA 1993). Das alpine Einzugsgebiet des Brienersees hat eine Fläche von über 1134 km². Das Einzugsgebiet besteht zu 56 % aus Fels und Gletscher. Durch den gebirgigen Charakter ist die Region schwach besiedelt, so dass nur 2 % des Einzugsgebiets Siedlungsflächen ausmachen. Die verbleibenden 42 % des Einzugsgebiets stellen zur Hälfte Wald und landwirtschaftlich genutzte Flächen, die vorwiegend aus Alpweiden bestehen, dar (ZEH 2006).

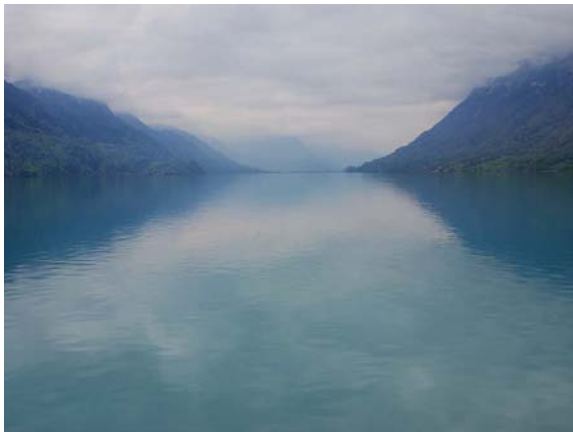


Abb. 6: Der Brienersee in Richtung Interlaken (2010)



Abb. 7: Die Bucht von Iseltwald (2010)

Etwa 85 % des gesamten Einzugsgebiets werden durch die Hasliaare und die Lütschine entwässert. Da diese beiden Hauptzuflüsse durch glaziale bis glazialnivale Abflussregime geprägt sind, werden die größten jährlichen Abflüsse in den Sommermonaten erreicht, ähnliches gilt auch für die Schwebstofffracht. Die Schwebstoffe, welche durch die Hasliaare und Lütschine in den Brienersee geschwemmt werden, bestehen fast ausschließlich aus anorganischem Material (Gesteinsabrieb). Durch den Betrieb der Kraftwerke Oberhasli (KWO) liegt eine saisonale Verlagerung des Abflusses der Hasliaare vor, d.h. ein Teil der Wasser und Schwebstofffracht wird vom Sommer- ins Winterhalbjahr

verlagert (LIMNEX 2006).

Nach LIMNEX (2006) konnte der Brienzersee durch den flächendeckenden Ausbau von Kläranlagen im Einzugsgebiet fast wieder in seinen sehr nährstoffarmen (oligotrophen bis ultra-oligotrophen) Zustand zurückversetzt werden.

Nach KIRCHHOFER (1990) leben im Brienzersee 21 Fischarten, wobei den Salmoniden (forellenartigen) eine dominierende Rolle zugewiesen werden kann.

Der Brienzersee ist ein typisches Felchen- (*Coregonus* sp.) und Seeforellen (*Salmo trutta lacustris*) -Gewässer. Neben diesen beiden Arten gilt das Interesse der Fischerei auch dem Seesaibling (*Salvelinus alpinus*), dem Hecht (*Esox lucius*), dem Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) sowie der Trüsche (*Lota lota*) (LANAT 2010b).

Auf dem Brienzersee werden die Fischbestände neben der Angelfischerei auch von Berufsfischern gewerblich genutzt. Der Brotfisch der Berufsfischer ist auf dem Brienzersee das Felchen (*Coregonus* sp.), von denen zwei Felchenformen im See leben, der kleinwüchsige Brienzling und das größere Felchen (ZEH 2006). Die Felchen gelten nach KIRCHHOFER (1990) als einzige Art von wirtschaftlicher Bedeutung und tragen zu 95 bis 99 % des Gesamtfangertrags der Berufsfischer bei. Die Seeforelle ist für die Berufsfischer auf dem Brienzersee eher als willkommener Beifang anzusehen (ROTH 2010 mdl.), die Felchen sind bezüglich der Häufigkeit, Biomasse und fischereilicher Bedeutung die wichtigste Fischart des Sees (KIRCHHOFER et al. 2006). Nach ROTH (2010 mdl.) stellen beide Felchenformen mit die Hauptnahrung der adulten Seeforellen im Brienzersee dar.

Im Durchschnitt liegen die Fangerträge der Berufsfischer in den letzten Jahren bei 2 bis 3 Kilogramm pro Hektar Wasserfläche im Jahr (KIRCHHOFER et al. 2006). Diese Erträge sind vergleichbar mit Fängen aus den 1950er Jahren des Brienzersees und ähneln denen anderer nährstoffarmer (oligotropher) Seen (ZEH 2006).

4. Bestehende und potentielle Laichgewässer im Einzugsgebiet des Brienersees

4.1 Die Hasliaare und ihre Zuflüsse

4.1.1 Die Hasliaare

Das Untersuchungsgebiet

Von ihrem Ursprung aus dem Ober- und Unteraargletscher bis zur Mündung in den Brienersee wird die Aare auch als Hasliaare bezeichnet. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf dem Gewässerabschnitt zwischen der Inneren (Indri) Urweid Schlucht unterhalb von Boden, 730 m.ü.M. und dem Brienersee, 567 m.ü.M., auf einer Länge von 15,5 km (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Die Hasliaare stellt den größten Zufluss im Einzugsgebiet des Brienersees dar. Nach NATURAQUA (1993) weist das Einzugsgebiet der Hasliaare 554 km² auf und ist zu 21 % vergletschert. Die mittlere Jahresabflussmenge beträgt 34.3 m³/s. Das Abflussregime der Hasliaare ist glazial.

Durch die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) unterliegen die Hasliaare und einige ihrer Zuflüsse im Grimsel- und Sustengebiet einer Nutzung zur Energiegewinnung. Die KWO betreibt im Amtsbezirk Oberhasli 9 Wasserkraftwerke mit 19 Wasserfassungen und 8 Stauseen. Vom Räterichsbodensee an bis nach Innertkirchen zählt die Hasliaare als Restwasserstrecke, d.h. der Abfluss des Fließgewässers wird zur Wasserkraftnutzung entnommen. Bei der Gadmerwassermündung befindet sich die Rückgabestelle vom Kraftwerk Innertkirchen 1, des turbinierten Wassers aus dem Grimselgebiet. Unterhalb der Gadmerwassermündung an der Hasliaare liegt die zweite Wasserrückgabestelle Innertkirchen 2, die das turbinierte Wasser aus dem Sustengebiet in die Hasliaare einleitet. Ab Innertkirchen bis zum Brienersee wird die Hasliaare vom Schwall- und Sunkbetrieb der KWO beeinflusst. Bei dem Abschnitt der Hasliaare, der sich im Untersuchungsgebiet befindet, kann somit zwischen einer Restwasser- sowie einer Schwall und Sunk beeinflussten Strecke differenziert werden. Die nächst oberhalb gelegene Wasserfassung der Rest-

wasserstrecke im Untersuchungsgebiet stellt das Ausgleichsbecken bei Handeck dar, 1302 m.ü.M. (HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA 2006a & 2006b).

Nach HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA (2006b) beträgt die Gesamtlänge der Restwasserstrecke 13,9 km bis zur Wasserrückgabe bei Innertkirchen, davon befinden sich 4 km im Untersuchungsgebiet. Bei dem Ausgleichsbecken bei Handeck findet keine Dotation mit Wasser statt, somit besteht die gesamte Abflussspende der Restwasserstrecke aus dem 10,32 km² großen Zwischeneinzugsgebiet.

Bis zum Anfang des Untersuchungsgebiets bildet sich rasch wieder ein ganzjähriger, durchgehender Abfluss durch verschiedene Zuflüsse im Zwischeneinzugsgebiet, so dass die Gewässersohle im Untersuchungsgebiet dieser Arbeit bei mittlerem Abfluss (MQ) fast vollständig benetzt ist. Der mittlere Abfluss beträgt in den Sommermonaten ungefähr 3000 l/s (gemessen am 27.09.2002 vor dem Zusammenfluss mit dem Urbachwasser) (HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA 2006b). Bis nach Innertkirchen bleibt der Abfluss der Hasliaare in der Restwasserstrecke im Sommer weit unter seinen natürlichen Werten. Hingegen nimmt dieser im Winter wieder mehr als die Hälfte seiner ursprünglichen Menge ein (LIMNEX 2008), d.h. in dem Zeitraum, in dem die natürliche Reproduktion stattfindet, herrschen annähernd natürliche Abflussverhältnisse.

Ab der Wasserrückgabe des turbinierten Wassers bei Innertkirchen bis in den Brienersee zählt die Hasliaare als vom Schwall und Sunk geprägter Gewässerabschnitt, d.h. dieser Abschnitt ist Schwankungen des Abflusses durch minimale Stromproduktion (Sunk) und Zeiten mit hoher Stromproduktion (Schwall) ausgesetzt (SCHWEIZER et al. 2008). Nach LIMNEX (2009) kann die Abflussmengendifferenz zwischen 11 m³/s bei Sunk- und 55 m³/s bei Schwallabfluss betragen. Es ist generell möglich, innerhalb von 6 Minuten den maximalen Schwallbetrieb zu erreichen. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei maximalem Abfluss liegt heute im Sommer bei 2,1 m/s, im Winter bei 2,0 m/s (HERZOG INGENIEURE 2006). Der mittlere Abfluss ist in den Wintermonaten ungefähr doppelt so groß wie natürlicherweise, da das Wasser im Sommer in den Speicherseen zurückgehalten wird um es dann teilweise im Winter zu turbinieren. Hierdurch kommt es zu einer saisonalen Verlagerung des Abflusses vom Sommer in den Winter (HAAS & PETER 2009).

Die Ökomorphologie

Die Urweid Schlucht am Anfang des Untersuchungsgebiets lässt sich in die Äußere (Üsseri) und die Innere Urweid unterteilen. Dieser Schluchtabschnitt der Hasliaare ist ge-

wässer-morphologisch durch ein hohes Gefälle geprägt, das bis zum Ausgang der Schlucht in Richtung der Ortschaft Boden verstärkt zunimmt. Am Ausgang der Schlucht befinden sich einige natürliche Fels- und Gesteins-Abstürze von bis zu 180 cm Absturzhöhe (eig. Beob.). Inwieweit die Seeforellen zur Laichzeit die Indri Urweid Schlucht passieren können, ist vom Abfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet abhängig (SCHLÄPPI 2010 mdl.). Nach LIMNEX (2008) weist die Hasliaare trotz des veränderten Abflussregimes strukturell einem naturnahen Zustand in der Restwasserstrecke auf. Nach GSA (2003) gilt die Restwasserstrecke der Hasliaare hinsichtlich der Ökomorphologie von der Inneren Urweid bis zum Anfang der Gemeinde Innertkirchen als natürlich bzw. naturnah. Der Gewässerabschnitt der Restwasserstrecke oberhalb von Innertkirchen ist geprägt durch eine hohe Habitat- und Strömungsdiversität. Dieser Gewässerabschnitt ist demnach in die höchste der 5 Beurteilungsklassen für den Natürlichkeitsgrad der Fließgewässer eingestuft. Im Talboden bei Innertkirchen ist der Böschungsfuß des Fließgewässers durch Blockwurf befestigt (*siehe Kapitel 5.1.1*). Hierdurch wurde dieser Abschnitt in Bezug auf die Ökomorphologie nach GSA (2003) als wenig beeinträchtigt bewertet (*siehe Abb. 8*). Bei dem vom Schwall- und Sunkbetrieb geprägten Gewässerabschnitt kann gewässermorphologisch zwischen verschiedenen Teilstrecken der Hasliaare differenziert werden. Von der Wasserrückgabe der KWO bis zum östlichen Ende der Aareschlucht sind beide Uferseiten durch Buhnen geprägt (*siehe Abb. 9*).



Abb. 8: Die Restwasserstrecke bei Innertkirchen (2010)



Abb. 9: Der Buhnen geprägte Abschnitt der Hasliaare (2010)

Dieser Gewässerabschnitt hat eine Länge von 0,8 km und eine mittlere benetzte Breite von 22,9 Meter. Durch die Buhnen sind hohe Fließgeschwindigkeiten in der Mitte des Gewässers und strömungsberuhigte Bereiche zwischen und Auskolkungen unmittelbar hinter den

Buhnen vorzufinden (HAAS & PETER 2009). Nach GSA (2003) wurde dieser Abschnitt im Hinblick auf die Ökomorphologie als stark beeinträchtigt beurteilt.

Zwischen Innertkirchen und Meiringen hat sich die Hasliaare bis zu 200 Meter tief durch einen Felsriegel aus Kalkgestein gegraben (*siehe Abb. 10*). Diese 1,45 km lange Schlucht wird als Aareschlucht bezeichnet (SWISSTOPO 2005). Auf diesem Gewässerabschnitt weist die Hasliaare naturnahen Charakter auf. Die Hasliaare hat in der Schlucht sehr unterschiedliche Querprofile, teilweise verengt sie sich hier auf ein bis zwei Meter. Die Strömungs- und Habitatdiversität ist in diesem Schluchtabschnitt hoch. Nach GSA (2003) wird die Schluchtpassage hinsichtlich der Ökomorphologie als natürlich bzw. naturnah eingestuft.



Abb. 10: Die Aareschlucht (2010)



Abb. 11: Die Kiesbankstrecke bei Meiringen (2010)

Vom Ausgang der Aareschlucht bis zur Willigerbrücke in Meiringen bildet die Hasliaare auf Grund des vorhandenen Platzes einige alternierende Kiesbänke aus (Kiesbänke die in der Breite begrenzt sind, aber dennoch einer Dynamik unterliegen). In diesem Abschnitt besteht eine Abfolge von Pools und Rieselstrecken (Pool-Riffle Systeme) mit einem abwechslungsreichen Strömungsmuster und Flachwasserzonen (*siehe Abb. 11*). Der Böschungsfuß ist durch Blockwurf gesichert. Nach HAAS & PETER (2009) beträgt die Streckenlänge 1,3 km und die mittlere benetzte Breite 30,4 Meter.

Von der Willigerbrücke in Meiringen bis zur Mündung in den Brienersee fließt die Hasliaare fast gradlinig in einem engen trapezförmigen Profil (*siehe Abb. 12 & Abb. 13*). Die Ufer sind beidseitig durch steil angelegte Bruchsteinmauern befestigt, die im Blocksatzverfahren verlegt sind (*siehe Kapitel 5.1.1*). Flachwasserzonen sind in diesem Gewässerabschnitt nicht vorhanden, das Strömungsmuster ist sehr einseitig. Dieser Gewässerabschnitt hat auf einer Gesamtlänge von 11,8 km (HAAS & PETER 2009) eine mittlere benetzte Breite von 22 Meter. In dem gesamten Gewässerabschnitt verläuft in unmittelbarer Nähe parallel des Fließgewässers auf der orographisch linken Seite die Kantonsstraße 11, die ab

Brienzwiler zur Autobahn 8 wird. Des Weiteren befindet sich auf der orographisch rechten Uferseite ab dem Ende des Siedlungsgebiets von Meiringen eine Bahntrasse, die bis ungefähr 0,77 km vor der Mündung der Hasliaare in den Brienersee ebenfalls parallel verläuft (SWISSTOPO 2005).



Abb. 12: Die kanalisierte Hasliaare (2010)



Abb. 13: Die Mündung der Hasliaare in den Brienersee (2010)

Von dem östlichen Ausgang der Aareschlucht bis zur Mündung in den Brienersee wird die Hasliaare nach dem ökomorphologischen Natürlichkeitsgrad als stark beeinträchtigt beurteilt (GSA 2003). Ab der Willingerbrücke in Meiringen bis in den Brienersee weist die Hasliaare keine strömungsberuhigten Zonen auf. Lediglich die Mündungsbereiche des Reichen-, Falcheren- und Hausenbachs können als ersichtliche Ruhezone für Seeforellen dienen.

Die Seeforelle

Nach HEUSCHER (1901) gilt die Hasliaare im 19. Jahrhundert neben der Lüttschine mit als wichtigstes Reproduktions-Gewässer für die Seeforellen-Population des Brienersees.



Abb. 14: Hohe Habitatdiversität zeichnet die Restwasserstrecke aus (2010)



Abb.15: Forellen-Brütling (*Salmo trutta* L.) in einem Nebengerinne der Hasliaare (2010)

Laut ZYBACH (2010 mdl.) zählt die Restwasserstrecke der Hasliaare im Untersuchungsgebiet mit zu den wichtigsten Reproduktionshabitaten der Seeforellen-Population des Brienersees (siehe Abb. 14 & Abb. 15).

Der gesamte Gewässerabschnitt der Restwasserstrecke wird von den Seeforellen als Laichhabitat benutzt (ROTH 2010 mdl.). Die Hasliaare weist nach FI (2008) einen mittleren Seeforellen-Bestand auf.

In der Restwasserstrecke findet durch den Fischereiverein Oberhasli im Auftrag des Fischereiinspektorats der Seeforellen-Laichfischfang statt, um autochthones Besatzmaterial für die Zuflüsse des Brienersees zur Verfügung stellen zu können. Die Seeforellen der Hasliaare werden durch das Fischereiinspektorat in Form von Besatzmaßnahmen mit Brütlingen, Vor- und Sömmerlingen sowie Jährlingen unterstützt (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Die Hasliaare unterliegt auf ihrer gesamten Länge einer fischereilichen Nutzung, die Bewirtschaftung wird durch das Fischereiinspektorat des Kantons Bern durchgeführt (LANAT 2010p).

4.1.2 Das Urbachwasser

Das Untersuchungsgebiet

Das Urbachwasser befindet sich ab den natürlichen Abstürzen zwischen dem Urbachtal und dem Talboden bei Innertkirchen bis in die Mündung der Hasliaare im Untersuchungsgebiet. Dieser Gewässerabschnitt hat nach SWISSTOPO (2005) eine Länge von ungefähr 0,7 km und verläuft auf 630 bis 645 m.ü.M.

Das Abflussregime

Das Urbachwasser stellt mit dem Gadmerwasser und dem Reichenbach einen der größten Zuflüsse der Hasliaare dar. Dieses Fließgewässer mündet orographisch links bei Innertkirchen in die Restwasserstrecke der Hasliaare. Vom Urbachwasser wird das Gaulgebiet entwässert. Das Abflussregime des Urbachwassers ist glazial (SCHWEIZER 2010 mdl.). Das Urbachwasser stellt im Untersuchungsgebiet eine Restwasserstrecke dar. Durch die KWO wird das Fließgewässer auf 1876 m.ü.M. in einem Stausee, dem sogenannten Mattentalpsee gefasst, talwärts durch Triebwasserstollen geleitet und zur Energiegewinnung turbinert. Die Rückgabe des Abflusses des Urbachwassers erfolgt bei der

Gadmerwasser-Hasliaare-Mündung. Unterhalb des Mattenalpsees erfolgt keine Dotation mit Wasser, d.h. der Abfluss des Urbachwassers stammt vollständig aus dem Zwischeneinzugsgebiet und beträgt in den Sommermonaten ungefähr 3500 l/s (gemessen am 27.09.2002 vor der Hasliaaremündung). Die Wasserfassung des Mattenalpsees befindet sich etwa 10,3 km oberhalb des Beginns des Untersuchungsgebiets dieser Arbeit (HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA 2006b).

Die Ökomorphologie

Unterhalb der sogenannten Urbachschlucht (die nicht fischdurchgängig ist) durchfließt das Urbachwasser im Talboden von Innertkirchen eine etwa 0,2 km lange Schluchtpassage mit naturnahem Charakter (*siehe Abb. 16*). Nach GSA (2003) kann dieser Gewässerabschnitt ökomorphologisch als natürlich bzw. naturnah beurteilt werden. Im Anschluss an den Schluchtabschnitt verläuft das Fließgewässer bis zur Mündung in die Hasliaare durch intensiv landwirtschaftlich bewirtschaftete Flächen (*siehe Abb. 17*).

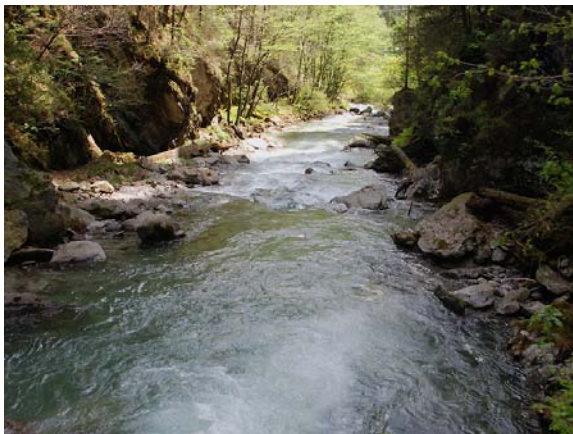


Abb. 16: Das Urbachwasser am Anfang des Untersuchungsgebiets (2010)



Abb. 17: Das Urbachwasser im Talboden bei Innertkirchen (2010)

Dieser Gewässerabschnitt weist eine Länge von ungefähr 0,5 km auf (SWISSTOPO 2005). Die Uferböschungen wurden in diesem Abschnitt beidseitig durch Blockwurf befestigt, die Gewässersohle ist jedoch unverbaut. Bedingt durch großzügig dimensionierte Querprofile weist das Fließgewässer eine hohe Habitatvielfalt und Strömungsdiversität auf. Nach GSA (2003) wird dieser Gewässerabschnitt durch den Verbau der Böschung ökomorphologisch als stark beeinträchtigt bewertet.

Die Seeforelle

Laut Fi (2008) zählt das Urbachwasser als ein Fließgewässer mit einem kleinen Bestand an Seeforellen. Im Untersuchungsgebiet des Urbachwassers findet, wie auch in der Restwasserstrecke der Hasliaare, durch den Fischereiverein Oberhasli im Auftrag des Fischereiinspektorats der Seeforellen-Laichfischfang statt. Der Seeforellen-Bestand des Urbachwassers wird durch das Fischereiinspektorat in Form von Besatzmaßnahmen mit autochthonen Brütlingen, Vor- und Sömmerlingen sowie Jährlingen unterstützt. Mitte November 2009 konnten im Urbachwasser Seeforellen bei der Reproduktion beobachtet werden (*siehe Abb. 5*) (eig. Beob.). Das Urbachwasser unterliegt einer fischereilichen Nutzung, die Bewirtschaftung wird durch das Fischereiinspektorat des Kantons Bern durchgeführt (LANAT 2010p).

4.1.3 Das Gadmerwasser

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Gadmerwassers beginnt ab der Cheistenlamm, Abstürze natürlichen Ursprungs, die als Wanderhindernisse für die Seeforelle fungieren (*siehe Abb. 18 & Abb. 19*).



Abb. 18: Ausblick von den Abstürzen in Richtung Untersuchungsgebiet (2010)



Abb. 19: Die Abstürze, welche das Untersuchungsgebiet limitieren (2010)

Das Untersuchungsgebiet verläuft auf einer Länge von ungefähr 0,5 km und einer Höhe von 627 bis 624 m.ü.M. (unterhalb der Ortschaft Wyler, in Innertkirchen) bis zur Mündung in die Hasliaare (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Das Gadmerwasser mündet orographisch rechts bei Innertkirchen in die Hasliaare. Es entspringt als sogenanntes Steinwasser aus dem Steingletscher am Sustenpass. Das Einzugsgebiet des Gadmerwassers hat eine Größe von 120,01 km² und ist zu 28 % vergletschert. Das Abflussregime des Gadmerwassers ist glazial (HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA 2006a). Durch die KWO wird das Gadmerwasser und bestimmte Zuflüsse gefasst und der Abfluss zur Stromerzeugung abgeleitet. Das Gadmerwasser fungiert im Untersuchungsgebiet als Restwasserstrecke. Die nächst oberhalb des Untersuchungsgebiets gelegene Wasserfassung stellt das Ausgleichsbecken bei Hopflauen, 862 m.ü.M. dar. Die Entfernung von dieser Wasserfassung bis zum Beginn des Untersuchungsgebiets beträgt 4,25 km. Die derzeitige Dotierwassermenge beträgt ab Hopflauen 25 l/s zur Winterzeit und 50 l/s zur Sommerzeit. Der Abfluss stammt zum Großteil aus dem Zwischeneinzugsgebiet und beträgt in den Sommermonaten ungefähr 300 l/s (gemessen am 30.09.2002) (HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA 2006a). Am Ende des Gadmerwassers befindet sich die Wasserrückgabestelle, Innertkirchen 1, des turbinieren Wassers aus dem Grimsel- und Sustengebiet.

Die Ökomorphologie

Nach GSA (2003) befindet sich dieses Gewässer im Untersuchungsgebiet ökomorphologisch in einem natürlichen bzw. naturnahen Zustand (*siehe Abb. 20*). Ab kurz vor dem Wasserrückgabebauwerk zählt es ökomorphologisch als stark beeinträchtigt und beim Bauwerk selbst als naturfremd bzw. künstlich.

Die Seeforelle

Nach FI (2008) gilt das Gadmerwasser als ein Fließgewässer mit einem großen Bestand an Seeforellen. Das Gadmerwasser wird durch den Fischereiverein Oberhasli bewirtschaftet und fischereilich genutzt (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Trotz einer erheblichen Kolmation und einem beträchtlichen Anteil an Feinmaterial (Sandfraktionen) hat das Gadmerwasser ein hohes Reproduktionspotential (HAAS & PETER 2009).

Nach SCHWEIZER (2010 mdl.) & ZYBACH (2010 mdl.) würde die Wasserrückgabe den Seeforellenaufstieg in das Gadmerwasser stark beeinträchtigen, da für die Fische keine wahrnehmbare Lockströmung seitens des Gadmerwassers besteht (*siehe Abb. 21*).



Abb. 20: Das Gadmerwasser im Untersuchungsgebiet (2010)



Abb. 21: Die Wasserrückgabestelle des turbinierten Wassers (2010)

4.1.4 Der Wychelbach

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Wychelbachs verläuft im westlichen Teil des Talbodens bei Innertkirchen auf einer Länge von 1,1 km ungefähr 620 m.ü.M. und mündet orographisch links kurz vor dem Beginn der Aareschlucht in die Hasliaare (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Der Wychelbach entspringt aus Hangwasser, welches im Talboden austritt (SCHWEIZER 2010 mdl.) Das Abflussregime dieses Fließgewässers ist nicht beeinflusst..

Die Ökomorphologie

Von der Quelle an bis annähernd zur Ortschaft Wychel ist der Bach auf 0,4 km verrohrt (SCHWEIZER 2010 mdl.). Ab Wychel bis 0,2 km vor der Mündung in die Hasliaare verläuft der Bach auf ungefähr 0,5 km durch landwirtschaftlich genutzte Flächen (*siehe Abb. 22*), der Hangfuß der Gewässersohle ist durch Blockwurf gesichert. Unter der Kantonsstraße ist das Gewässer wieder verrohrt. Auf den letzten 0,2 km durchfließt der Bach Aue ähnliche Strukturen, bis dieser in die Hasliaare mündet (*siehe Abb. 23*).

Ungefähr 0,1 km vor der Mündung wird das aufbereitete Wasser der ARA Innertkirchen (Kläranlage) in den Wychelbach geleitet.



Abb. 22: Der Wychelbach oberhalb der Kantonsstrasse (2010)



Abb. 23: Der Wychelbach kurz vor der Mündung in die Hasliaare (2010)

Nach GSA (2003) zählt der Gewässerabschnitt ab der Verrohrung bis in Höhe der Kantonsstrasse ökomorphologisch als naturfremd, bzw künstlich. Ab der Strasse bis zur Mündung wird der Wychelbach ökomorphologisch als natürlich bzw. naturnah eingestuft.

Die Seeforelle

Der Wychelbach ist nur bedingt als Reproduktionsgewässer geeignet, da die Zusammensetzung der Gewässersohle aus sehr viel Feinmaterial besteht (HAAS & PETER 2009), nach SIGMAPLAN (2010) hat die in den oberen Teilabschnitten vorhandene kiesige Sohle ausreichend Potential für Laichplätze von Bach- und Seeforelle. Für Jungfische ist der Wychelbach nach HAAS & PETER (2009) jedoch geeignet. Nach FI (2008) gilt der Wychelbach als ein Fließgewässer mit einem großen Bestand an Seeforellen.

Der Wychelbach wird durch den Fischereiverein Oberhasli bewirtschaftet, unterliegt jedoch keinem Fischereidruck seitens der Angelfischerei. Dieser Bach wird vom Fischereiverein als Aufzuchtgewässer genutzt, d.h. junge Seeforellen werden als Brütlinge in den Wychelbach besetzt und im folgenden Jahr elektronisch abgefischt, um als Besatzmaterial für das Fischereiinspektorat zu fungieren (ZUMBRUNN 2010 mdl. & ZYBACH 2010 mdl.).

4.1.5 Der Alpbach

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet beginnt ab den natürlichen Abstürzen 615 m.ü.M. (siehe Abb. 24) und verläuft im Talboden bei Meiringen auf einer Länge von ungefähr 0,72 km bis zur Mündung in die Hasliaare auf 602 m.ü.M. (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Der Alpbach mündet orographisch rechts im Siedlungsgebiet bei Meiringen in die Hasliaare. Der Alpbach entwässert mit seinen Zuflüssen einen Teil des Haslibergs (SWISSTOPO 2005). Durch die Alpen Energie Meiringen unterliegt der Alpbach einer Nutzung zur Energiegewinnung (ALPEN ENERGIE 2010). Ein Teil der Abflusspende des Gewässers wird oberhalb des Untersuchungsgebiets bei Bidmi und im Hasselholz unterhalb von Reuti gefasst und abgeleitet (SWISSTOPO 2005). Die Wasserrückgabestelle befindet sich im Untersuchungsgebiet, ungefähr 0,1 km unterhalb der natürlichen Abstürze, so dass die obersten 0,1 km im Untersuchungsgebiet als Restwasserstrecke zu bezeichnen sind.



Abb. 24: Der obere Abschnitt des Alpbachs (2010)



Abb. 25: Der Alpbach im Ortskern von Meiringen (2010)

Die Ökomorphologie

Aufgrund des Hochwasserereignisses im August 2005 wird der Alpbach aus Hochwasserschutzgründen im Talboden bei Meiringen momentan umgebaut. Derzeit ist der Alpbach im Ortskern von Meiringen stark verbaut und kanalisiert (*siehe Abb. 25*).

Die Seeforelle

Aufgrund der starken Verbauung kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Alpbach zur Zeit als Reproduktionsgewässer fungiert. Der Alpbach wird durch den Fischereiverein Oberhasli bewirtschaftet und fischereilich genutzt (ZUMBRUNN 2010 mdl.).

4.1.6 Der Reichenbach

Das Untersuchungsgebiet

Der unterste Reichenbachfall stellt den Beginn des Untersuchungsgebiets im Talboden bei Meiringen dar und verläuft gradlinig 0,48 km auf ungefähr 600 m.ü.M. bis zur Mündung in die Hasliaare (*siehe Abb. 26*) (SWISSTOPO 2005).



Abb. 26: Der Reichenbach im Untersuchungsgebiet (2010)



Abb. 27: Die Gewässersohle ohne Benetzung von Wasser (2010)

Das Abflussregime

Der Reichenbach mündet orographisch links im Talboden bei Meiringen in die Hasliaare. Der Reichenbach entwässert das Rosenlautal und entspringt aus dem Rosenlauigletscher 2000 m.ü.M. (SWISSTOPO 2005). Das Abflussregime des Reichenbachs ist glazial (ZUMBRUNN 2010 mdl.) und ist durch die EWR Energie AG beeinflusst (EWR ENERGIE AG 2010). Die Abflussspende des Reichenbachs wird oberhalb der Reichenbachfälle bei Zwirgi zu Anteilen gefasst und 0,12 km vor der Mündung in die Hasliaare zurückgeleitet (SWISSTOPO 2005). Durch den Ausbau und die Erneuerung der betrieblichen Anlagen wird die Wasserrückgabestelle voraussichtlich ab dem Jahr 2011 auf 0,37 km vor die Mündung zurück verlegt (ZUMBRUNN 2010 mdl.).

Die Ökomorphologie

Die obersten 20 Meter nach dem Absturz ist der Böschungsfuß des Reichenbachs durch Blockwurf befestigt, die Gewässersohle ist jedoch unverbaut und weist natürliches Substrat auf. Nach GSA (2003) kann dieser Abschnitt ökomorphologisch als wenig beeinträchtigt bezeichnet werden. Auf den restlichen 0,46 km des Gewässerabschnitts im Untersuchungsgebiet ist der Reichenbach hart verbaut und kanalisiert, die Gewässersohle weist

keine Substratschicht auf (*siehe Abb. 26*). Nach GSA (2003) kann dieser Abschnitt ökomorphologisch als naturfremd bzw. künstlich bewertet werden.

Die Seeforelle

Dadurch, dass die Gewässersohle Ende April 2010 zeitweise ohne eine Benetzung mit Wasser vorzufinden war (*siehe Abb. 27*) (eig Beob.), kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Reichenbach derzeit als Seeforellengewässer fungiert. Nach Fi (2008) sind Einzelfunde von Seeforellen im Untersuchungsgebiet nachgewiesen.

4.1.7 Der Falcherenbach

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet beginnt ab den natürlichen Absturz im Talboden und verläuft auf 0,45 km ungefähr 600 m.ü.M. bis zur Mündung in die Hasliaare (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Der Falcherenbach mündet orographisch links bei Meiringen in die Hasliaare. Dieser Bach entwässert einen Teil der linken Talflanke des Haslitals bei Meiringen und weist ein nivales Abflussregime auf (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Das Abflussregime des Falcherenbachs ist nicht durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst (ROTH 2010 mdl.).

Die Ökomorphologie

Ungefähr 55 Meter vor der Mündung in die Hasliaare ist der Falcherenbach unter der Ortsumgehungsstrasse von Meiringen auf der Breite der Strasse verrohrt. Der Durchmesser der Verrohrung beträgt 1,5 Meter (FLOTRON 2010). Durch das Fischereiinspektorat wurde im Jahre 1993 die Laufverkürzung zwischen der Straße und der Mündung in die Hasliaare beseitigt und so verändert, dass die Seeforelle in das Gewässer aufsteigen kann (ROTH 2010 mdl.).

Im Zuge des Kraftwerkbaus am Reichenbach wurde der Falcherenbach bis ins Frühjahr 2010 auf einem Gewässerabschnitt von 0,2 km durch die EWR Energie AG im Rahmen der Schutz- und Nutzungsplanung naturnah umgestaltet (*siehe Abb. 28 & Abb. 29*). Unter anderem wurden in besonderem Maße die Ansprüche der Seeforelle berücksichtigt. Unter Aspekten des Hochwasserschutzes wurde der Gewässerabschnitt bis 0,2 km oberhalb der

Straße so revitalisiert, dass die Längsvernetzung gewährleistet und die Habitat- und Strömungsdiversität wieder hergestellt ist (FLOTTRON AG 2010).



Abb. 28: Der revitalisierte Abschnitt des Falcherebachs (2010)



Abb. 29: Der Falcherebach oberhalb der Ortsumgehungsstraße (2010)

Die Seeforelle

Während der Bauarbeiten konnten im November 2009 adulte Seeforellen im Falcherebach beobachtet werden (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Nach FI (2008) zählt dieser als ein Fließgewässer mit einem großen Bestand an Seeforellen. Der Falcherebach unterliegt keiner fischereilichen Nutzung, die Bewirtschaftung wird durch das Fischereinspektorat des Kantons Bern durchgeführt (ROTH 2010 mdl.).

4.1.8 Der Hausenbach

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit beginnt ab den natürlichen Abstürzen und verläuft bis zur Mündung in die Hasliaare auf einer Länge von 2,9 km. Der Hausenbach verläuft ab den natürlichen Abstürzen 595 m.ü.M. bei der Ortschaft Hausen orographisch rechts parallel der Hasliaare, bis dieser bei Sytenwald 581 m.ü.M in die Hasliaare mündet (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Das Einzugsgebiet des Hausenbachs befindet sich am Hasliberg. Das Abflussregime dieses Gewässers ist unbeeinflusst (ZUMBRUNN 2010 mdl.).

Die Ökomorphologie

Der Hausenbach fließt größtenteils durch landwirtschaftlich genutzte Flächen. Durch zwei Geschiebesammler ist der oberste Abschnitt des Untersuchungsgebiets auf 0,6 km für die Seeforellen nicht zugänglich (SWISSTOPO 2005), da zwei Querbauwerke mit einer Absturzhöhe von ungefähr 2 Metern vorhanden sind (*siehe Abb. 30*) (eig. Beob.). Bei Funtenen mündet die sogenannte Funtenen-Quelle in den Hausenbach.



Abb. 30: Auslauf aus dem zweiten Geschiebesammler (2010)



Abb. 31: Der Hausenbach zwischen den Geschiebesammlern (2010)

Der Böschungsfuß des Hausenbachs ist mit Ausnahme eines Abschnitts von 0,2 km zwischen den Geschiebesammlern (*siehe Abb. 31*) durch Blockwurf verbaut. In dem Gewässerabschnitt von der Mündung in die Hasliaare bis 0,3 km oberhalb wurden durch das Fischereinspektorat Ausweitungen des Querprofils vorgenommen (ROTH 2010 mdl.)

Durch das Rückhalten des Geschiebes in den Geschiebesammlern hat sich das Bachbett stark eingetieft (*siehe Abb. 32*).



Abb. 32: Der Zusammenfluss des Hausenbachs mit der Funtenen-Quelle (2010)



Abb. 33: Der Hausenbach oberhalb der Mündung in die Hasliaare (2010)

Nach HAAS & PETER (2009) liegt eine mittlere bis starke Kolmation vor. Der Hausenbach ist nach GSA (2003) in dem Gewässerabschnitt zwischen den Geschiebesammlern ökomorphologisch als wenig beeinträchtigt eingestuft. Der folgende Abschnitt bis ungefähr 0,3 km vor der Mündung in die Hasliaare zählt als naturfremd bzw. als künstlich. Die restlichen 0,3 km sind ökomorphologisch als stark beeinträchtigt bewertet (*siehe Abb. 33*).

Die Seeforelle

Der Hausenbach zählt als ein Fließgewässer mit einem mittleren Bestand an Seeforellen (FI 2008). Der Hausenbach wird durch den Fischereiverein Oberhasli bewirtschaftet, unterliegt jedoch keinem Fischereidruck seitens der Angelfischerei. Dieser Bach wird vom Fischereiverein als Aufzuchtgewässer genutzt, d.h. junge Bach- und Seeforellen werden als Brütlinge in den Hausenbach besetzt und in den folgenden Jahren elektronisch abgefischt, um als Besatzmaterial zu fungieren (ZUMBRUNN 2010 mdl. & ZYBACH 2010 mdl.).

4.2 Der Aarekanal

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Aarekanals beginnt ab dem Ende der Verrohrung am Militärflugplatz und verläuft bis zum Brienersee auf einer Länge von 4,25 km (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Der Aarekanal verläuft orographisch links parallel der Hasliaare auf einer ungefähren Länge von 9,3 km und mündet in den Brienersee. Der Aarekanal entspringt aus Quellwasser, welches im Talboden unterhalb von Balm austritt 585 m.ü.M. (SWISSTOPO 2005). Der Aarekanal entwässert die linke Talflanke des Haslitals von der Ortschaft Balm bis zum Brienersee. Die Hauptzuflüsse sind der Wandelbach, der unterhalb der Ortschaft Unterheid in den Aarekanal mündet und der Oltschibach, der bei Unterbach in den Kanal fließt. Der Wandel- und Oltschibach weisen ein nivales Abflussregime auf. Das Abflussregime dieses Gewässers ist unbeeinflusst (ZUMBRUNN 2010 mdl.).

Die Ökomorphologie

Auf dem Militärflugplatz bei Unterbach ist der Aarekanal auf einer Länge von 0,6 km verrohrt (*siehe Abb. 34*) (SWISSTOPO 2005). Nach ROTH (2010 mdl.) liegen Beobachtungen vor, dass aufsteigende Seeforellen den verrohrten Abschnitt des Aarekanals passiert haben.



Abb. 34: Der Aarekanal vor der Verrohrung unter dem Militärflugplatz (2010)



Abb. 35: Der untere Geschiebesammler des Oltschibachs (2010)

Der Aarekanal fließt größtenteils durch landwirtschaftlich genutzte Flächen, der Böschungsfuß ist durch Blockwurf gesichert. Durch das Rückhalten des Geschiebes, an insgesamt vier Geschiebesammlern am Wandel- und Oltschibach, hat sich das Bachbett des Aarekanals stark eingetieft (*siehe Abb. 35*).



Abb. 36: Die Aufweitungen des Aarekanals (2010)



Abb. 37: Der Aarekanal bei der Mündung in den Brienersee (2010)

Im Jahre 1993 wurde im Auftrag des Fischereiinspektorats im Bereich des alten Aareverlaufs auf einer Strecke von 0,2 km Aufweitungen des Querprofils vorgenommen (*siehe Abb. 36*) (ROTH 2010 mdl.). Nach GSA (2003) ist der Gewässerabschnitt im Untersuchungsgebiet ökomorphologisch als stark beeinträchtigt eingestuft, der Mündungsbereich in den Brienersee sogar als naturfremd bzw. künstlich (*siehe Abb. 37*).

Die Seeforelle

Der Aarekanal wird durch den Fischereiverein Oberhasli bewirtschaftet und fischereilich genutzt (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Im Zuge des jährlichen Bachforellen-Laichfischfangs von Oktober bis Dezember im Untersuchungsabschnitt des Aarekanals werden regelmäßig adulte Seeforellen gefangen (ZYBACH 2010 mdl.). Nach Fi (2008) zählt der Aarekanal als ein Gewässer mit einem kleinen Bestand an Seeforellen.

4.3 Die Lütschinen und ihre Zuflüsse

4.3.1 Die Weisse Lütschine

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Weisse Lütschine ab den Abstürzen oberhalb von Stechelberg, 976 m.ü.M. bis zur Vereinigten Lütschine auf einer Länge von ungefähr 10,5 km (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Die Weisse Lütschine beginnt in dem Gebiet um Trachsellauenen auf 1200 m.ü.M. (LANAT 2010l) und entspringt aus einer Reihe kleinerer Zuflüsse, die vom Gletscher gespeist werden (SWISSTOPO 2005), weshalb die Weisse Lütschine ein glaziales Abflussregime aufweist. Auf einer Länge von 13,1 km fließt die Weisse Lütschine durch den Talboden von Lauterbrunnen, bis in diese auf einer Höhe von 650 m.ü.M. bei Zweilütschinen die Schwarze Lütschine mündet. Ab der Mündung wird das Fließgewässer als Vereinigte Lütschine bezeichnet (LANAT 2010l). Die Lütschine zählt als einer der wenigen Flüsse der Schweiz, die vom Ursprung aus dem Gletscher bis zur Mündung derzeit durch kein verändertes Abflussregime beeinträchtigt sind (ROTH 2010 mdl.), die Weisse- sowie auch die Vereinigte Lütschine unterliegen keiner Nutzung durch die Wasserkraft.

Die Ökomorphologie

Die Weisse Lütschine fließt im Talboden bei Lauterbrunnen größtenteils durch landwirtschaftlich genutzte Flächen. In den Talebenen ist das Gewässer zum Teil stark kanalisiert und hart verbaut (LANAT 2010l), in der Regel durch Blockwurf. Die Gewässersohle ist je-

doch unverbaut (eig. Beob.). In den Steilstrecken fließt die Weisse Lüttschine weitestgehend natürlich. Die Geschiebedynamik dieses Fließgewässers ist nicht beeinträchtigt (*siehe Abb. 38*) (LANAT 2010). Nach GSA (2003) ist die Weisse Lüttschine ökomorphologisch größtenteils als stark beeinträchtigt bewertet, im Bereich der Ortschaften als naturfremd bzw. künstlich und in den Steilstrecken als weniger beeinträchtigt.



Abb. 38: Hohe Geschiebedynamik in der Weissen Lüttschine (2010)



Abb. 39: Der Fischpass bei Sandweidli an der Weissen Lüttschine (2010)

Die Seeforelle

Nach ROTH (2010 mdl.) befinden sich in der Talebene von Lauterbrunnen mit die wichtigsten Laichhabitats der Weissen Lüttschine. Durch den Bau des Fischpasses in der Sandweidli konnten Ende der 90iger Jahre die flussaufwärts gelegenen 8 km Laichhabitats wieder mit den unterhalb befindlichen vernetzt werden (*siehe Abb. 39*) Der Schlitzpass (Vertical Slot) hat eine Länge von 120 Meter und überwindet hierbei das 7 Meter hohe Querbauwerk, welches im Jahre 1933 zur Sicherung der Bahntrasse errichtet wurde. Die Beckenkonstruktion des Fischpasses ist unter anderem für die Seeforellen ausgelegt (Beckenmaße: 190× 120× 125 cm, Schlitzbreite: ca. 18 cm, Betriebswassermenge: ca. 250 l/s). Nach ROTH (2010 mdl.) konnten bei einer Beprobung des Fischpasses während einer Woche 53 aufsteigende Seeforellen zwischen 35 und 103 cm nachgewiesen werden, wobei die Durchschnittsgröße bei 40 bis 50 cm lag.

Nach Fi (2008) weist die Weisse Lüttschine einen großen Bestand an Seeforellen auf. Die Weisse Lüttschine unterliegt einer fischereilichen Nutzung, die Bewirtschaftung wird von dem Fischereinspektorat des Kantons Bern durchgeführt (LANAT 2010p). Die Seeforellen werden durch das Fischereinspektorat in Form von Besatzmaßnahmen mit Brütlingen, Vor- und Sömmerlingen sowie Jährlingen unterstützt (ROTH 2010 mdl.).

4.3.2 Die Schwarze Lütschine

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet der Schwarzen Lütschine verläuft von der Gletschschlucht oberhalb von Grindelwald auf einer Länge von 12,3 km bis zur Vereinigten Lütschine (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Die Schwarze Lütschine beginnt bei Grindelwald auf einer Höhe von 1010 m.ü.M. (LANAT 2010) und wird von einem Fließgewässer gespeist, das ebenfalls als Weisse Lütschine bezeichnet wird. Das Abflussregime ist glazial (SWISSTOPO 2005). Die Schwarze Lütschine verläuft auf einer Strecke von 12,3 km durch das Lütschental bis zum Zusammenfluss mit der Weissen Lütschine (LANAT 2010). Ein Teil des Abflusses wird für das Laufwasserkraftwerk der Jungfraubahn AG bei Burglauenen abgeleitet und etwa 2000 Meter flussabwärts bei der Wasserrückgabestelle wieder eingeleitet. Auf einer Strecke von ungefähr 2 km wird die Schwarze Lütschine zur Restwasserstrecke (*siehe Abb. 42*) (ROTH 2010 mdl.).

Die Ökomorphologie

Die Schwarze Lütschine kann seit 1908 von den aufsteigenden Seeforellen nur bis Burglauenen passiert werden (JUNGFRAUBAHNEN 2010). Ein 5 Meter hohes Stauwehr verhindert hier ein weiteres Aufsteigen (*siehe Abb. 40*).



Abb. 40: Das Stauwehr bei Burglauenen an der Schwarzen Lütschine (2010)



Abb. 41: Laichhabitate oberhalb des Stauwehres, die für die Seeforelle nicht erreichbar sind (2010)

Der Gewässerabschnitt, der durch das Querbauwerk bei Burglauenen für die Seeforellen nicht erreicht werden kann, hat nach SWISSTOPO (2005) eine Länge von 6,5 km (*siehe Abb. 41*), d.h. lediglich 5,8 km des 12,3 km langen Abschnitts im Untersuchungsgebiet können derzeit als Laichhabitate für die Seeforelle fungieren.

In den Steilstrecken befindet sich die Schwarze Lütschine in einem weitestgehend natürlichen Zustand. Die Schwarze Lütschine ist in den Talböden von Grindelwald und Lütschinental überwiegend von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben (*siehe Abb. 43*).



Abb. 42: Die Restwasserstrecke der Schwarzen Lütschine (2010)



Abb. 43: Laichhabitate in der Schwarzen Lütschine im Lütschinental (2010)

In den Talebenen ist das Gewässer zum Teil stark kanalisiert und hart verbaut (LANAT 2010l), meist durch Blockwurf. Die Gewässersohle ist jedoch unverbaut (eig. Beob.). Die Geschiebedynamik dieses Fließgewässers ist nicht beeinflusst (LANAT 2010l). Nach GSA (2003) ist die Schwarze Lütschine ökomorphologisch größtenteils als stark beeinträchtigt bewertet, im Bereich der Ortschaften als naturfremd bzw. künstlich und in den Steilstrecken als weniger beeinträchtigt oder sogar als natürlich bzw. naturnah.

Die Seeforelle

Nach Fi (2008) weist die Schwarze Lütschine einen großen Bestand an Seeforellen auf und unterliegen einer fischereilichen Nutzung. Die Bewirtschaftung wird von dem Fischereiinspektorat des Kantons Bern durchgeführt (LANAT 2010p). Die Seeforellen werden durch das Fischereiinspektorat in Form von Besitzmaßnahmen mit Brütlingen, Vor- und Sömmerlingen sowie Jährlingen unterstützt (ROTH 2010 mdl.).

4.3.3 Die Vereinigte Lütschine

Das Untersuchungsgebiet

Die Vereinigte Lütschine verläuft ab dem Zusammenfluss der Weissen und Schwarzen Lütschine bis zur Mündung in den Brienersee auf einer Länge von 8,6 km (SWISSTOPO 2005). Die Vereinigte Lütschine befindet sich auf ihrer gesamten Länge von 8,6 km im Untersuchungsgebiet (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Die Vereinigte Lütschine unterliegt keiner Nutzung durch die Wasserkraft (ROTH 2010 mdl.). Die Vereinigte Lütschine verläuft ab dem Zusammenfluss der Weissen und Schwarzen Lütschine auf einer Länge von 8,6 km, bis diese bei Böhnigen auf einer Höhe von 565 m.ü.M. in den Brienersee mündet (LANAT 2010). Das Einzugsgebiet der Lütschinen hat eine Größe von 379 km², ist zu 17,4 % vergletschert (NATURAQUA 1993) und weist von daher ein glazialnivales Abflussregime auf (LIMNEX 2006). Die mittlere Jahresabflussmenge beträgt im Durchschnitt 18,7 m³/s (NATURAQUA 1993).

Die Ökomorphologie

In der Vereinigten Lütschine sind Querbauwerke, die das Aufsteigen der Seeforellen aus dem Brienersee einschränken könnten, nicht vorhanden (ROTH 2010 mdl.). Die Vereinigte Lütschine durchfließt im oberen Teil des Untersuchungsgebiets einen engen und bewaldeten Taleinschnitt (*siehe Abb. 44*) und im unteren Abschnitt die vom Militärflugplatz geprägte Schwemmebene von Matten (*siehe Abb. 45*).



Abb. 44: Steilstrecke der Vereinigten Lütschine bei Gsteigwiler (2010)



Abb. 45: Die Vereinigt Lütschine unterhalb von Zweilütschinen (2010)

Während der obere Teil abschnittsweise harte Uferverbauungen aufweist, ist der untere Teil durchgehend kanalisiert und hart verbaut (LANAT 2010l), in der Regel durch Blockwurf (eig. Beob.). Die Geschiebedynamik der Vereinigten Lütschine ist nicht beeinträchtigt (LANAT 2010l). Nach GSA (2003) ist die Vereinigte Lütschine ökomorphologisch größtenteils als stark beeinträchtigt bewertete und in den Steilstrecken als weniger beeinträchtigt oder als natürlich bzw. naturnah.

Die Seeforelle

Nach ROTH (2010 mdl.) ist die Lütschine das wichtigste Reproduktionsgewässer für die Seeforellen-Population des Brienersees.

Nach FI (2008) hat die Vereinigte Lütschine einen großen Bestand an Seeforellen. Die Vereinigte Lütschine unterliegt einer fischereilichen Nutzung, die Bewirtschaftung wird von dem Fischereiinspektorat des Kantons Bern durchgeführt (LANAT 2010p). Die Seeforellen der Vereinigten Lütschine werden durch das Fischereiinspektorat in Form von Besatzmaßnahmen mit Brütlingen, Vor- und Sömmerlingen sowie Jährlingen unterstützt (ROTH 2010 mdl.).

4.3.4 Der Saxetbach

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Saxetbachs beginnt ab den natürlichen Abstürzen oberhalb der Ortschaft Wilderswil auf einer Höhe von ungefähr 735 m.ü.M. und verläuft auf einer Länge von ungefähr 1,1 km bis zur Mündung in die Vereinigte Lütschine (SWISSTOPO 2005).

Das Abflussregime

Der Saxetbach mündet orographisch links bei Wilderswil in die Vereinigte Lütschine. Der Saxetbach entspringt aus einer Reihe kleinerer Zuflüsse unterhalb des Nesslereschöpf auf 1450 m.ü.M. und weist ein nivales Abflussregime auf (SWISSTOPO 2005). Das Abflussregime des Saxetbachs ist unbeeinflusst (KURT 2010 mdl.).

Die Ökomorphologie

Der obere Abschnitt von 0,3 km im Untersuchungsgebiet verläuft durch eine Schlucht, das Gewässer ist hier unverbaut und weist eine hohe Strömungs- und Habitatdiversität auf (siehe Abb. 46). Nach GSA (2003) zählt dieser Gewässerabschnitt ökomorphologisch als natürlich bzw. naturnah. Auf den restlichen 0,8 km des Untersuchungsgebiets bis zur Mündung in die Vereinigte Lütschine fließt der Saxetbach durch Siedlungsgebiet (siehe Abb. 47). Der Böschungsfuß ist in diesem Bereich durch Blockwurf befestigt. Nach GSA (2003) gilt dieser Abschnitt ökomorphologisch als stark beeinträchtigt.



Abb. 46: Der obere Abschnitt des Saxetbachs im Untersuchungsgebiet (2010)



Abb. 47: Der Saxetbach in der Ortschaft von Wilderswil (2010)

Die Seeforelle

Laut FI (2008) weist der Saxetbach einen kleinen Bestand an Seeforellen auf. Der Saxetbach wird von der Pachtvereinigung Interlaken bewirtschaftet und fischereilich genutzt (KURT 2010 mdl.).

5. Nutzungseinflüsse auf die Seeforelle und ihre Habitate im Untersuchungsgebiet

5.1 Landgewinnung und Hochwasserschutz

5.1.1 Habitatverlust durch den Verbau der Fließgewässer

Mit der Bevölkerungszunahme im 16. und 17. Jahrhundert in Zentraleuropa wurde erheblich mehr nutzbares Land benötigt, so dass die Siedlungen immer näher an die Fließgewässer heran gebaut wurden und sich dadurch deren Gefährdung durch Hochwasser und Überschwemmungen stark erhöhte. Um dem Siedlungsdruck gerecht zu werden, wurden flussbauliche Maßnahmen notwendig, die das Erscheinungsbild der Flüsse in Zentraleuropa im 19. Jahrhundert massiv veränderten. In der Regel wurden durch „Schlingendurchstiche“ von Mäanderbögen Laufverkürzungen des entsprechenden Fließgewässers erzielt. Derartige Maßnahmen und die Begradigung des Gewässers haben meist eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit in Kombination mit einem größeren Gefälle zur Folge. Hierdurch wird die Geschiebetransportkapazität vergrößert und das begradigte Flussbett unterliegt oft einer Eintiefung. Um die dynamischen Prozesse des Fließgewässers, insbesondere die Erosion der Sohle und der Uferböschung zu unterbinden, wird versucht, durch bauliche Veränderungen Stabilität zu erzielen. Meist werden im betroffenen Gewässerabschnitt querliegende Schwellen zur Stabilisierung der Sohle verbaut (BOES 2009), die für die Seeforelle als Wanderhindernisse fungieren können, so z.B. wurden im Alpbach kurz vor dem natürlichen Absturz zwei Sohlenschwellen verbaut. Zum Schutz der Ufer gegen Seitenerosion wird meist der Blockwurf oder der Blocksatz verwendet. Wo kaum Platz vorhanden ist, werden auch Mauern oder sogenannte Spundwände aus Stahl- oder Betonelementen verbaut. Bühnen in Kombination mit Uferbefestigungen sind ein weiteres weit verbreitetes Verfahren. Hierbei wird der Abfluss zur Gerinnemitte hin konzentriert, wobei größere, strömungsberuhigte Bereiche zwischen den Bühnenfeldern entstehen. Der Blockwurf stellt eine Schüttung aus groben Gesteinsblöcken dar (*siehe Abb. 48*), beim Blocksatz werden die Gesteinsblöcke im Verbund nebeneinander gesetzt (*siehe Abb. 49*), so dass möglichst geringe Fugenzwischenräume entstehen (BOES 2009). Bei der Uferverbauung im Blocksatz- oder Blockwurfverfahren weist ein verengter Gewässerquerschnitt, in der Regel ein Trapezprofil, ein annähernd homogenes Strömungsbild auf.



Abb. 48: Blockwurf am Aarekanal (2010)



Abb. 49: Blocksatz am Reichenbach (2010)

Für die Höhe der Strömungsdiversität ist die Art der Uferverbauung nicht ausschlaggebend, viel entscheidender ist der Raum, der dem Fließgewässer in Bezug zum Abfluss zur Verfügung gelassen wurde. Sofern die Gewässersohle unverbaut ist und keine Kolmation der Sohle vorliegt (*siehe Kapitel 5.1.2*) oder der Gewässerabschnitt nicht durch Schwall- und Sunkbetrieb beeinflusst ist (*siehe Kapitel 5.3.2*), kann davon ausgegangen werden, dass die Substratbeschaffenheit nach CAVIEZEL (2006) und die für die Reproduktion der Seeforelle benötigte Strömungsgeschwindigkeit und Wassertiefe nach RUHLÉ et al. (2005) & CAVIEZEL (2006) den Ansprüchen an die Seeforellen-Laichhabitate gerecht werden können. Als problematisch erweist sich jedoch, dass die charakterisierten Habitatansprüche der juvenilen Seeforellen nach HEGGENES (1988) in verbauten Gewässerabschnitten in einem nur sehr geringen Umfang vorhanden sind. Unverbaute Fließgewässer weisen im Gegensatz zu kanalisierten Fließgewässern in der Regel über die gesamte Fließstrecke variable Querschnitte auf und unterliegen unregelmäßigen Änderungen des Gefälles. Darüber hinaus ist die Geschwindigkeitsverteilung in einem natürlichen Gerinne sehr ungleichförmig und strömungsberuhigte Bereiche sind in großem Umfang vorhanden. Die Strömungsgeschwindigkeit im ufernahen Bereich ist, umso höher, je geringer die Rauheit einer Uferbefestigung ist. Im Gegensatz zu baulichen Maßnahmen in Form von Mauern und Blocksätzen können grobe Blockwürfe strömungsberuhigte Bereiche aufweisen und so in geringem Umfang als Habitate für juvenile Seeforellen fungieren.

Im Zuge der Landgewinnung und aus Hochwasserschutzgründen ist ein Großteil der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet begradigt worden und wird derzeit durch Uferbefestigungen, vorrangig im Blockwurf-Verfahren, vor der Seitenerosion geschützt. Die meisten der durch Blockwurf verbauten Fließgewässer im Untersuchungsgebiet sind zwar in ihrem Gerinne beengt, weisen aber dennoch strömungsberuhigte Bereiche auf, die sich als Habita

te für die juvenilen Seeforellen eignen können.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Fließgewässer im Untersuchungsgebiet mit der Art des Böschungs- und Sohlenverbaus dargestellt (*siehe Tab. 1*).

Tab. 1: Der Böschungs- und Sohlenverbau der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet

Fließgewässer	Gewässerabschnitt	Böschungsverbau	Sohlenverbau
Hasliaare	Anfang Untersuchungsgebiet bis Anfang Siedlungsgebiet Innertkirchen	unverbaut	unverbaut
Hasliaare	Anfang Siedlungsgebiet Innertkirchen bis Wasserrückgabe- stelle Innertkirchen	Blockwurf	unverbaut
Hasliaare	Wasserrückgabestelle Innertkirchen bis Anfang Aareschlucht	Blockwurf inkl. Buh- nen	unverbaut
Hasliaare	Aareschlucht	unverbaut	unverbaut
Hasliaare	Ende Aareschlucht bis Willingerbrücke Meiringen	Blockwurf	unverbaut
Hasliaare	Willingerbrücke Meiringen bis Brienzer See	Blockwurf	unverbaut
Urbachwasser	Anfang Untersuchungsgebiet bis Schluchtende	unverbaut	unverbaut
Urbachwasser	Schluchtende bis Hasliaare	Blockwurf	unverbaut
Gadmerwasser	Gesamtes Fließgewässer im Unter- suchungsgebiet	unverbaut / Blockwurf	unverbaut
Wychelbach	Anfang Untersuchungsgebiet bis Wychel	Blockwurf / unverbaut	unverbaut
Wychelbach	Wychel bis Hasliaare	Blockwurf / unverbaut	unverbaut
Alpbach	Gesamtes Fließgewässer im Unter- suchungsgebiet	Blockwurf / Blocksatz	unverbaut / Blocksatz
Reichenbach	Gesamtes Fließgewässer im Unter- suchungsgebiet	Blocksatz	Blocksatz
Falcherebach	Gesamtes Fließgewässer im Unter- suchungsgebiet	unverbaut / Blockwurf	unverbaut
Hausenbach	Anfang Untersuchungsgebiet bis Ende zweiter Geschiebesammler	Blockwurf / unverbaut	unverbaut
Hausenbach	Zweiter Geschiebesammler bis Hasliaare	Blockwurf	unverbaut
Aarekanal	Gesamtes Fließgewässer im Unter- suchungsgebiet	Blockwurf	unverbaut
Weisse Lütschine	Anfang Untersuchungsgebiet bis Vereinigte Lütschine	Blockwurf	unverbaut
Schwarze Lütschine	Anfang Untersuchungsgebiet bis Querbauwerk Burglauenen	Blockwurf	unverbaut
Schwarze Lütschine	Querbauwerk Burglauenen bis Ende Restwasserstrecke	unverbaut	unverbaut
Schwarze Lütschine	Ende Restwasserstrecke bis Verei- nigte Lütschine	Blockwurf	unverbaut
Die Vereinigte Lütschine	Mündung Weisser- und Schwarzer Lütschine bis Mündung Saxetbach	Blockwurf	unverbaut
Die Vereinigte Lütschine	Mündung Saxetbach bis Brienzer See	Blockwurf	unverbaut
Saxetbach	Anfang Untersuchungsgebiet bis Anfang Siedlungsgebiet Wilderswil	unverbaut	unverbaut
Saxetbach	Anfang Siedlungsgebiet Wilderswil bis Vereinigte Lütschine	Blocksatz	unverbaut

5.1.2 Die Kolmation der Gewässersohle

Die Kolmation kann die Entwicklung von Eiern und Brütlings kieselreicher Fische durch eine schlechte Sauerstoffversorgung einschränken (BUCHER 2001). Für kieselreiche Fische wie die Seeforelle stellt das Sohlenmaterial einen bedeutenden Teillebensraum dar. Das Lückensystem des Sohlenmaterials gewährleistet die Durchströmung von Wasser und bedingt hierdurch die Versorgung mit Sauerstoff. Durch den Abfluss des Fließgewässers werden unterschiedliche Mengen an Feststoffen transportiert, die durch das Eindringen in die Gewässersohle ausfiltriert werden. Die Ablagerung von Feinpartikeln im Porenraum der Sohle wird als innere Kolmation bezeichnet, diejenige auf der Sohle als äußere Kolmation. Hochwasserereignisse führen zur Umlagerung und Neubildung der Gewässersohle und damit zur Dekolmation. Anthropogene Eingriffe in Fließgewässer wie die Kanalisierung, die Begradigung oder der Verbau durch Schwellen können die innere Kolmation örtlich und zeitlich nachhaltig beeinflussen. Durch das Ableiten von Wasser nimmt die Häufigkeit der Hochwasserereignisse, die zur Dekolmation der Gewässersohle beitragen, ab und die Kolmation kann sich stärker ausbilden. Der Schwall führt meist zu einer Erhöhung des Trübungsgrades, was wiederum zu einer beschleunigten Kolmation führt (SCHÄLCHLI 2002). Nach SCHÄLCHLI (2002) kann ein ausbleibender Geschiebeeintrag, wie es z.B. am Hausenbach oder Aarekanal der Fall ist, zu einer Eintiefung des Gerinnes und zur vollständigen Kolmation führen, welche bei einem regelmäßigen Geschiebetransport nahezu unterbleibt.

5.1.3 Maßnahmen zur Gewässerunterhaltung

Aus Hochwasserschutzgründen wird Geschiebe im Gewässerbett sowie auch in sogenannten Geschiebesammlern ausgebaggert, um ein Auflanden der Sohle zu verhindern. Bei Hochwasserabflüssen kann ein Geschiebeüberschuss den Wasserspiegel anheben und so ein Überfluten des Umlandes bewirken (SCHÄLCHLI, ABEGGER + HUNZINGER 2005). Ein Geschiebesammler stellt in der Regel einen aufgeweiteten Abschnitt im Fließgewässer dar. Ein Auslaufbauwerk bewirkt das Aufstauen des Abflusses, so dass es zu einer Geschiebeablagerung im Sammler kommt. Normalerweise wird das angeschwemmte Substrat vollständig aufgenommen und ein Weitertransport des Geschiebes ist nur bei Überfüllung des Sammlers möglich (BOES 2009). Ein ausbleibender Geschiebeeintrag führt oft zu einer

Eintiefung des Gerinnes und zur vollständigen Kolmation der Sohle (*Siehe Kapitel 5.1.2*) (SCHÄLCHLI 2002), wodurch die Entwicklung der Eier kieslaichender Fische im Interstitial (Lückensystem der Gewässersohle) erheblich eingeschränkt werden kann (BUCHER 2001). Im Untersuchungsgebiet findet derzeit am Hausenbach und am Aarekanal keine Versorgung mit Geschiebe aus dem Einzugsgebiet statt, da die Zufuhr durch Geschiebesammler verhindert wird. Bei beiden Fließgewässern hat sich das Gerinne eingetieft und eine Kolmation der Sohle liegt vor. Nach BOES (2009) kann das dynamische Gleichgewicht durch eine gezielte Geschiebezugabe wieder hergestellt werden.

Die Ausbaggerungen der Gewässersohle finden meist in siedlungsnahen Bereichen statt. Die Planung und die Vergabe der Durchführung werden normalerweise durch die jeweilige Schwellenkooperation, die sich aus den Anliegern der hochwassergefährdeten Gemeinde zusammensetzt, getätigt (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Nach ROTH (2010 mdl.) werden im Untersuchungsgebiet, im Sieglungsgebiet von Innertkirchen und Meiringen in regelmäßigen Abständen Geschiebeentnahmen an der Hasliaare durchgeführt. Des Weiteren kommt es zu Geschiebeentnahmen im siedlungsnahen Bereich von Wilderswill.

Durch die Entnahmen des Geschiebes können Jungfisch- und Laichhabitate der See- und Bachforelle zerstört werden. Sofern die Gewässerunterhaltungsmaßnahmen in der Winterzeit erfolgen, kann es zur Entnahme von Seeforelleneiern kommen. Nach LANAT (2010n) unterliegen technische Eingriffe der Bewilligungspflicht des Fischereiinspektorats.

5.2 Fischereimanagement

5.2.1 Das Fischereirecht

Nach dem Bundesgesetz über die Fischerei regeln die Kantone der Schweiz die nachhaltige Nutzung der Krebs- und Fischbestände (BGF 2008) dieses Recht obliegt im Kanton Bern der Behörde des Fischereiinspektorats. Bei den staatlichen Fischgewässern wird zwischen Patent- und Pachtgewässern unterschieden (LANAT 2010a). Das Fischereiinspektorat des Kantons Bern verpachtet sogenannte Pachtgewässer an Einzelpächter, Pachtgesellschaften oder Vereine zur fischereilichen Nutzung oder zur Aufzucht von Besatzfischen (LANAT 2010m).

In eigener Regie bewirtschaftet das Fischereiinspektorat des Kantons Bern die Patentgewässer, die durch den Erwerb von Fischereipatenten befischt werden können (LANAT 2010a).

Als Patentgewässer werden im Untersuchungsgebiet durch das Fischereiinspektorat der Brienersee, die Hasliaare, das Urbachwasser, der Reichenbach sowie die Schwarze, Weisse, und Vereinigte Lüttschine bewirtschaftet (LANAT 2010p). Gleiches gilt für den Falcherenbach, der jedoch keiner fischereilichen Nutzung unterliegt (ROTH 2010 mdl.). Das Gadmerwasser, der Wychel-, der Alp-, der Hausenbach und der Aarekanal sind Pachtgewässer, die an den Fischereiverein Oberhasli verpachtet sind (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Dieser Fischereiverein nutzt im Untersuchungsgebiet das Gadmerwasser, den Alpbach und den Aarekanal zur Ausübung der Angelfischerei. Der Hausenbach dient zur Aufzucht autochthoner Bachforellen und der Wychelbach fungiert als Aufzuchtgewässer für die Seeforelle. Der Saxetbach ist an die Pachtvereinigung Interlaken vergeben und wird von deren Mitgliedern durch Angelfischerei genutzt (KURT 2010 mdl.).

5.2.2 Die Fischereibestimmungen und Praxis der Fischerei

Für die Patentgewässer vergibt das Fischereiinspektorat eine nicht reglementierte Anzahl an Tages-, 7 Tages-, 30 Tages- und Jahres-Fischereipatenten für Angelfischer aus (LANAT 2010p). Bis einschließlich 2005 hat das Fischereiinspektorat für den Brienersee 3 Berufsfischerpatente vergeben, seit 2006 bis heute sind es 2 Stück (LANAT 2010c-k).

An dem Brienersee darf außerdem das Freiangelrecht wahrgenommen werden, d.h. unter bestimmten Auflagen können Angelfischer unentgeltlich die Fischerei ausüben (LANAT 2010p). Der Fischereiverein Oberhasli darf an seine Mitglieder für seine Pachtgewässer maximal 120 Jahresfischereipatente ausgeben, zudem werden für die in der Pacht befindlichen Fließgewässer jährlich maximal 20 Tagesfischereipatente des Fischereivereins an Angelfischer verkauft (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Die Seeforelle ist im Zeitraum vom 1. September bis zum 31. Januar schonzeitbedingt geschützt. Das Mindestmaß beträgt im Brienersee 45 cm und es dürfen aus dem See pro Fischer am Tag drei Forellen entnommen werden. Ein Jahresfanglimit besteht jedoch nicht (LANAT 2010b).

Zur Ausübung der Angelfischerei im Brienersee liegen detaillierte Bestimmungen vor, d.h. es ist geregelt welche Fanggeräte verwendet werden dürfen (LANAT 2010p).

Die Befischung der adulten Seeforellen darf bei der Schleppfischerei auf dem Brienersee vom Boot mit 6 Ködern pro Angelfischer ausgeführt werden (siehe *Abb. 50 & Abb. 51*).



Abb. 50: Angelfischerei auf dem Brienersee (2010)



Abb. 51: Seeforelle aus dem Brienersee gefangen durch einen Angelfischer (GERMANN 2009)

Bei der Schleppfischerei auf Seeforellen finden sowohl Köder (die Fische imitieren, wie z.B. Blinker und Wobbler) sowie auch Naturköder in Form von Köderfischen Verwendung. Das Benutzen von Widerhaken ist bei der Schleppfischerei gestattet, insofern der Angelfischer einen Sachkundenachweis (SANA) vorweisen kann (LANAT 2010p). Neben dem Schleppfischen vom fahrenden Boot aus, wird in den Monaten Februar und März meist vom Ufer aus noch das Spinnfischen (aktives Fischen mit künstlichen Ködern, die Fische imitieren) betrieben (GERMANN 2010 mdl.).

Beim Spinnfischen ist die Verwendung von Widerhaken verboten, selbst dann, wenn ein Sachkundenachweis vorliegt (LANAT 2010p).

Das Schleppfischen vom fahrenden Boot ist nach GERMANN (2010 mdl.) während der gesamten Fangsaison die effektivste Methode, gezielt Seeforellen zu fangen. Die Fischbestände des Brienersees werden auch von Berufsfischern gewerblich genutzt. Deren Brotfisch ist das Felchen (*Coregonus* sp.) (ZEH 2006), welches bezüglich Häufigkeit und Biomasse die wichtigste Fischart ist (KIRCHHOFER et al. 2006). Sie gelten nach KIRCHHOFER (1990) als einzige Art von wirtschaftlicher Bedeutung und tragen zu 95 bis 99 % zum Gesamtfangertrag der Berufsfischer bei. Die Seeforelle ist für die Berufsfischer eher als willkommener Beifang anzusehen. Die Gefahr einer Überfischung des Bestands durch die Berufs- und Angelfischerei geht nicht von der gezielten Befischung der adulten Seeforellen aus, sondern vielmehr können die Beifänge an juvenilen Seeforellen bei der Netzfischerei auf Felchen zu hohen Verlusten des Bestands beitragen. Derzeit liegt die Mindestmaschenweite für Netze zum Felchenfang bei 22 mm. Im Zuge des Rückgangs der Fangerträ-

ge wurde in den 90er Jahren die Mindestmaschenweite von 32 mm herabgesetzt. Juvenile Seeforellen, die als Beifang bei der Netzfischerei gefangen werden, können i. d. Regel nicht mehr zurückgesetzt werden, auch wenn dies beabsichtigt wäre (ROTH 2010 mdl.).

Alle Fließgewässer im Untersuchungsgebiet unterliegen, mit Ausnahme vom Wychel-, Falcheren- und Hausenbach, einer fischereilichen Nutzung von Angelfischern. Der Ziel-fisch der Fischer in den Fließgewässern ist ausschließlich die Bachforelle (*Salmo trutta fario*) (ZUMBRUNN 2010 mdl.), die anhand von äußerlichen Merkmalen nicht von juvenilen Seeforellen im Fließgewässer zu unterscheiden ist (BAGLINIÈRE & MAISSE 1991).

Durch die Bachforellen-Laichzeit ist die Ausübung der Fischerei in den Fließgewässern, die durch das Fischereiinspektorat bewirtschaftet werden, vom 1. Oktober bis zum 15. März (LANAT 2010p) und in denen vom Fischereiverein Oberhasli vom 1. Oktober bis zum 31. März untersagt (ZUMBRUNN 2010 mdl.).

Für die Forellen besteht in der Hasliaare, dem Gadmerwasser, dem Aarekanal, dem Saxetbach sowie der Schwarzen, Weissen und Vereinigten Lüttschine ein Mindestmaß zur Entnahme von 24 cm. Im Urbachwasser und Reichenbach beträgt dieses 22 cm (LANAT 2010p & ZUMBRUNN 2010 mdl.). Die Seeforellen steigen als ein- bis zweijährige Fische aus dem Geburtsgewässer in den See ab (RUHLÉ et al. 2005), nach PETER (2010 mdl.) ist es aber als eher unwahrscheinlich anzusehen, dass die juvenilen Seeforellen noch bis zum Erreichen des Schonmaßes der Bachforelle in den Fließgewässern verbleiben.

In den Gewässern des Kantons Bern wird bei der Angelfischerei nicht explizit zwischen sich in Fließgewässern befindlichen Seeforellen und Bachforellen unterschieden, d.h. Seeforellen dürfen hier ab dem Mindestmaß, welches für Bachforellen vorgesehen ist, entnommen werden. In der Zeit vom 1. September bis zum Beginn der Bachforellenschonzeit am 29. September, während des Seeforellen-Aufstiegs zu den Laichhabitaten, sind Bach- und Seeforellen über 45 cm in der Hasliaare und den Lüttschinen vor der Entnahme geschützt. In den anderen Fließgewässern des Untersuchungsgebiets besteht diese Entnahmeregelung nicht (LANAT 2010p & ROTH 2010 mdl.). Nach ZUMBRUNN (2010 mdl.) kann davon ausgegangen werden, dass in den Fließgewässern, in denen die Entnahmeregelung nicht besteht, in geringem Umfang adulte Seeforellen entnommen werden.

In den Fließgewässern des Fischereivereins Oberhasli dürfen pro Tag 4 Salmoniden behändigt werden (ZUMBRUNN 2010 mdl.), in den Patentgewässern 6 Stück (LANAT 2010p).

Im Fischereireglement des Fischereivereins ist festgelegt, dass Vereinsmitglieder pro Woche maximal 2 Mal fischen können, das jährliche Fanglimit beträgt 30 Salmoniden im Gadmerwasser und 20 Stück in den übrigen Gewässern des Vereins (ZUMBRUNN 2010 mdl.). Ein jährliches Fanglimit liegt im Untersuchungsgebiet für die Patentgewässer nicht vor. Die vom Fischereinspektorat bewirtschafteten Fließgewässer im Untersuchungsgebiet können außerhalb der Bachforellen-Schonzeit montags, mittwochs und samstags befischt werden. Für alle Fließgewässer im Untersuchungsgebiet liegen detaillierte Bestimmungen zur Ausübung der Angelfischerei vor, d.h. es ist geregelt welche Fanggeräte verwendet werden dürfen. In den Fließgewässern des Untersuchungsgebiets ist es gestattet, mit einer Angelrute zu fischen, wobei die Verwendung des Widerhakens untersagt ist (LANAT 2010p). Nach ZYBACH (2010 mdl.) finden in der Regel als Angelköder für Bachforellen Natur- und Kunstköder Verwendung. Bei der Angelfischerei mit Naturködern werden meist Würmer und Maden, seltener Köderfische benutzt und bei der Kunstköderangelei kommen meist Blinker, Spinner, Wobbler und künstliche Fliegen (Fliegenfischen) zum Einsatz. Mit Ausnahme des Fliegenfischens werden bei der Kunstköderfischerei in der Regel Drillingshaken und beim Fischen mit Naturködern Einzelhaken verwendet.

In den Fließgewässern des Fischereivereins Oberhasli ist es untersagt, bei der Verwendung von Naturködern Angelhaken kleiner der Hakengröße 3 zu benutzen, um bei juvenilen Bach- und Seeforellen das Schlucken des Köders zu erschweren bzw. ein Zurücksetzen zu verbessern (ZUMBRUNN 2010 mdl.).

Die Mortalitätsrate juveniler Seeforellen als Beifang bei der Angelfischerei in den Fließgewässern kann als nicht unerheblich eingestuft werden (ROTH 2010 mdl.). Laut der Studie von SCHISLER & BERGERSEN (1996) liegt die Mortalitätsrat nach dem Zurücksetzen von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) bei der Verwendung von künstlichen Fliegen (Fliegenfischen) bei 3,9% und bei dem Gebrauch von Naturködern bei bis zu 32,1%.

Der Unterschied zwischen der Kunstköder- und der Naturköderfischerei liegt in der Art und Weise, wie die Forellen gehakt sind. Ein Schlucken des Hakens bzw. das Haken in der Speiseröhre kommt in der Regel nur bei der Verwendung von Naturködern vor. Das Lösen des Hakens beansprucht hier eine erheblich längere Zeitspanne und führt zu der höheren Mortalitätsrate. Hingegen befindet sich der Haken bei der Benutzung von Kunstködern im Mund- und Rachenbereich (REISS et al. 2010). Bei der Fischerei mit Kunstködern kann durch den Gebrauch von Einzelhaken anstelle von Drillingshaken die Mortalitätsrate weiter gesenkt werden, da in der Regel ein schnelleres Zurücksetzen des Fisches erfolgt und

diese Methode geringere Verletzungen nach sich zieht (NUHFER & ALEXANDER 1992). Bei der Naturköderfischerei sind die Größe und die Beschaffenheit des Hakens ausschlaggebend für die Höhe der Mortalitätsrate. Größere Haken vermindern das Schlucken des Köders und bewirken, dass der Fisch eher im Mund- und Rachenbereich gehakt wird. Des Weiteren können Kreishaken, sogenannte „circle hooks“ die Überlebenschance des Fisches signifikant erhöhen, da bei den gehakten Fischen der Haken normalerweise ebenfalls im Mund- und Rachenbereich sitzt und nicht in der Speiseröhre (REISS et al. 2010).

5.2.3 Die Fangstatistiken

Mit Ausnahme der Freiangerei und den Tagespatent-Fischern des Fischereivereins Oberhasli sind die Angel- und Berufsfischer verpflichtet, eine Fangstatistik zu führen (LANAT 2010p & ZUMBRUNN 2010 mdl.). In der Fangstatistik der Angelfischer sind Angaben über die behändigte Fischart, deren Stückzahl und das Datum des Fangtages einzutragen. Die Berufsfischerei ist außerdem angehalten die Gewichtsangaben pro Individuum zu dokumentieren. Längenangaben des entsprechenden Fisches werden nicht erhoben (KÜNG 2010 mdl.). Die Fangstatistiken der Patentgewässer werden vom Fischereiinspektorat verwaltet und ausgewertet (LANAT 2010p), für den Fischereiverein Oberhasli und die Pachtvereinigung Interlaken sammelt und bereitet der jeweilige Vorstand des Vereins diese Daten auf (ZUMBRUNN 2010 mdl. & KURT 2010mdl.).

Nach LANAT (2010c-k) haben die Berufsfischer in den Jahren 2001 bis 2009 im Durchschnitt 183 Seeforellen aus dem Brienersee gefangen. Die Angelfischer haben zwischen 2001 und 2008 im Schnitt 163 Seeforellen aus dem Brienersee entnommen (vgl. Tab. 2). Die in den Fangstatistiken befindlichen Gewichtsangaben der Angelfischerei basieren nicht auf realen Werten sondern sind Schätzungen des Fischereiinspektorats (KÜNG 2010 mdl.).

Tab. 2: Die Fangstatistik des Brienersees von 2001 bis 2009 (nach LANAT 2010c-k)

	Berufsfischer		Angelfischer	
	Stück	Kg	Stück	Kg
2009	95	184	K.A.	K.A.
2008	181	390	223	271,1
2007	122	208	126	153,7
2006	178	293	125	152,5
2005	216	314	242	295,2
2004	211	314	80	97,6
2003	324	429	216	263,5
2002	118	183	187	228,1
2001	200	346	101	123,2

In den Gewässern des Kantons Bern wird durch die Fischereibestimmungen nicht zwischen sich in Fließgewässern befindlicher Seeforelle und Bachforelle differenziert, d.h. sofern keine gesonderte Regelung besteht, dürfen hier Seeforellen auch ab der Länge des Mindestmaßes von Bachforellen entnommen werden. Nach ZUMBRUNN (2010 mdl.) kann davon ausgegangen werden, dass in den Fließgewässern, in denen keine gesonderte Entnahmeregelung für adulte Seeforellen vorliegt, auch in geringem Umfang Individuen entnommen werden.

Aufgrund der oben genannten Gründe ist zu vermuten, dass in den Fangstatistiken der Fließgewässer auch Seeforellen mit aufgeführt sind.

Genaue Angaben, wie viele Seeforellen aus den Fließgewässern durch Angelfischer entnommen werden, kann man anhand der Statistiken aber nicht herleiten, da in allen Fangstatistiken nur Angaben über die entnommenen Stückzahlen bestehen. Würden konkrete Längenangaben der einzelnen Forellen vorliegen, so könnten ungefähre Schätzungen vorgenommen werden, da Bachforellen aus den Fließgewässern des Untersuchungsgebiets nur in den seltensten Fällen Längen von über 45 cm erreichen (ZYBACH 2010 mdl.). Hingegen weisen die aufsteigenden Seeforellen der Lütschine eine Durchschnittsgröße von 40 bis 50 cm (ROTH 2010 mdl.) und die der Hasliaare sogar von 60 cm auf (ZYBACH 2010 mdl.).

5.2.4 Bestehende Förderungsmaßnahmen der Fischerei

Durch das Fischereiinspektorat des Kantons Bern wird die Seeforellenpopulation des Brienersees durch Besatzmaßnahmen mit autochthonen Jungforellen unterstützt (ZYBACH 2010 mdl.). Die juvenilen Seeforellen werden hierzu in Form von Brut, Vor- und Sömmerlingen sowie in seltenen Fällen als Jährlinge in die in Tabelle 4 aufgeführten Fließgewässern besetzt (LANAT 2010c-k). Um an autochthone Besatzfische zu gelangen, beauftragt das Fischereiinspektorat den lokal ansässigen Fischereiverein Oberhasli mit dem Fang von geschlechtsreifen Seeforellen, deren Abstreifung, das Erbrüten der Seeforelleneier und die Aufzucht der Jungforellen bis zum Besatztermin.

Der Seeforellen-Laichfischfang wird seit Generationen auf die gleiche Art und Weise in der Hasliaare und ihren Zuflüssen, dem Urbachwasser und in seltenen Jahren auch im Unterlauf des Gadmerwassers durchgeführt (SCHLÄPPI 2010 mdl.). Die Hasliaare stellt derzeit das einzige Fließgewässer im Einzugsgebiet des Brienersees dar, an dem ein Seeforellen-Laichfischfang betrieben wird (ROTH 2010 mdl.). Dieser Laichfischfang findet zwischen Ende Oktober bis Mitte Dezember statt, da sich die Seeforellen in diesem Zeitraum im Laichaufstieg bzw. im Laichgeschäft befinden. Mit Anbruch der Dunkelheit werden die adulten Fische mit Taschenlampen lokalisiert und anschließend mit großen Keschern umstellt und gefangen (*siehe Abb. 52*) (SCHLÄPPI 2010 mdl.). Die Laichfische werden in der Brutanstalt in Meiringen bis zum Abstreifen zwischengehäлтert und danach in die Hasliaare zurück gesetzt (*siehe Abb. 53 & vgl. Tab. 3*) (SCHLÄPPI 2010 mdl.).



Abb. 52: Der Seeforellen-Laichfischfang in der Hasliaare (2010)



Abb. 53: Das Abstreifen der Seeforellen in der Brutanstalt in Meiringen (2010)

Tab. 3: Der Seeforellen-Laichfischfang der Hasliaare von 2001 bis 2009 (nach LANAT 2010c-k)

	Rogner	Milchner	Total	Wiedereinsatz
2009	K.A.	K.A.	K.A.	K.A.
2008	9	12	21	21
2007	13	18	31	31
2006	15	18	33	31
2005	16	12	28	28
2004	17	11	28	28
2003	13	11	24	24
2002	15	14	29	29
2001	20	15	35	33

Der Fischereiverein ist bestrebt, an ungefähr 30.000 Seeforelleneier für die Aufzucht zu gelangen. Das Erbrüten der Eier und die Aufzucht der Jungforellen findet ebenfalls in der Brutanstalt in Meiringen statt (SCHLÄPPI 2010 mdl.).

Anschließend werden die Seeforellen in Form von Brütlingen, Vorsömmerlingen, Sömmerlingen und Jährlingen in den Patentgewässern im Untersuchungsgebiet besetzt.

Sie werden in die Hasliaare, dem Urbachwasser, der Schwarzen, der Weissen, der Vereinigten Lüttschine und in die Aare zwischen dem Briener- und dem Thunersee eingebracht (vgl. Tab. 4) (ROTH 2010 mdl.).

Tab. 4: Der Seeforellenbesatz im Untersuchungsgebiet (nach LANAT 2010c-k)

	Hasliaare		Aare	Lütschine			Urbach
	200	201	202	122	123	125	120
2009	3000 V. 3280 S.		2800 V.	1000 B. 500 V.	1000 B. 3000 V.	2200 B. 5500 V.	
2008	8150 V. 1145 S.			3000 V.	2000 V.	4500 V.	5000 V.
2007	7155 V. 826 S.	428 V.		2136 V.	4630 V.	1600 V. 47 S.	4500 V.
2006	7285 V.			2500 V.	4500 V.	3280 V.	4000 B.
2005	4000 B				3250 V.	4207 V.	4000 B.
2004	1000 V. 847 J.	93 V.		1500 V.	3723 V.	3500 V.	643 V.
2003	2220 V. 621 J.	87 V.		758 V.	1900 V.	3700 V	200 J.
2002	2210 V. 834 J.			1220 V.	2832 V.	3600 V.	400 J.

B.= Brütlinge, V.= Vorsommerlinge, S.= Sommerlinge, J.= Jahr- und Mehrjährige

200	Räterischsbodensee bis Aareschlucht	123	Weisse Lütschine
201	Aareschlucht bis Brienersee	125	Vereinigte Lütschine
202	Briener- bis Thunersee	120	Talboden Innertkirchen
122	Schwarze Lütschine		

In den Pachtgewässern des Fischereivereins Oberhasli und in denen der Pachtvereinigung Interlaken (Gadmerwasser, Hausenbach und Aare-Kanal) findet kein Besatz von Seeforellen statt (ZUMBRUNN 2010 mdl. & KURT 2010 mdl.).

Der Wychelbach wird durch den Fischereiverein Oberhasli als Seeforellen-Aufzuchtsgewässer genutzt, d.h. junge Seeforellen werden als Brütlinge in den Wychelbach besetzt und im folgenden Jahr elektronisch abgefischt, um als Besatzmaterial für das Fischereiinspektorat zu fungieren (ZYBACH 2010 mdl.). Die juvenilen Seeforellen werden nicht im Wychelbach belassen, bis diese selbständig in den Brienersee abwandern, da diese per Stückpreis an das Fischereiinspektorat verkauft werden, um dann in die in Tabelle 4 aufgeführten Fließgewässer besetzt zu werden (ROTH 2010 mdl.).

5.3 Kraftwerksbetrieb

5.3.1 Querbauwerke zur Wasserableitung

Querbauwerke wie es z.B. Wehre sind, können für aquatische Organismen als Wanderhindernisse wirken. Eine ungehinderte Durchwanderbarkeit der Fließgewässer sowohl für die stomaufwärts- als auch für die stomabwärts gerichtete Passierbarkeit stellt eine wichtige Grundvoraussetzung für die Entwicklung und Stabilität intakter Lebensgemeinschaften, insbesondere für die Fischfauna, dar. Betroffen sind hiervon vor allem auch potamodrome Wanderfische (DWA 2006) wie die Seeforelle, die ein charakteristisches Migrationsverhalten aufweist und verschiedene Teillebensräume im Laufe ihres Lebenszyklus besiedelt (BAGLINIÈRE & MAISSE 1991). An der Schwarzen Lütschine befindet sich bei Burglauen ein Querbauwerk welches für die Seeforelle wirksam ist (*siehe Kapitel 4.3.2*).

Nach dem Gewässerschutzgesetz der Schweiz (GSchG) wird nach Art. 31 bei einer Neukonzession die freie Fischwanderung mit Passierbarkeit von Querbauwerken gefordert (SIGMAPLAN 2008).

Als ein weiteres Problem erweisen sich die Einläufe von Triebwasserstollen, da hier ein Großteil des Abflusses zur Stromproduktion abgeleitet wird und die abwandernden Fische in die betrieblichen Anlagen gelangen können, was fast immer eine Schädigung oder die Mortalität zur Folge haben kann. Abwandernde Fische lassen sich in der Regel mit der Hauptströmung verdriften. Die Abwandertiefe bei Salmoniden liegt bevorzugt im oberflächennahen Bereich (DWA 2006).

Im Untersuchungsgebiet befindet sich derzeit keine Wehranlage mit Triebwasserstollen, die als Wanderhindernis wirksam ist. Sofern die Durchgängigkeit für die Seeforellen am Wehr bei Burglauen ermöglicht wird, sollten ebenfalls Maßnahmen zur Vermeidung, dass Fische in die betrieblichen Anlagen gelangen können, realisiert werden.

5.3.2 Der Schwall- und Sunkbetrieb

Um den zeitlich unterschiedlichen Strombedarf zu decken und eine Funktionsfähigkeit der Stromnetze sicher zu stellen wird in Stauseen Wasser gespeichert und bei Strombedarf zur Energiegewinnung turbinert. Bei einer direkten Abgabe des turbinerten Wassers in ein

Fließgewässer entstehen künstliche Pegelschwankungen. Die Phase mit Abflussanstieg wird als Schwall und die mit Abflussabfall als Sunk bezeichnet (SCHWEIZER et al. 2009). Der Schwall- und Sunkbetrieb an Fließgewässern zählt mit zu den Gefährdungsursachen der Seeforelle (FI 2008), da die wesentlich veränderten Abflussverhältnisse zu einer Beeinträchtigung der natürlichen Fortpflanzung und zu einer Verminderung des Fischbestandes führen. Jungfische können beim Schwallbeginn verdriftet werden und beim Rückgang des Wassers auf trockenfallenden Uferbereichen stranden. In welchem Umfang ein Fließgewässer verbaut bzw. kanalisiert ist, ist dafür entscheidend, wie stark sich der Schwall- und Sunkbetrieb auf die ökologische Funktion des Gewässers auswirkt. Sind in ausreichendem Umfang natürliche flussmorphologische Strukturen vorhanden, so bleibt der Schwallbetrieb in einigermaßen verträglichen Grenzen und anspruchsvolle Organismen können diesen Lebensraum besiedeln, allerdings ist hier dann die Gefahr des Strandens von Fischen durch das Trockenfallen von Nebengerinnen usw. besonders groß.

Im Winterhalbjahr ist der Schwall- und Sunkbetrieb am ausgeprägtesten, da die Fließgewässer natürlicherweise gleichmäßig tiefe Niedrigwasser-Abflüsse mit klarem Wasser aufweisen. Im Winter wird das in den Stauseen gespeicherte Wasser zur Stromproduktion genutzt, welches durch Gletschertrübung geprägt sein kann. Hierdurch kann der Schwall- und Sunkbetrieb zu einer zunehmenden Kolmation führen (*siehe Kapitel 5.1.2*) (LIMNEX 2004). In der Schweiz sind die Veränderungen des Abflussregimes durch Schwall- und Sunkbetrieb bis zum heutigen Zeitpunkt nicht gesetzlich verankert. Nach SCHWEIZER (2010 mdl.) wird es voraussichtlich ab 2012 eine Änderung in dem Gewässerschutzgesetz der Schweiz (GSchG) bezüglich der Schwall- und Sunkproblematik geben.

Im Untersuchungsgebiet zählt die Hasliaare von der Wasserrückgabestelle bei Innertkirchen bis in den Brienersee als einziger Gewässerabschnitt, der vom Schwall- und Sunkbetrieb geprägt ist. Die Abflussdifferenz kann zwischen 11 m³/s bei Sunk- und 55 m³/s bei Schwallabfluss betragen. Betrieblich ist es generell möglich, innerhalb von 6 Minuten den maximalen Schwallbetrieb zu erreichen (LIMNEX 2009).

Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei maximalem Abfluss liegt heute im Sommer bei 2,1 m/s, im Winter bei 2,0 m/s (HERZOG INGENIEURE 2006). Es ist davon auszugehen, dass der vom Schwall- und Sunkbetrieb beeinflusste Gewässerabschnitt der Hasliaare heute vorrangig von den Seeforellen als Durchwanderungsstrecke genutzt wird, um sich in dem oberhalb befindlichen Abschnitt und in den Zuflüssen zu reproduzieren. Ab der Willingerbrücke in Meiringen bis in den Brienersee weist die Hasliaare keine größeren strö-

mungsberuhigten Zonen auf. Lediglich die Mündungsbereiche des Reichen-, Falcheren- und Hausenbaches können als ersichtliche Ruhezone für Seeforellen fungieren. Das weitere kleinräumige, strömungsberuhigte Bereiche auf der Gewässersohle im Strömungsschatten von Gesteinsblöcken vorhanden sind, ist jedoch anzunehmen.

Nach ZYBACH (2010 mdl.) bewegte sich in den vergangenen Jahren die Durchschnittsgröße der beim Laichfischfang in der Hasliaare gefangenen Seeforellen um die 60 cm, die Seeforellen, die in die Lütschine aufsteigen haben eine Durchschnittslänge von 40 bis 50 cm (ROTH mdl). Diese voneinander abweichenden Größenunterschiede der Laichfische können darauf schließen lassen, dass durch den Schwall- und Sunkbetrieb in Kombination mit dem kanalisierten Gerinne der Hasliaare eine künstliche Größenselektion der aufsteigenden Seeforellen stattfindet? Nach DWA (2005) können bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2,0 m/s, was nach HERZOG INGENIEURE (2006) die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei maximalem Abfluss in diesem Gewässerabschnitt im Winter ist, rein rechnerisch betrachtet nur Salmoniden gegen die Strömung anschwimmen, ohne verdriftet zu werden (gesteigerte Geschwindigkeit), die eine Gesamtlänge von 40 cm überschritten haben. Dass die aufsteigenden Seeforellen in der Hasliaare einer erhöhten Belastung ausgesetzt sind, da ein Mangel an strömungsberuhigten Bereichen besteht, ist mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Durch MENDEZ (2007) wurde nachgewiesen, dass am Alpenrhein die Seeforellen zu Zeiten geringer oder keiner Stromproduktion sowie nachts aufsteigen.

Eine natürliche Reproduktion der Seeforelle ist in dem von Schwall und Sunk geprägten Gewässerabschnitt, mit Ausnahme des ökomorphologisch naturnahen Bereichs in der Aareschlucht sowie des Gewässerabschnitts zwischen der Aareschlucht und der Willinger Brücke, als eher unwahrscheinlich einzustufen, nach PETER (2010 mdl.) respektiv als nicht bestandsbeitragend einzuschätzen.

5.3.3 Die Restwasserstrecken

Restwasserstrecken sind Gewässerabschnitte, deren Abfluss zur Nutzung abgeleitet wird. Das Restwasser stellt das Wasser dar, welches nach der Wasserentnahme im Bach oder Fluss verbleibt, inkl. dem zufließenden Wasser aus Seitenbächen unterhalb der Wasserfassung (Zwischeneinzugsgebiet).

Durch die verminderten Abflussverhältnisse kann sich für die darin lebende Fischfauna das Angebot und die Dynamik der Habitate signifikant verringern, was in der Regel zu einer geringeren Bestandsdichte und Biomasse an Fischnährtieren führt. Neben der Reduktion der Habitate sind die verringerten Wassertiefen- und Strömungsverhältnisse die schwerwiegendsten Veränderungen, die Restwasserstrecken in Bezug auf die Fischfauna aufweisen können. Auch können sich durch geringere und/ oder ausbleibende Hochwasser sowie verringerte Strömungsverhältnisse die Geschiebedynamik und die Substratzusammensetzung verändern. Als Folge kann es hierdurch zur Versandung und zur Kolmation der Gewässersohle kommen (SCHWEIZER 2010 mdl.).

Ungenügende Restwassermengen können in den Sommermonaten zu einer Erhöhung der Wassertemperatur führen und so für ungünstige Lebensbedingungen, insbesondere für Fische, sorgen. In den Wintermonaten kann es bei einer geringen Wasserführung zu einer unnatürlichen Vereisung oder im Extremfall zur Grundeisbildung kommen (VOGEL et al. 2004), was zu einem Absterben der Seeforelleneier führt.

Als besonders problematisch ist die Verlaichung der Seeforellen in Restwasserstrecken wegen der oftmals zu geringen Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit, da nach CAVIEZEL (2006) die Laichgruben in einer durchschnittlichen Wassertiefe von 32,2 cm liegen und sich die bevorzugte Strömungsgeschwindigkeit über den Laichhabitaten zwischen 25 bis 100 cm/s bewegt (RUHLÉ et al. 2005).

Außerdem kann es durch die verringerten Hochwasserabflüsse zu einem Ausbleiben der Dekolmation kommen, was zu einer Verstärkung der Kolmation führt (SCHÄLCHLI 2002). Die Entwicklung der Seeforelleneier im Interstitial der Gewässersohle kann hierdurch erheblich beeinträchtigt werden (BUCHER 2001).

Durch die Wasserkraftnutzung sind im Untersuchungsgebiet vor allem die Hasliaare und ihre Zuflüsse beeinflusst. Als Restwasserstrecke fungiert hier die Hasliaare, vom Beginn des Untersuchungsgebiets bis nach Innertkirchen, wo das Gadmerwasser in diese mündet. Neben der Hasliaare stellt der gesamte Gewässerabschnitt des Urbach- und des Gadmerwassers eine Restwasserstrecke dar. Des Weiteren sind im Untersuchungsgebiet der Alp- und der Reichenbach teilweise durch Restwasserstrecken geprägt. Im Untersuchungsgebiet der Lütchine ist nur die Schwarze Lütchine unterhalb von Burglauenen auf einer Länge von ungefähr 2 km durch Restwasserabflüsse beeinflusst.

Derzeit findet im Untersuchungsgebiet seitens der KWO lediglich an der Wasserfassung Hopflauen eine Dotation mit Wasser statt. Nach HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA (2006a) wird das Gadmerwasser in der Winterzeit mit 25 l/s und im Sommer mit 50 l/s dotiert. Bei den Wasserfassungen Handeck und Mattenalp, die die Hasliaare und das Urbachwasser im Untersuchungsgebiet beeinflussen, wird keine Dotation mit Wasser vorgenommen.

Bis zum Anfang des Untersuchungsgebiets entsteht durch die verschiedenen Zuflüsse im Zwischeneinzugsgebiet nach LIMNEX (2008) rasch wieder ein ganzjährig durchgehender Abfluss in der Hasliaare. Im Sommer bleibt der Abfluss der Hasliaare bis nach Innertkirchen weit unter seinen natürlichen Werten. Hingegen nimmt dieser im Winter wieder mehr als die Hälfte seiner ursprünglichen Menge zu (LIMNEX 2008), d.h. in dem Zeitraum, in dem sich die adulten Seeforellen im Laichaufstieg befinden und die natürliche Reproduktion stattfindet, bis die juvenilen Seeforellen das Interstitial verlassen, ist anzunehmen, dass annähernd natürliche Abflussverhältnisse herrschen. Davon kann auch bei dem Gewässerabschnitt des Urbachwassers ausgegangen werden. Bei beiden Fließgewässern sind im Untersuchungsgebiet in ausreichendem Umfang Habitate für die natürliche Reproduktion der Seeforelle vorhanden, da die von (RUHLÉ et al. 2005) & CAVIEZEL (2006) beschriebenen Strömungsgeschwindigkeiten und Wassertiefen durch den Abfluss des Zwischeneinzugsgebiets erbracht werden (eig. Beob.). Das Gerinne des Gadmerwassers ist im Untersuchungsgebiet ebenfalls ganzjährig durchgehend benetzt, jedoch liegen die Wassertiefen zur Laichzeit der Seeforelle im Durchschnitt zwischen 10-30 cm bei einer Strömungsgeschwindigkeit von kleiner als 40 cm/s (eig. Beob.). Von daher kann davon ausgegangen werden, dass durch die Abflussverhältnisse im Gadmerwasser eine natürliche Reproduktion der Seeforelle eingeschränkt möglich ist.

Die Wassermengen, mit denen der Alp-, Reichenbach und die Schwarze Lütschine dotiert werden, liegen zum Zeitpunkt dieser Arbeit nicht vor. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass eine natürliche Reproduktion der Seeforelle im Reichenbach ausgeschlossen werden kann, da das Gerinne des Fließgewässers Ende April 2010 für mehrere Tage trocken gefallen ist (eig. Beob.). Der Alpbach fungiert im Untersuchungsgebiet lediglich auf einer sehr kurzen Strecke als Restwasserstrecke. Die Abflussverhältnisse sollten prinzipiell den Anforderungen zur Strömungsgeschwindigkeit und Wassertiefe von RUHLÉ et al.

(2005) & CAVIEZEL (2006) genügen, das gleiche gilt für die Restwasserstrecke der Schwarzen Lütschine (eig. Beob.).

Die Gewässerhoheit obliegt in der Schweiz den Kantonen, die die Bedingungen für die Gewässernutzung unter Einhaltung der bundesrechtlichen Vorgaben festlegen. Die Kantone können die Gewässernutzung von zusätzlichen Auflagen abhängig machen oder gegebenenfalls gänzlich auf die Erteilung eines Nutzungsrechts verzichten (BUWAL 2000).

Gemäß dem Art. 80 ff des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) sind Fließgewässer, welche durch Wasserentnahmen wesentlich beeinflusst werden, bis Ende 2012 zu sanieren. (SIGMAPLAN 2008). Bei einer Neukonzessionierung müssen nach Art. 31 seltene Lebensräume und -gemeinschaften, die direkt oder indirekt von der Art und Größe des Gewässers abhängen, erhalten oder wenn nicht zwingende Gründe entgegenstehen, nach Möglichkeit durch gleichwertige ersetzt werden (VOGEL et al. 2004). Nach BUWAL (2000) zählen hierzu auch der Erhalt der einheimischen Fischpopulationen und deren natürliche Fortpflanzung. Die erforderliche Wassertiefe für eine freie Fischwanderung muss gewährleistet werden (VOGEL et al. 2004), damit der Fortbestand der Fische langfristig gesichert ist. In der Regel sollte ganzjährig eine Mindestwassertiefe von 20 cm eingehalten werden, ausschlaggebend für die Restwassermenge sollten jedoch die ökologischen Erfordernisse der in der Restwasserstrecke lebenden Fischpopulation sein.

Hierzu sind im GSchG zur Sicherung angemessener Restwassermengen Mindestrestwassermengen definiert. Diese Restwassermengen berücksichtigen sowohl die Interessen des Gewässerschutzes, als auch jene der Stromproduzenten (BUWAL 2000). Die Abflussmenge Q_{347} stellt die Menge an Wasser dar, die an mindestens 347 Tagen im Jahr erreicht werden muss (UHLMANN & WEHRLI 2006). Bei einer Neukonzessionierung wird die zu dotierende Wassermenge anhand von Art. 31 (1) bestimmt, Art. 31ff können zu weiteren Erhöhungen oder Reduzierungen führen (SCHWEIZER 2010 mdl.).

Um den Forderungen des Gewässerschutzgesetzes nachzukommen, soll nach Art. 80ff bis spätestens Ende 2012 eine Restwassersanierung an den Fließgewässern, die durch die KWO beeinflusst sind, erfolgen (KWO 2010a). Nach SCHWEIZER (2010 mdl.) wartet die KWO seit Anfang 2009 auf die Verfügung der Gewässersanierung. Im Untersuchungsgebiet sind von dieser Restwassersanierung durch die KWO die Hasliaare, das Urbach,- und das Gadmerwasser betroffen. Aktuell ist vorgesehen, das Gadmerwasser zukünftig ab der Fassung bei Hopflauen mit 250 l/s ganzjährig zu dotieren. Das Urbachwasser soll ab der

Sekundärfassung Mattenalp in den Monaten Juli und August mit jeweils 50 l/s und in den Monaten September bis Juni mit 25 l/s dotiert werden. Ab der Fassung Handeck soll die Hasliaare zukünftig in den Monaten November bis April mit 100 l/s, in den Monaten Mai, September und Oktober mit 200 l/s und in dem Zeitraum von Juni bis August mit 300 l/s gespeist werden (KWO 2010a).

Die Sanierungsvorschläge, die gemäß dem Art. 80 ff des GSchG bis Ende 2012 für den Alp-, Reichenbach und die Schwarze Lütschine zu erbringen sind, liegen nicht vor. Es ist jedoch anzunehmen, dass der Reichenbach ab Ende 2012 den von RUHLÉ et al. (2005) & CAVIEZEL (2006) beschriebenen Anforderungen der Strömungsgeschwindigkeit und der Wassertiefe, die Seeforellen bei der Verlaichung benötigen, weitestgehend gerecht werden wird, sofern die oben aufgeführten gesetzlichen Rahmenbedingungen erbracht werden.

5.3.4 Kraftwerkseinleitungen

Durch eine Kraftwerkseinleitung im Mündungsbereich von einem Fließgewässer kann es für im Aufstieg zu den Laichhabitaten befindliche Seeforellen zu Problemen bei der Auffindbarkeit kommen. Dies ist vor allem der Fall, wenn der Abfluss um ein vielfaches geringer ist als die entsprechende Triebwassermenge und das eingeleitete Wasser nicht aus dem Einzugsgebiet stammt, in dessen Fließgewässer es zugeführt wird. Hierdurch wird die Konzentration der spezifischen chemischen Zusammensetzung des Geburtsgewässers so stark verdünnt, dass ein Auffinden als fraglich angesehen werden kann. Nach DWA (2005) geschieht das Auffinden des Geburtsgewässers über den Geruchssinn, der die spezifische chemische Zusammensetzung des jeweiligen Fließgewässers wahrnimmt.



Abb. 54: Die Einleitungsstelle des turbinieren Wassers (2010)



Abb. 55: Das Gadmerwasser kann bei Schwallbetrieb keine ausreichende Lockströmung ausbilden (2010)

Im Untersuchungsgebiet wird auf den letzten Fließmetern des Gadmerwassers das Triebwasser des Kraftwerks Innertkirchen 1 der KWO eingeleitet (*siehe Abb. 54*). Der Abfluss des Gadmerwassers beträgt in den Sommermonaten ungefähr 300 l/s (gemessen am 30.09.2002) (HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA 2006a). Nach SCHWEIZER (2010 mdl.) & ZYBACH (2010 mdl.) würde die Wasserrückgabe den Seeforellenaufstieg in das Gadmerwasser stark beeinträchtigen, da für die Fische keine wahrnehmbare Lockströmung seitens des Gadmerwassers besteht, vor allem dann nicht, wenn Triebwasser eingeleitet wird (*siehe Abb. 55*).

6. Beurteilung der Fließgewässer

6.1 Herangehensweise

Mit Ausnahme des Befischungsdrucks befinden sich alle der im Rahmen dieser Arbeit aufgezeigten Einflussfaktoren, die sich negativ auf die Seeforelle auswirken, im Teilbereich der Fließgewässer. Daher wird auf diese bei der Beurteilung das Hauptaugenmerk gerichtet. Anhand der Habitatansprüche und Einflussfaktoren auf die Seeforelle werden Beurteilungsparameter abgeleitet, die aufzeigen sollen, inwieweit einzelne Gewässerabschnitte derzeit als Seeforellenhabitat zur Verfügung stehen.

Anhand der wechselnden Habitatansprüche der verschiedenen Lebensstadien und der Einflussfaktoren auf die Seeforelle wird zwischen verschiedenen Beurteilungsparametern unterschieden. Die Beurteilungsparameter sind in Form von Fragen formuliert und werden in der Reihenfolge des Lebenszyklus der Seeforelle an das jeweilige Fließgewässer gerichtet. Die Beurteilung der einzelnen Parameter erfolgt durch eine drei-stufige Beurteilungsskala, die den Erfüllungsgrad wiedergibt (*siehe Abb. 56*). Zur Beurteilung werden die Fließgewässer im Untersuchungsgebiet in Gewässerabschnitte unterteilt, die einen ähnlichen morphologischen Charakter aufweisen und/ oder denselben Einflussfaktoren unterliegen. Die Beurteilung der Parameter erfolgte durch eine visuelle Begutachtung der einzelnen Gewässerabschnitte. Lediglich zur Aufnahme des Kolmationsgrades der Gewässersohle wird eine mechanische Überprüfung vorgenommen. Nur bei der Erfüllung aller Beurteilungsparameter kann von einem intakten Reproduktionsgewässer gesprochen werden.

Mit Ausnahme des Beurteilungsparameters der Auffindbarkeit kann bei Nichterfüllung der anderen Beurteilungsparameter ein eingeschränkter Ablauf des Lebenszyklus jedoch nicht ausgeschlossen werden.

6.2 Beurteilungsparameter

Auffindbarkeit

Bei der Auffindbarkeit des Fließgewässers wird beurteilt, inwieweit gewährleistet ist ob die zur Reproduktion aufsteigenden Seeforellen ihr Geburtsgewässer orten können. Das Auffinden des Geburtsgewässers geschieht nach DWA (2005) über den Geruchssinn, der die spezifische chemische Zusammensetzung des jeweiligen Fließgewässers wahrnimmt

und kann durch das Einleiten von Wasser mit einer anderen chemischen Zusammensetzung gestört werden.

Aufstiegsmöglichkeit

Die Beurteilung der Aufstiegsmöglichkeit in das entsprechende Fließgewässer soll aufzeigen, in welchem Umfang die Seeforellen die Laichhabitate erreichen können, ohne auf Wanderhindernisse zu stoßen. Besondere Berücksichtigung finden bei dieser Beurteilung Wanderhindernisse in Form von Querbauwerken und auch das Vorhandensein von Schwall- und Sunkbetrieb an dem entsprechenden Gewässerabschnitt.

Laichhabitate vorhanden

Bei diesem Beurteilungsparameter wird aufgezeigt, inwieweit Laichhabitate für die Seeforelle im entsprechenden Gewässerabschnitt vorhanden sind. Hierbei dienen als Beurteilungsgrundlage die von CAVIEZEL (2006) formulierten Anforderungen an die Wassertiefe, die nach RUHLÉ et al. (2005) angegebene Strömungsgeschwindigkeit und die nach JUNGWIRTH et al. (2003) benötigte Korngröße des Substrats. Restwasserstrecken werden hierbei auf eine ausreichend konstante Dotierwassermenge überprüft.

Keine Kolmation der Sohle

Im welchem Umfang eine Kolmation der potentiellen Laichhabitate vorliegt, wird durch die Beurteilung des Kolmationsgrades der Gewässersohle angegeben. Die Beurteilung soll, soweit es möglich ist, durch einen Stiefeltest erfolgen. Mittels drehen der Ferse wird versucht, in das Sohlsubstrat einzudringen. Ist dies ohne größere Anstrengungen möglich, so ist keine Kolmation vorhanden. Bei erschwertem Eindringen liegt eine mittlere Kolmation der Gewässersohle vor und falls eine Abpflasterung der Sohle besteht, ist diese kolmatiert.

Jungfischhabitate

Die Beurteilung der vorhandenen Jungfischhabitate geschieht nach den von HEGGENES (1988) formulierten Angaben zur benötigten Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit. Bei diesem Beurteilungsparameter finden des Weiteren die Art und Weise des Gewässerbaus Berücksichtigung, die in Kapitel 5.1.1 aufgeführt sind. Außerdem wird in Restwasserstrecken beurteilt, ob ein ausreichender ganzjähriger Abfluss gewährleistet wird.

Kein Befischungsdruck

Durch diesen Beurteilungsparameter wird angegeben, in welchem Umfang das Fließgewässer bzw. der Gewässerabschnitt einer Nutzung durch die Angelfischerei unterliegt. Hierbei wird unter anderem berücksichtigt ob überhaupt eine Befischung vorliegt, ob das entsprechende Gewässer einer Verpachtung unterliegt (mit von der Anzahl eingeschränkter Fischereilizenzen Vergabe) oder den Patentgewässern zugewiesen werden kann (mit uneingeschränkter Fischereilizenzen Vergabe). Darüber hinaus fließt in die Beurteilung ein, wie gut ein Gewässerabschnitt für Angelfischer zugänglich ist.

Abstiegsmöglichkeiten

Die Abstiegsmöglichkeit aus entsprechendem Reproduktionsgewässer in den Brienersee wird anhand dieses Beurteilungsparameters aufgezeigt. In erster Linie wird überprüft, ob eine Ableitung des Abflusses durch Kraftwerksbetreiber vorliegt und ob juvenile und adulte Seeforellen in den Triebwasserstollen gelangen könnten.

6.3 Beurteilung der Fließgewässer im Ist-Zustand

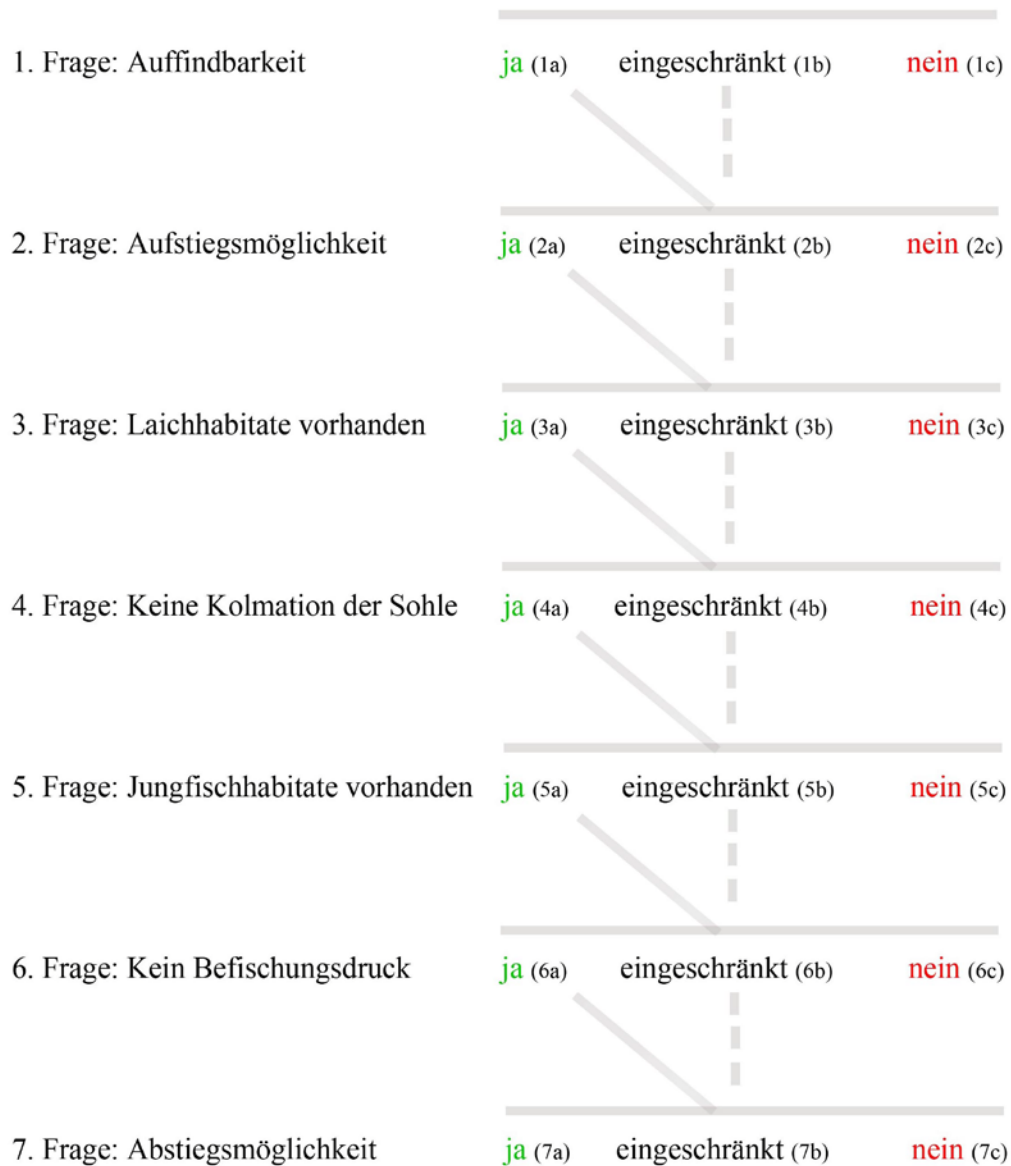


Abb. 56: Darstellung der Beurteilungsmatrix (2010)

Tab. 5: Beurteilung der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet

Abschnittskürzel	Fließgewässer	Gewässerabschnitt	Fließgewässerbeurteilung
A1	Hasliaare	Anfang Untersuchungsgebiet bis Anfang Siedlungsgebiet Innertkirchen	1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6c, 7a
A2	Hasliaare	Anfang Siedlungsgebiet Innertkirchen bis Wasserrückgabestelle Innertkirchen	1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6c, 7a
A3	Hasliaare	Wasserrückgabestelle Innertkirchen bis Anfang Aareschlucht	1a, 2a, 3a, 4b, 5b, 6c, 7a
A4	Hasliaare	Aareschlucht	1a, 2a, 3a, 4b, 5b, 6b, 7a
A5	Hasliaare	Ende Aareschlucht bis Willingerbrücke Meiringen	1a, 2a, 3a, 4b, 5b, 6c, 7a
A6	Hasliaare	Willingerbrücke Meiringen bis Brienersee	1a, 2b, 3b, 4b, 5c, 6c, 7a
A7	Urbachwasser	Anfang Untersuchungsgebiet bis Schluchtende	1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6c, 7a
A8	Urbachwasser	Schluchtende bis Hasliaare	1a, 2a, 3a, 4a, 5b, 6c, 7a
A9	Gadmerwasser	Gesamtes Fließgewässer im Untersuchungsgebiet	1b, 2a, 3b, 4b, 5a, 6b, 7a
A10	Wychelbach	Anfang Untersuchungsgebiet bis Wychel	1a, 2a, 3b, 4b, 5b, 6a, 7a
A11	Wychelbach	Wychel bis Hasliaare	1a, 2a, 3c, 4b, 5a, 6a, 7a
A12	Alpbach	Gesamtes Fließgewässer im Untersuchungsgebiet	1a, 2c, 3c, 5c, 6b, 7a
A13	Reichenbach	Gesamtes Fließgewässer im Untersuchungsgebiet	1a, 2b, 3c, 5c, 6c, 7a
A14	Falcherebach	Gesamtes Fließgewässer im Untersuchungsgebiet	1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, 7a
A15	Hausenbach	Anfang Untersuchungsgebiet bis Ende zweiter Geschiebesammler	1a, 2c, 3a, 4c, 5a, 6a, 7a
A16	Hausenbach	Zweiter Geschiebesammler bis Hasliaare	1a, 2a, 3a, 4c, 5b, 6a, 7a
A17	Aarekanal	Gesamtes Fließgewässer im Untersuchungsgebiet	1a, 2a, 3a, 4c, 5b, 6b, 7a
A18	Weisse Lüttschine	Anfang Untersuchungsgebiet bis Vereinigte Lüttschine	1a, 2a, 3a, 4a, 5b, 6c, 7a
A19	Schwarze Lüttschine	Anfang Untersuchungsgebiet bis Querbauwerk Burglauenen	1a, 2c, 3a, 4a, 5b, 6c, 7c
A20	Schwarze Lüttschine	Querbauwerk Burglauenen bis Ende Restwasserstrecke	1a, 2a, 3a, 4a, 5b, 6c, 7a
A21	Schwarze Lüttschine	Ende Restwasserstrecke bis Vereinigte Lüttschine	1a, 2a, 3a, 4a, 5b, 6c, 7a
A22	Die Vereinigte Lüttschine	Mündung Weisser und Schwarzer Lüttschine bis Mündung Saxetbach	1a, 2a, 3a, 4a, 5b, 6c, 7a
A23	Die Vereinigte Lüttschine	Mündung Saxetbach bis Brienersee	1a, 2a, 3a, 4a, 5c, 6c, 7a
A24	Saxetbach	Anfang Untersuchungsgebiet bis Anfang Siedlungsgebiet Wilderswil	1a, 2a, 3a, 4a, 5b, 6b, 7a
A25	Saxetbach	Anfang Siedlungsgebiet Wilderswil bis Vereinigte Lüttschine	1a, 2a, 3b, 4a, 5b, 6b, 7a

7. Zielsetzungen für die Erhaltung und Entwicklung

7.1 Potentialabschätzung der Fließgewässer

Anhand der Beurteilung der Fließgewässer werden die Defizite aufgezeigt, die den Lebenszyklus der Seeforelle oder einer seiner Phasen und deren benötigte Habitate negativ beeinflussen. Das Auffinden der Fließgewässer, der Aufstieg zu den Laichhabitaten und die natürliche Reproduktion der Seeforelle finden im Untersuchungsgebiet zumindest in eingeschränktem Zustand bei fast allen Fließgewässern statt. Ausnahmen hierbei stellen der Alpbach und der Reichenbach im Talboden bei Meiringen dar, bei denen eine natürliche Reproduktion der Seeforelle durch den Verbauungsgrad der Gewässersohle so gut wie ausgeschlossen werden kann. Des Weiteren wird an der Schwarzen Lütschine oberhalb von Burglauenen ein Aufsteigen der Seeforelle und somit ebenfalls die natürliche Reproduktion durch ein Querbauwerk verhindert. Durch den gestörten Geschiebehaushalt am Hausenbach und Aarekanal kann angenommen werden, dass durch den hohen Kolmationsgrad der Gewässersohle die Entwicklung der Seeforelleneier im Interstitial stark eingeschränkt wird.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass bei annähernd allen Fließgewässern im Untersuchungsgebiet die benötigten Jungfischhabitate nur eingeschränkt oder so gut wie nicht vorhanden sind. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass die juvenilen Seeforellen im Untersuchungsgebiet durch die Befischung der Fließgewässer an vielen Gewässerabschnitten einer Schädigung durch den Befischungsdruck unterliegen.

Das größte Aufwertungspotential kann im Untersuchungsgebiet durch die Verbesserung und Schaffung neuer Jungfischhabitate erreicht werden. Revitalisierungen von ganzen Fließgewässern sind aus wirtschaftspolitischen Gründen nicht umsetzbar, da auf Grund der geographischen Lage des Untersuchungsgebiets die Talböden wichtige Flächen für die Landwirtschaft und auch den Siedlungsraum darstellen. Planungen von Revitalisierung werden zwangsläufig zu Zielkonflikten mit den Interessen der Landwirtschaft und auch des Hochwasserschutzes führen, da annähernd alle Fließgewässer im Untersuchungsgebiet zu großen Teilen durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und auch durch Siedlungsräume verlaufen. Hier können jedoch abschnittsweise gezielte Revitalisierungen bzw. Aufweitungen der Gewässerquerschnitte zum erforderlichen Ergebnis führen. Neben der Verbesserung der Jungfischhabitate sollte an den oben aufgeführten Gewässern die auf-

und abwärtsgerichtete Durchwanderbarkeit und, wo erforderlich, eine natürliche Geschiebedynamik wieder hergestellt werden. Diese Forderungen können auch ohne den Rückbau der bestehenden wasserbaulichen Substanz realisiert werden.

Eine Verbesserung der Habitate an Alp- und Reichenbach ist nur dann als sinnvoll anzusehen, wenn die derzeit bestehende Laufverkürzung beseitigt werden kann und dem jeweiligen Gewässer ausreichend Raum für natürlich dynamische Prozesse gelassen wird. Zumindest am Alpbach sollte von einer derartigen Maßnahme aus Kosten- und Nutzenaspekten abgesehen werden.

Eine Abschaffung der bestehenden Fischerei würde die Mortalitätsrate der juvenilen Seeforellen beseitigen. Ein Verbot dieser ist jedoch politisch nicht realisierbar. Hingegen sollten hinsichtlich des Fischereimanagements Maßnahmen beschlossen werden, um die Mortalitätsrate in den Fließgewässern und im Brienersee zu minimieren.

7.2 Erhaltungsziele

Im Untersuchungsgebiet ist eine Verkleinerung der bestehenden Habitate unbedingt zu vermeiden, da sich eine solche Veränderung wahrscheinlich unmittelbar auf die Seeforellen-Population auswirken würde. Eine ausreichende permanente Dotation der Restwasserstrecken mit Wasser ist zu gewährleisten. Eine Verbesserung des Hochwasserschutzes darf nicht zu Lasten der Seeforellen realisiert werden. Daher sollte, der Verbauungsgrad, vor allem hinsichtlich der Gewässersohle und der Uferböschungen nicht erhöht werden. Bei einer Realisierung von Querbauwerken muß die Durchgängigkeit für die Seeforelle unbedingt erhalten bleiben und somit deren Genehmigung unmittelbar an die Installation von geeigneten Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen gebunden sein. Ein eventueller Ausbau der bestehenden betrieblichen Wasserkraftanlagen darf nicht zu Lasten der oben aufgeführten Kriterien erfolgen. Von einer Nutzung der Weissen und Vereinigten Lutschine zur Gewinnung von Wasserenergie sollte unbedingt abgesehen werden, da diese Fließgewässer derzeit noch keiner derartigen Beeinträchtigung unterliegen und nach ROTH (2010 mdl.) die wichtigsten Reproduktionsgewässer für die Seeforellen-Population des Brienersees darstellen. Seitens des Fischereimanagements gilt es eine Verstärkung des bestehenden Befischungsdrucks auf die Seeforelle zu unterbinden.

7.3 Entwicklungsziele

Ziel der Habitatoptimierung ist das Erreichen einer stabilen Seeforellenpopulation im Brienersee, die sich durch die natürliche Reproduktion selbst vermehrt und erhält. Der Besatz, auch wenn dieser mit autochthonem Besatzmaterial erfolgt, sollte nur bestandsunterstützend durchgeführt werden. Sobald davon ausgegangen werden kann, dass sich der Bestand auf natürliche Art und Weise selbstständig erhält, sollte auf Besatzmaßnahmen gänzlich verzichtet werden. Der Brienersee weist heute einen viel geringeren Fischertrag auf als noch Mitte der 70iger Jahre, wo im Zuge der Eutrophierung des Sees Fangerträge, die über dem 10fachen der heutigen Erträge lagen, erzielt werden konnten. Ein Fehler wäre es, wenn seitens des Fischereimanagements versucht würde, die Fangerträge auf künstliche Art und Weise durch Besatzmaßnahmen zu erhalten. Vielmehr sollte Wert darauf gelegt werden, die Ertragsabschöpfung so zu bemessen, dass auch ohne Besatzmaßnahmen das Bestehen der Seeforellenpopulation des Brienersees gewährleistet wird. Dies kann jedoch nur erfolgen, wenn die Fischereibestimmungen dementsprechend und die Methoden der momentanen Situation angepasst werden. Als wichtigste Grundlage sollten in ausreichendem Umfang Laich- und Jungfischhabitate vorhanden sein, um eine stabile Seeforellenpopulation nachhaltig zu erhalten. Im Einzugsgebiet des Brienersees weisen vor allem die Jungfischhabitate die größten Defizite auf. Diese sind nur eingeschränkt oder teilweise sogar überhaupt nicht vorhanden. Neben der Gewährleistung des Auf- und Abstiegs sollte die Schaffung neuer Jungfischhabitate für die Seeforelle die höchste Priorität zugewiesen werden. Im Zuge der Landgewinnung und aus Hochwasserschutzgründen wurden annähernd alle Fließgewässer im Untersuchungsgebiet mehr oder weniger begradigt und befestigt. Um Jungfischhabitate zu schaffen, sollten an den Fließgewässern zumindest Aufweitungen des Querschnitts vorgenommen werden. Besser wäre es jedoch, die Gewässerabschnitte, die keine Siedlungsräume tangieren, zu revitalisieren und deren Uferbefestigungen gänzlich zu beseitigen.

8. Maßnahmenkatalog

8.1 Gewässerbauliche Habitatoptimierungen

8.1.1 Verbesserung der Auffindbarkeit

Die Auffindbarkeit des Gadmerwassers ist für die sich im Aufstieg befindlichen adulten Seeforellen beeinträchtigt. Zu Zeiten der Stromproduktion wird das turbinierte Wasser unter anderem an der Wasserrückgabestelle, auf den letzten Fließmetern des Gadmerwassers, in das Fließgewässer eingeleitet. Dabei ist davon auszugehen, dass nach SCHWEIZER (2010 mdl.) & ZYBACH (2010 mdl.) die verbleibende Lockströmung des Gadmerwassers während der Stromproduktion nicht ausreichend ist, um von den Seeforellen wahrgenommen zu werden. Eine Verbesserung der derzeitigen Situation kann durch eine Bündelung des Abflusses erzielt werden. Dazu müsste der Abfluss des Gadmerwassers durch die systematische Anordnung von Gesteinsblöcken auf die orographisch rechte Uferseite geleitet werden (*siehe Abb. 57*). Durch diese Maßnahme würde die Lockströmung des Gadmerwassers für die Seeforelle deutlich verstärkt werden. Im Vorfeld einer Realisierung einer solchen Maßnahme muss jedoch eine Berücksichtigung der Hochwassersituation erfolgen. Bei dem Bau des nach SCHWEIZER et al. (2008) geplanten Beruhigungsbeckens würde die Wasserrückgabestelle an die Hasliaare verlegt werden, so dass die Störung der Auffindbarkeit beseitigt würde (*siehe Kapitel 8.4*).

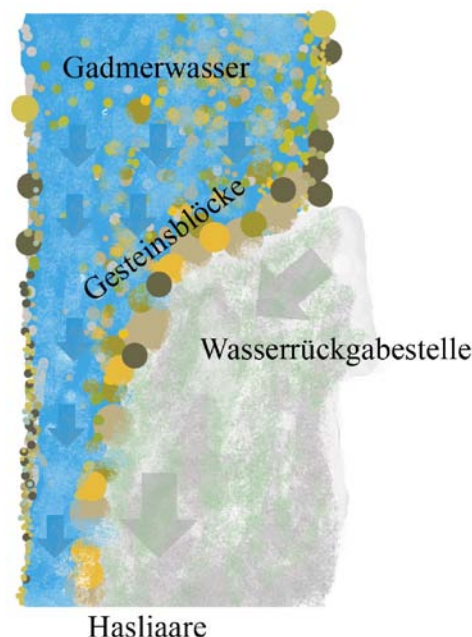


Abb. 57: Verstärkung der Lockströmung durch die systematische Anordnung von Gesteinsblöcken (2010)

8.1.2 Aufwertung der Zuwanderungsstrecken

Die Hasliaare zwischen der Willingerbrücke in Meiringen und dem Brienersee fungiert für die Seeforellen derzeit vorrangig als Durchwanderungsstrecke, um die flussaufwärts gelegenen Laichhabitats zu erreichen. Die Kanalisierung und das von Schwall- und Sunkbetrieb beeinflusste Abflussregime führen dazu, dass die sich im Aufstieg befindlichen Seeforellen einer erhöhten Belastung ausgesetzt sind. Lediglich die Mündungsbereiche des Reichen-, Falcheren- und Hausenbachs können als ersichtliche Ruhezone für Seeforellen dienen. Dass weitere kleinräumige und strömungsberuhigte Bereiche auf der Gewässersohle im Strömungsschatten von Gesteinsblöcken vorhanden sind, ist jedoch anzunehmen. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit liegt nach HERZOG INGENIEURE (2006) bei maximalem Abfluss heute im Sommer bei 2,1 m/s und im Winter bei 2,0 m/s. Die Hypothese, inwieweit in diesem Gewässerabschnitt eine Größenselektion der aufsteigenden Seeforellen stattfindet, konnte nicht abschließend geklärt werden (*siehe Kapitel 5.3.2*). In dem Gewässerabschnitt zwischen Meiringen und der Seemündung besteht ein großes Defizit an strömungsberuhigten Bereichen, die den aufsteigenden Seeforellen als Ruhehabitate dienen können. Wünschenswert wäre es, diesen Gewässerabschnitt entsprechend seiner Länge von 11,8 km zu revitalisieren. Bei dieser Revitalisierung sollte dann deutlich auf die Bedürfnisse der Seeforelle geachtet werden. Hierdurch könnten nicht nur auf der gesamten Fließlänge strömungsberuhigte Bereiche für die im Aufstieg befindlichen adulten Seeforellen geschaffen werden, sondern auch ausreichend Jungfischhabitats. Nach LIMNEX (2004) ist es entscheidend wie stark sich der Schwall- und Sunkbetrieb auf die ökologische Funktion des Gewässers auswirkt und in welchem Umfang ein Fließgewässer verbaut bzw. kanalisiert ist. Eine Revitalisierung wäre in dieser Form nur schwer realisierbar, da in unmittelbarer Nähe entlang des gesamten Gewässerabschnitts auf der orographisch linken Seite eine Straße verläuft, die ab Brienzwiler sogar als Autobahn ausgewiesen ist. Des Weiteren befindet sich auf der orographisch rechten Uferseite ab dem Ende des Siedlungsgebiets von Meiringen eine Bahntrasse, die ebenfalls parallel, bis ungefähr 0,77 km vor der Mündung der Hasliaare in den Brienersee, verläuft. Im siedlungsnahen Bereich von Meiringen, etwa 0,35 km flussabwärts der Willingerbrücke gelegen, befindet sich auf der orographisch rechten Uferseite auf einer Länge von 1,2 km, angrenzend an die Hasliaare, landwirtschaftlich genutztes Grün- und Ackerland (*siehe Abb. 59*). Auf diesen Flächen könnte eine Revi-

talisierung bzw. Aufweitung des Fließgewässerquerschnitts erfolgen, ohne dass bauliche Substanz jeglicher Art betroffen wäre (siehe Abb. 58).

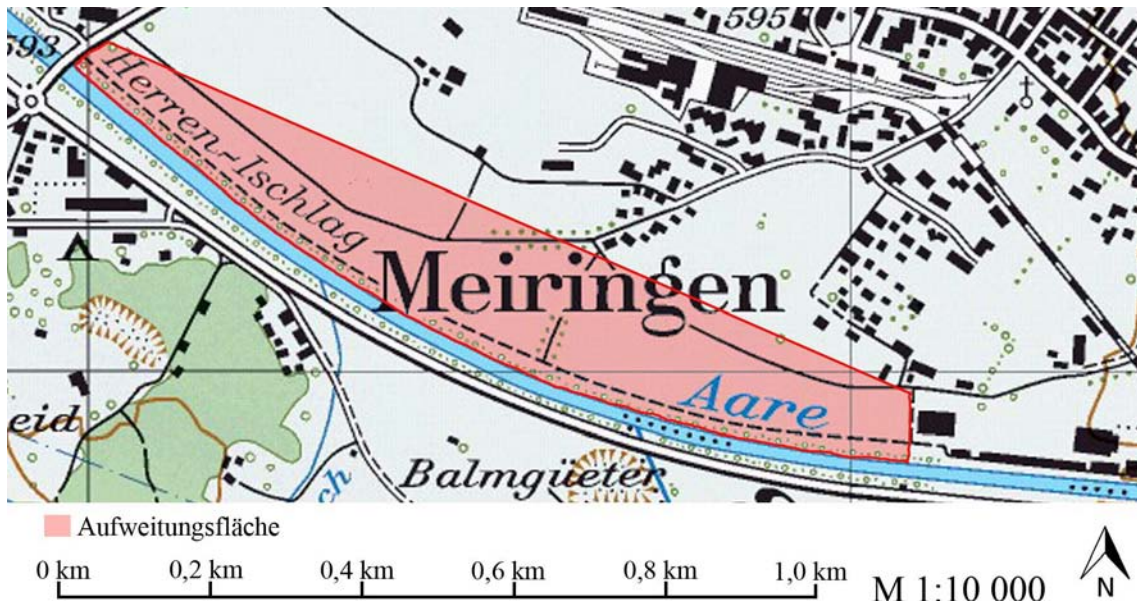


Abb. 58: Die potentielle Aufweitungsfläche an der Hasliaare bei Meiringen (SWISSTOPO 2005, verändert)



Abb. 59: Das landwirtschaftlich genutzte Grün- und Ackerland an der Hasliaare (2010)



Abb. 60: Gesteinsblock als strömungsbrechendes Element (2010)

Darüber hinaus befindet sich auf diesem Gewässerabschnitt, etwa 0,16 km vor der Mündung in den Brienersee auf der orographisch rechten Seite, auf einer Länge von 0,4 km, eine weitere Fläche von landwirtschaftlich genutztem Grünland, das sich ebenfalls für eine Revitalisierung bzw. Aufweitung des Fließgewässers eignen würde (siehe Abb. 61). Bei einer Realisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen müsste jedoch berücksichtigt werden, dass keine Fischfallen wie z.B. Nebengerinne geschaffen werden, welche beim Sunkbetrieb trocken fallen könnten, wie in LIMNEX (2004) beschrieben. In dem Gewässerabschnitt der Hasliaare, zwischen der Willingerbrücke und dem Brienersee sind keine weite-

ren Aufweitungen des Querschnitts (ausserhalb des Hochwasserschutz-Dammes) möglich, ohne eine Verlegung der Straße oder der Bahntrasse vorzunehmen.

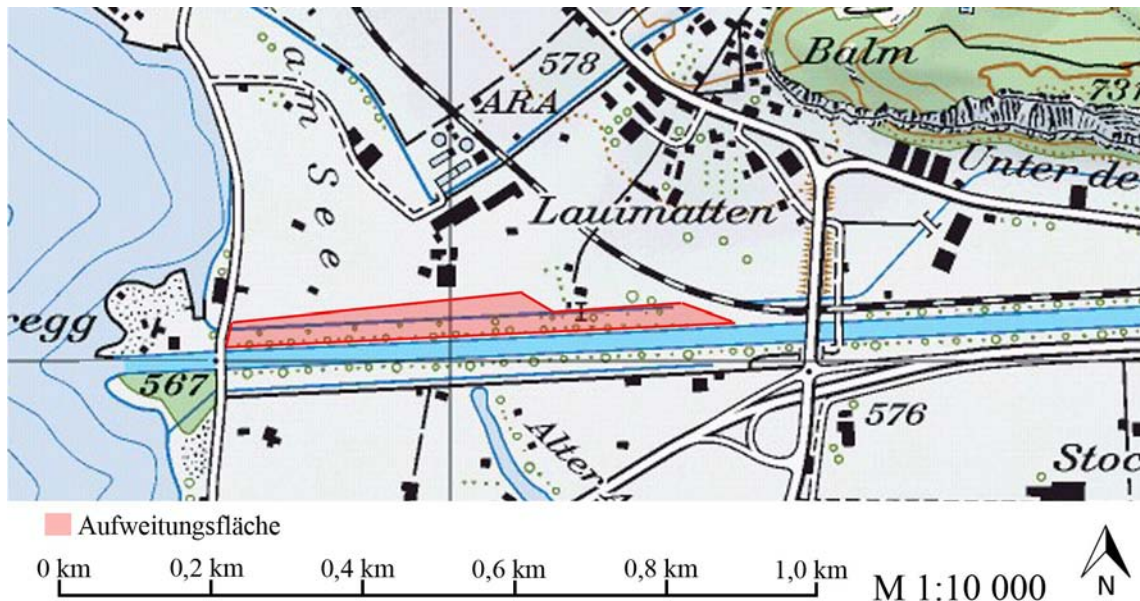


Abb. 61: Die potentielle Aufweitungsfläche vor der Mündung in den See (SWISSTOPO 2005, verändert)

Dennoch ist die Schaffung weiterer strömungsberuhigter Bereiche von Nöten. Hier würde sich anbieten, in Ufernähe am Böschungsfuß des Fließgewässers strömungsbrechende Elemente wie z.B. Gesteinblöcke, Betonelemente oder Pfähle so zu verankern, dass diese auch dem Aspekt des Hochwasserschutzes gerecht würden (*siehe Abb. 60*).

In Kombination zu den strömungsbrechenden Elementen könnten kleinere Aufweitungen des Querschnitts innerhalb des bestehenden Hochwasserschutz-Dammes vorgenommen werden. Die Maßnahmen sollten so positioniert werden, dass alle 0,1 bis 0,3 km ein strömungsberuhigter Bereich entstände.

Im Untersuchungsgebiet befindet sich an der schwarzen Lütschine bei Burglauenen ein 5 Meter hohes Stauwehr, das als Wanderhindernis für die Seeforelle wirksam ist. Der Gewässerabschnitt, der durch das Querbauwerk für die Seeforellen nicht erreicht werden kann und als potentielles Laichhabitat zur Verfügung stehen könnte, hat nach SWISSTOPO (2005) eine Länge von 6,5 km. Die ungehinderte Durchwanderbarkeit dieses Wanderhindernisses sollte sowohl für die stromaufwärts- als auch für die stromabwärts gerichtete Passierbarkeit der Seeforelle höchste Priorität haben. Da sich das Querbauwerk im Siedlungsgebiet von Burglauenen befindet, ist die Realisierbarkeit eines naturnahen Umgehungsgerinnes als eher unwahrscheinlich einzustufen. Anbieten würde sich der Bau eines technischen Fischpasses wie z.B. eines Schlitzpasses (Vertical Slot), wie er bereits an der Weissen Lütschine

bei Sandweidli errichtet wurde und dessen Funktionsfähigkeit nachgewiesen ist (*Kapitel 4.3.1*) (ROTH 2010 mdl.). Technische Fischpässe lassen sich individuell und auch bei geringem Platzangebot errichten. Bei einer Vernetzung der Habitate muss sogleich auch die abwärtsgeschichtete Passierbarkeit Berücksichtigung finden. Als problematisch gelten die Einläufe von Triebwasserstollen, da hier ein Großteil des Abflusses zur Stromproduktion abgeleitet wird und die abwandernden Fische in die betrieblichen Anlagen gelangen können, was die Mortalität zur Folge hätte. Abwandernde Fische lassen sich in der Regel mit der Hauptströmung verdriften. Die Abwandertiefe bei Salmoniden liegt bevorzugt im oberflächennahen Bereich (DWA 2006). Nach DWA (2006) gibt es hier eine Reihe von Fischschutzmaßnahmen, insbesondere mechanische Barrieren in Form von Rechen, Lochblechen, Gittern oder Sieben, die dem Einlaufbauwerk vorgeschaltet werden und das Eindringen von Fischen im Sinne eines Filters verhindern. Empfehlenswert wäre z.B. der Einbau eines Wedge-Wire-Screen. Bei diesem Rechen ist die Dimensionierung der Stäbe und der lichte Abstand zwischen diesen im Vergleich zu konventionellen Rechen sehr klein. Bei diesem Rechentyp ließen sich auch sehr geringe, lichte Stababstände bis ungefähr 1,0 mm realisieren, wodurch selbst die Fischbrut größtenteils abgewiesen werden könnte.

Neben der Hasliaare und der Schwarzen Lütschine bestehen noch am Alp-, Reichen- und Hausenbach Defizite bezüglich eines uneingeschränkten Aufstiegs der Seeforelle. Alp- und Reichenbach weisen noch zusätzliche Defizite durch einen erheblichen Verbauungsgrad auf. Um Habitate nachhaltig nicht nur hinsichtlich der Erreichbarkeit für die Seeforelle zu schaffen, wäre eine Revitalisierung der entsprechenden Gewässerabschnitte essentiell, d.h. eine Beseitigung der bestehenden Laufverkürzung und eine Aufhebung des Verbauungsgrads wären sinnvoll. Da der Alpbach im stark bebauten Siedungsgebiet von Meiringen verläuft, ist diese Maßnahme aus Kosten und Nutzengründen als nicht empfehlenswert einzustufen (*siehe Abb. 62*).



Abb. 62: Der Alpbach im stark verbauten Siedlungsgebiet (2010)



Abb. 63: Die landwirtschaftliche Fläche am Reichenbach (2010)

Nach ZYBACH (2010 mdl.) wurde diese landwirtschaftliche Fläche früher unter anderem als Deponie genutzt. Inwieweit eine Kontaminierung der Fläche vorliegt, müsste im Zuge einer weiteren Planung abgeklärt werden.

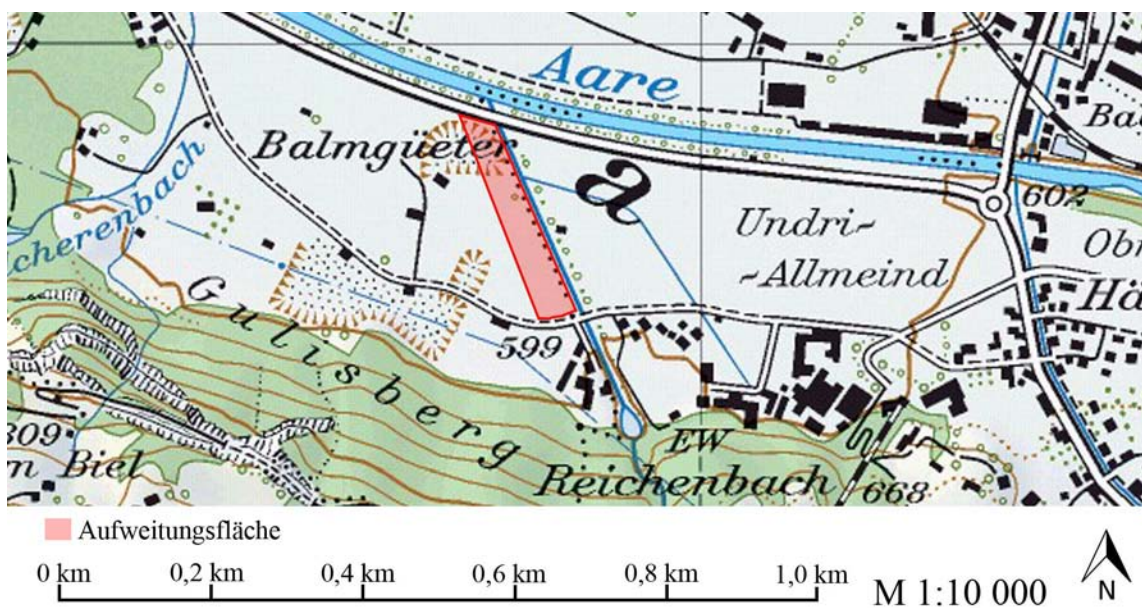


Abb. 64: Die potentielle Aufweitungsfläche am Reichenbach (SWISSTOPO 2005, verändert)

Die obersten 0,6 km des Hausenbachs sind durch die Seeforellen derzeit nicht erreichbar, da durch zwei Geschiebesammler und deren Querbauwerke ein Aufsteigen verhindert wird. Es ist empfehlenswert, von einer Vernetzung der Gewässerabschnitte abzusehen, da in diesen Bereichen regelmäßige Kiesentnahmen stattfinden und eine Schaffung der Durchgängigkeit zu großen Zielkonflikten führen würde.

8.1.3 Aufwertung der Laichhabitats

Eine Aufwertung der Laichhabitats sollte vor allem am Gadmerwasser, Hausenbach, Aarekanal und Saxetbach erfolgen. Eine Aufwertung der Laichhabitats am Reichenbach würde eintreten, sofern die in Kapitel 8.2 beschriebene Laufverlängerung realisiert würde. Am Gadmerwasser sowie auch am Saxetbach im Siedlungsbereich von Wilderswil könnte durch das Einbringen von Gesteinsblöcken eine Verbesserung der Substratbeschaffenheit erfolgen. Derzeit ist das Substrat vor allem am Gadmerwasser zu grobkörnig und entspricht nur bedingt der nach CAVIEZEL (2006) beschriebenen Substratstruktur, die eine Korngröße von 2-10 cm aufweisen sollte. Außerdem könnte durch diese Maßnahme auch die Strömungsdiversität und die Wassertiefe erhöht werden, da die nach RUHLÉ et al. (2005) angegebene, bevorzugte Strömungsgeschwindigkeit der Laichhabitats von 25 bis 100 cm/s, wie auch die von CAVIEZEL (2006) beschriebene durchschnittliche Wassertiefe der Laichgruben von 32,2 cm nur knapp erreicht wird. Die Gesteinsblöcke sollten in mehreren Metern Abstand willkürlich auf der Gewässersohle verteilt werden. Eine Berücksichtigung der Hochwassersituation hätte zu erfolgen. Neben einer morphologischen Aufwertung sollte am Gadmerwasser ebenfalls eine Erhöhung der Restwassermenge erfolgen (*siehe Kapitel 8.4*).

Am Aarekanal und auch am Hausenbach liegt ein Defizit der Substratbeschaffenheit vor. Beide Fließgewässer weisen die nach CAVIEZEL (2006) beschriebene Substratstruktur auf und dennoch ist das Substrat nur bedingt als Laichhabitat geeignet, da eine starke Kolmation vorliegt. Nach BUCHER (2001) kann die Kolmation der Gewässersohle die Entwicklung der Seeforelleneier durch eine schlechte Sauerstoffversorgung erheblich einschränken. Um eine Verbesserung der Substrateigenschaften zu erzielen, sollte eine natürliche Geschiebedynamik wieder hergestellt werden, da sich nach SCHÄCHLI (2002) bei regelmäßigem Geschiebetransport keine ausgeprägte innere Kolmation entwickeln kann. Derzeit findet bei beiden Fließgewässern keine Dotation mit Geschiebe aus dem Einzugsgebiet statt, da diverse Geschiebesammler wirksam sind (*siehe Kapitel 4.1.8 & Kapitel 4.2*). Aus Hochwasserschutzgründen ist von einer Aufhebung der Geschiebesammler abzuraten, da diese stark ver- und bebaute Siedlungsflächen und Militäranlagen schützen. Der Aarekanal und auch der Hausenbach verlaufen über größere Strecken durch landwirtschaftliches Grünland. Lediglich meist landwirtschaftlich genutzte Straßen grenzen an die Fließgewässer an. Durch großzügige Revitalisierungen bzw. Aufweitungen des Fließgewässer-

querschnitts und das Ermöglichen von dynamischen Umlagerungsprozessen des Geschiebes würde sich die derzeitige Kolmation aufheben und sogleich auch noch für die Entstehung von Jungfischhabitaten sorgen.

Am Hausenbach würde sich eine Aufweitung nach der Ortschaft Hausen auf einer Länge von ungefähr 1,0 km anbieten (siehe Abb. 65). Um mehr Raum für diese Maßnahme zur Verfügung zu haben, wäre eine Verlegung der Funtenenstraße als sinnvoll anzusehen (siehe Abb. 66). Sofern die Machbarkeit einer Verlegung der einspurigen, hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Straße nicht gegeben wäre, sollte eine Aufweitung auf der orographisch rechten Uferseite in Erwägung gezogen werden. Hier würde keinerlei bauliche Substanz tangiert werden.

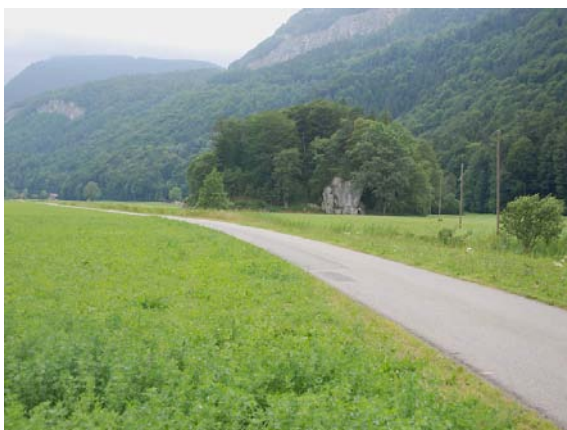
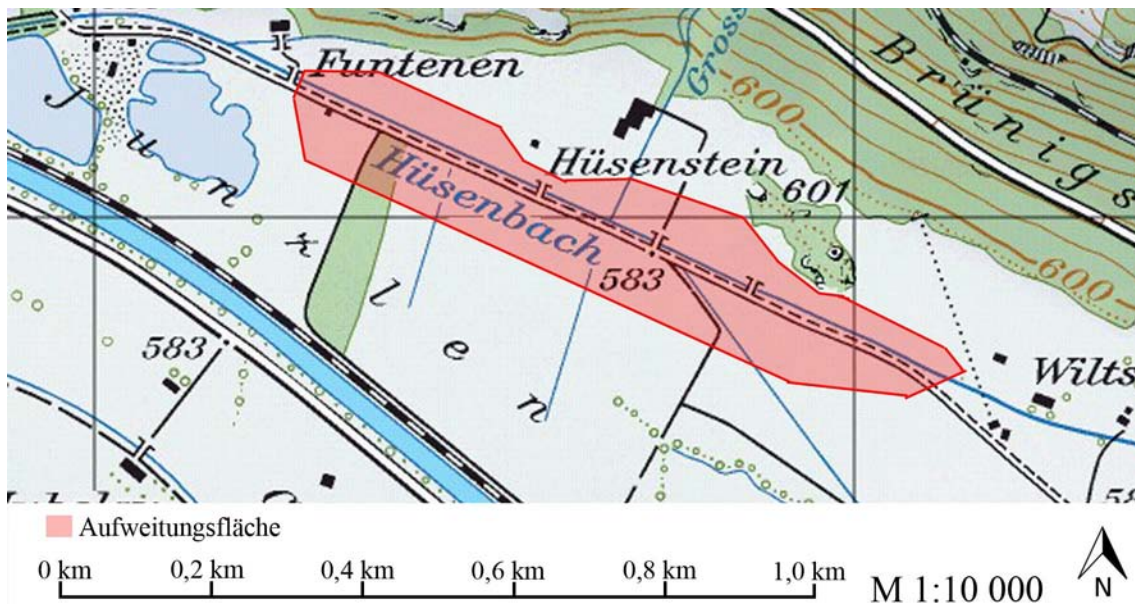


Abb. 66: Mögliche Aufweitungsfächen des Hausenbachs (2010)



Abb. 67: Mögliche Aufweitungsfächen des Aarekanals (2010)

Nach der Mündung des Hausenbachs in die Hasliaare befinden sich noch bestehende Auenstrukturen, die jedoch derzeit von Hochwasserabflüssen nicht angesprochen werden können. Eine Laufverlängerung des Hausenbachs von rund 0,27 km würde diese Auenstrukturen wieder vernetzen und sogleich neue Laichhabitate für die Seeforelle schaffen.

Der Aarekanal würde sich im Untersuchungsgebiet auf annähernd seinem gesamten Fließweg potentiell für Revitalisierungen bzw. Aufweitungen des Fließgewässerquerschnitts anbieten (siehe Abb. 67), insbesondere auf beiden Uferseiten auf einer Länge von ungefähr 2,5 km oberhalb des Autobahnzubringers (siehe Abb. 68). Ab etwa 0,48 km nach dem Beginn des Untersuchungsgebiets verläuft auf der orographisch linken Uferseite eine einspurige, hauptsächlich landwirtschaftlichen Zwecken dienende Straße. Ab ungefähr 0,66 km vor der Mündung des Aarekanals in den Brienersee wird diese Straße auf die orographisch rechte Seite geführt. Diese Straße könnte aus Platzgründen verlegt werden, zumindest auf dem Abschnitt, wo sie auf der orographisch linken Seite verläuft.

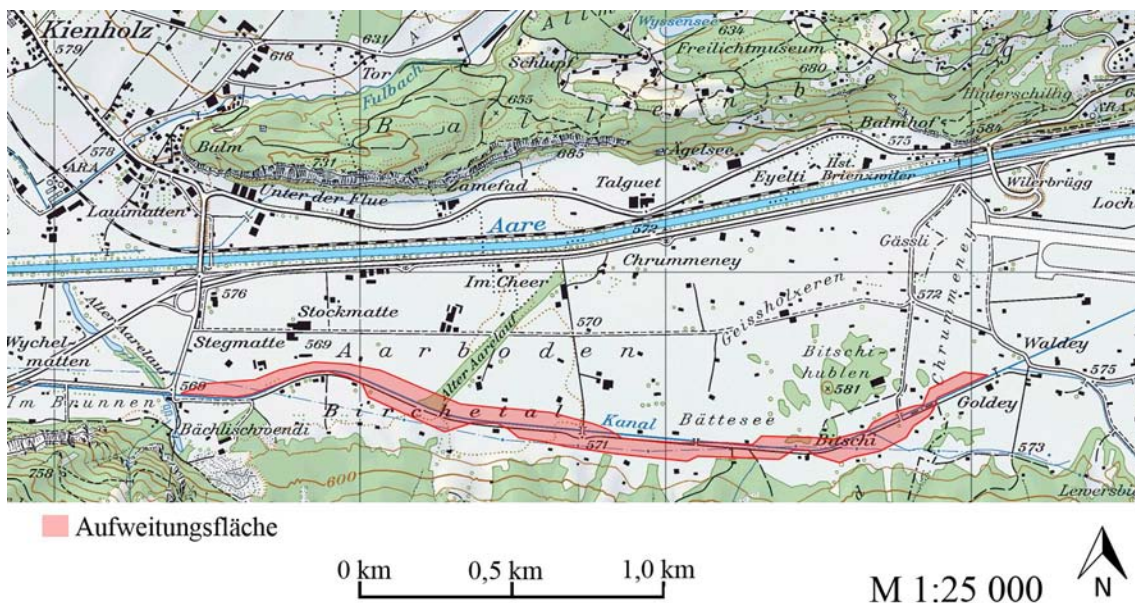


Abb. 68: Die potentielle Aufweitungsfläche am Aarekanal (SWISSTOPO 2005, verändert)

Einige landwirtschaftliche Gebäude befinden sich in Fließgewässernähe. Die Aufweitungen könnten hier jedoch so vorgenommen werden, dass keinerlei bauliche Substanz beeinträchtigt würde (siehe Abb. 68). Weitergehend sollte eine Abklärung erfolgen, inwieweit die kleineren landwirtschaftlichen Brücken, die der Bewirtschaftung des Grünlands dienen, derzeit noch benötigt werden und ob diese bei einer eventuellen Revitalisierung des Aarekanals beseitigt werden könnten oder in eine konkrete Planung mit einbezo-

gen werden müssten. Sofern sich die Maßnahmen für den Hausenbach und Aarekanal nicht realisieren lassen, so wäre zumindest eine gezielte Geschiebedotation unter Berücksichtigung der Hochwassersituation wünschenswert. Diese könnte auch in Kombination mit einer naturnahen Gestaltung der Böschung realisiert werden. Nach BOES (2009) könnte eine Geschiebedotation in Bezug auf das Volumen und die Abfolge auf das jeweilige Fließgewässer angepasst werden.

Der Wychelbach weist ebenfalls Mängel hinsichtlich des Vorhandenseins von Laichhabitaten auf. Die Substratfraktionen sind durch Sand und organische Ablagerungen geprägt. Diese Defizite haben jedoch natürlichen Ursprung durch die Gewässercharakteristik und sollten nicht auf künstliche Art und Weise in Bezug auf die Schaffung von Laichhabitaten verändert werden.

8.1.4 Aufwertung der Jungfischhabitate

Abschnittsweise Revitalisierungen bzw. Aufweitungen können die natürlichen, dynamischen Prozesse eines Fließgewässers zumindest teilweise wieder herstellen. Hierbei entstehen durch Umlagerungsprozesse des Geschiebes nicht nur Laichhabitate, sondern die hohe Habitatdiversität lässt in der Regel auch ideale Jungfischhabitate entstehen. Nach HEGGENES (1988) benötigen die juvenilen Forellen Habitate, deren Strömungsgeschwindigkeit bei 20-50 cm/s liegen sollte. In der Regel sind diese Lebensraumansprüche in ufernahen Bereichen vorzufinden. Die in den Kapiteln 8.1.2 und 8.1.3 vorgestellten Maßnahmen zur Verbesserung der Aufstiegsmöglichkeit und der Schaffung von Laichhabitaten an der Hasliaare, an Reichenbach, Hausenbach, Aarekanal und Saxetbach würden sogleich als kumulierender Effekt eine Aufwertung von Jungfischhabitaten bewirken. Neben den oben aufgeführten Fließgewässern weisen das Urbachwasser und die Lütschinnen noch Defizite in Bezug auf das Vorhandensein von Jungfischhabitaten auf. Hier könnten ebenfalls Revitalisierungen bzw. abschnittsweise Aufweitungen des Fließgewässerquerschnitts sowie die Schaffung einer naturnahen Ufervegetation zu dem erforderlichen Ergebnis führen. Bei allen vorgeschlagenen Maßnahmen wäre es als sinnvoll anzusehen, einen Nutzungsverzicht, zumindest der Uferböschung, zu erreichen, sodass sich durch Sukzession eine naturnahe Ufervegetation entwickeln könnte.

Am Urbachwasser würde sich anbieten, eine Revitalisierung bzw. Aufweitungen des Gewässerquerschnitts ab dem Ende der Schluchtpassage bis zur Mündung in die Hasliaare,

auf einer Länge von 0,6 km vorzunehmen (*siehe Abb. 69*). Das Fließgewässer verläuft in diesem Abschnitt durch vorrangig landwirtschaftlich genutztes Grünland (*siehe Abb. 70*). In der näheren Umgebung befinden sich verschiedene Häuser, die bei einer weiteren Planung jedoch so berücksichtigt werden könnten, dass diese nicht tangiert würden. Des Weiteren könnten in eine eventuelle Planung die beiden bestehenden Brücken so mit einbezogen werden, dass eine Verlegung nicht notwendig wäre.

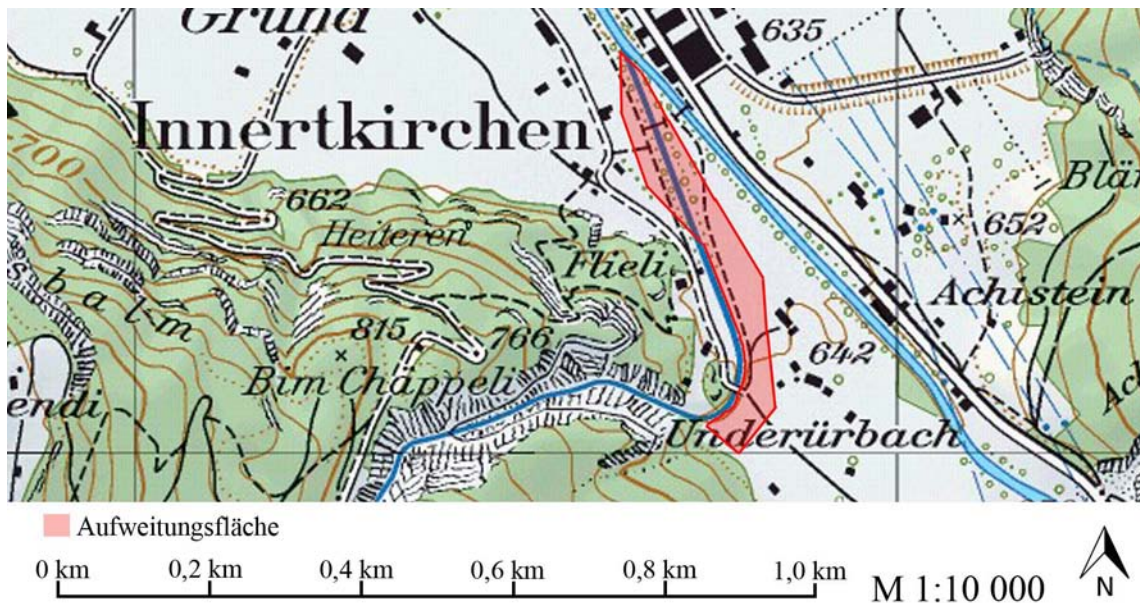


Abb. 69: Die potentielle Aufweitungsfläche am Urbachwasser (SWISSTOPO 2005, verändert)



Abb. 70: Mögliche Aufweitungsflächen am Urbachwasser (2010)



Abb. 71: Potenzielle Aufweitungsflächen an der Weissen Lutschine oberhalb von Lauterbrunnen (2010)

An der Weissen Lutschine zwischen Lengwald und Lauterbrunnen könnten auf einer Länge von 3,1 km abschnittsweise Aufweitungen des Gewässerquerschnitts vorgenommen werden (*siehe Abb. 72*). Hier verläuft die Weisse Lutschine durch landwirtschaftlich genutzte Grünflächen (*siehe Abb. 71*), teilweise liegen Gebäude der Landwirtschaft auf die-

sen Flächen. Die Aufwertungen könnten so erfolgen, dass die angrenzende bauliche Substanz nicht beseitigt werden müsste.

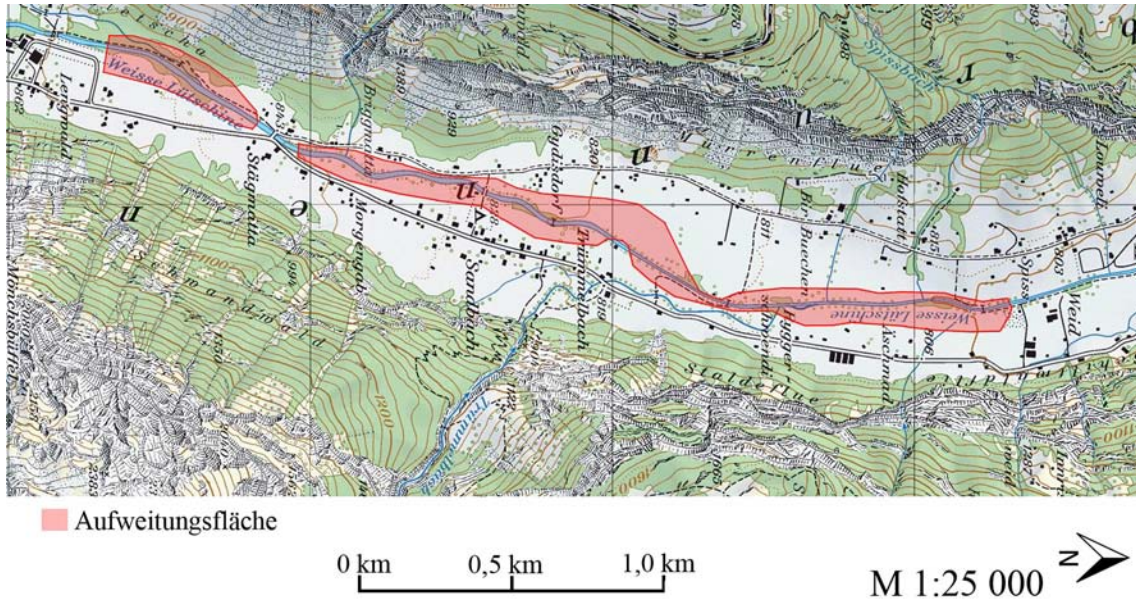


Abb. 72: Die potentielle Aufweitungsfläche unterhalb von Lengwald (SWISSTOPO 2005, verändert)

Darüber hinaus würde sich auf der orographisch rechten Uferseite der Weissen Lutschine oberhalb von Sandweidli eine Revitalisierung bzw. Aufweitung auf einer Länge von 0,24 km anbieten (siehe Abb. 73).

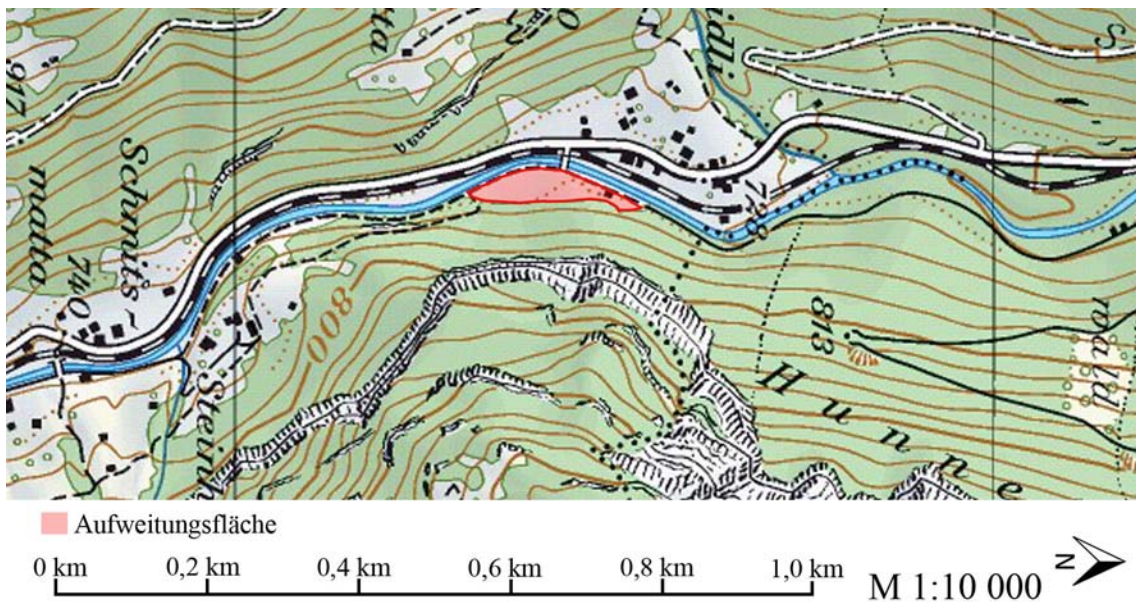


Abb. 73: Die potentielle Aufweitungsfläche oberhalb von Sandweidli (SWISSTOPO 2005, verändert)

Die potenzielle Fläche stellt landwirtschaftlich genutztes Grünland dar (siehe Abb. 74). Eine Verlegung und / oder Beseitigung des geschotterten Weges, der auf der Fläche ver-

läuft sowie die Fußgängerbrücke, die ungefähr auf der halben Länge der Fläche über die Weisse Lutschine führt, wäre bei einer weiteren Planung zu empfehlen.



Abb. 74: Mögliche Aufweitungsflächen an der Weissen Lutschine oberhalb von Sandweidli (2010)



Abb. 75: Mögliche Fläche an der Vereinigten Lutschine zwischen Gsteigwiler und Wilderswil (2010)

An der Vereinigten Lutschine wäre eine Revitalisierung bzw. Aufweitung des Gewässerquerschnitts zwischen Gsteigwiler und Wilderswil empfehlenswert (siehe Abb. 75). Die potenzielle Aufweitungssmaßnahme könnte auf beiden Uferseiten erfolgen, besonders würde sich jedoch auf der orographisch linken Seite, parallel der Grenchenstrasse auf einer Länge von maximal 0,7 km eine Aufweitung anbieten, da die vorgesehene Fläche lediglich einer landwirtschaftlichen Nutzung unterliegt (siehe Abb. 76).

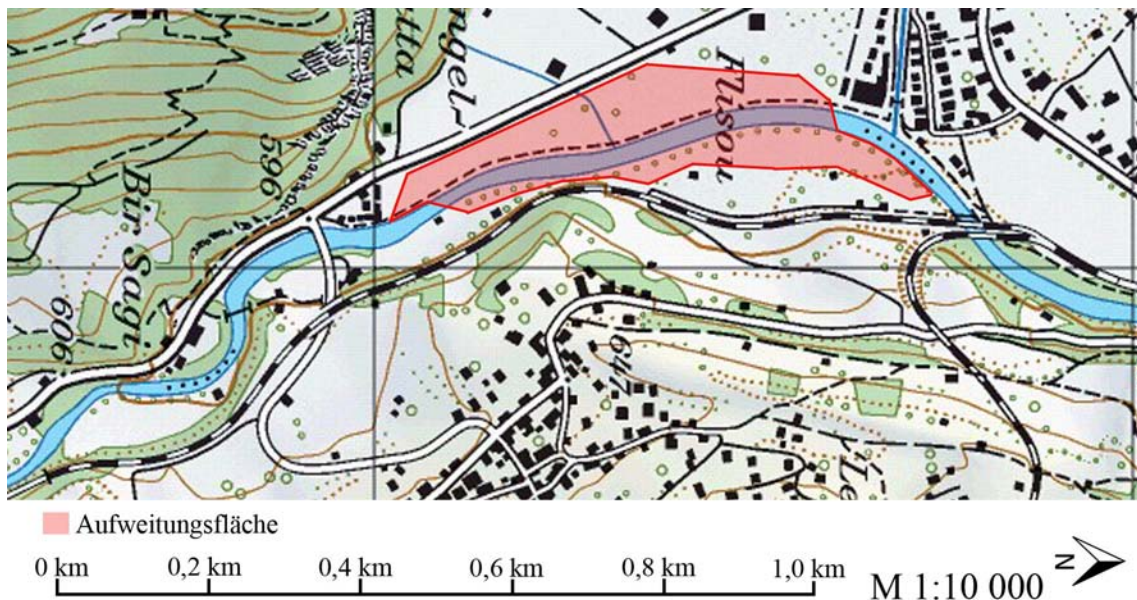


Abb. 76: Die potentielle Aufweitungsfläche oberhalb von Wilderswil (SWISSTOPO 2005, verändert)

Eine weitere Fläche, die eine Revitalisierung bzw. Aufweitung des Gewässerquerschnitts an der Vereinigten Lutschine ermöglichen würde, befindet sich zwischen den Ortschaften

Gsteig und Bönigen. Hier könnte die Aufwertung ab der Höhe der Aenderbergstrasse auf der orographisch rechten Uferseite auf einer Länge von ungefähr 1,0 km erfolgen (siehe Abb. 77 & Abb. 78).



Abb. 77: Potenzielle Aufweitungsflächen an der Vereinigten Lütschine zwischen Gsteig und Bönigen (2010)



Abb. 78: Potenzielle Aufweitungsflächen an der Vereinigten Lütschine zwischen Gsteig und Bönigen (2010)

Es wäre empfehlenswert die angrenzende, einspurige aber geteerte Gsteigstrasse entsprechend der Aufweitung zu verlegen. Außerdem wäre von einer potenziellen Aufweitung ein Gebäude betroffen, dass sich ungefähr in der Mitte der Fläche, angrenzend an die Vereinigte Lütschine, befindet. Hier könnten evtl. die Aufweitemaßnahmen so vorgenommen werden, dass die bauliche Substanz nicht beeinträchtigt werden würde (siehe Abb. 79).

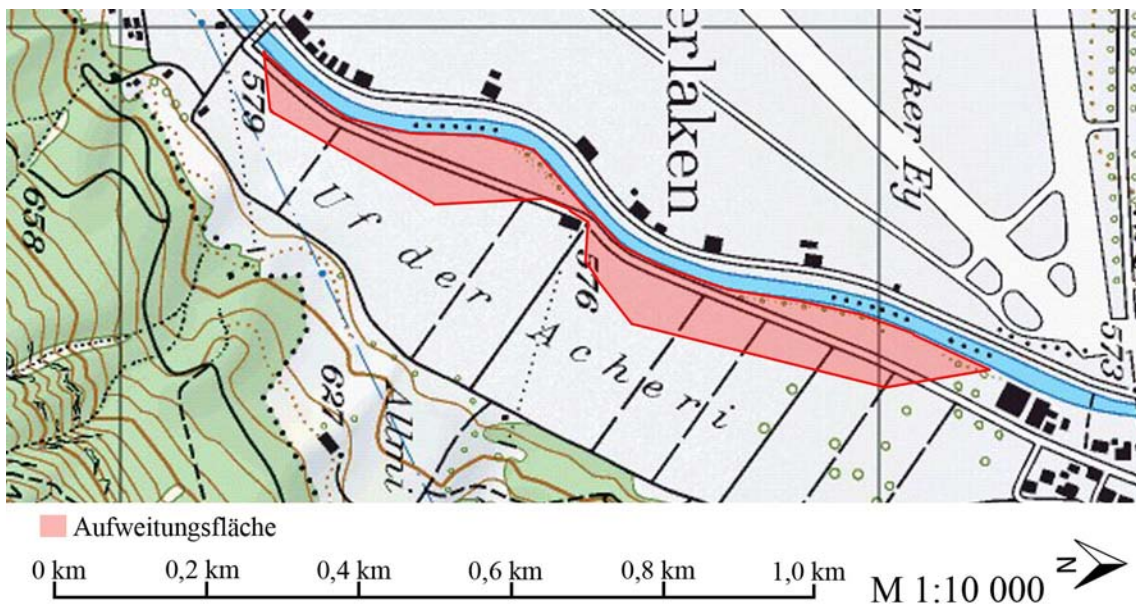


Abb. 79: Die potentielle Aufweitungsfläche oberhalb von Bönigen (SWISSTOPO 2005, verändert)

An der Schwarzen Lütschine würde sich oberhalb von Burglauenen, sofern die auf- und abwärtsgerichtete Durchgängigkeit der Seeforellen für das bestehende Querbauwerk gewährleistet ist, eine Fläche zur Revitalisierung bzw. Aufweitung des Querschnitts auf einer Länge von ungefähr 1,0 km anbieten (*siehe Abb. 80*). Die Aufweittingsmaßnahme könnte auf beiden Uferseiten erfolgen. Die Flächen, welche potenziell für eine Aufweitung zur Verfügung stehen könnten, unterliegen einer landwirtschaftlichen Nutzung.

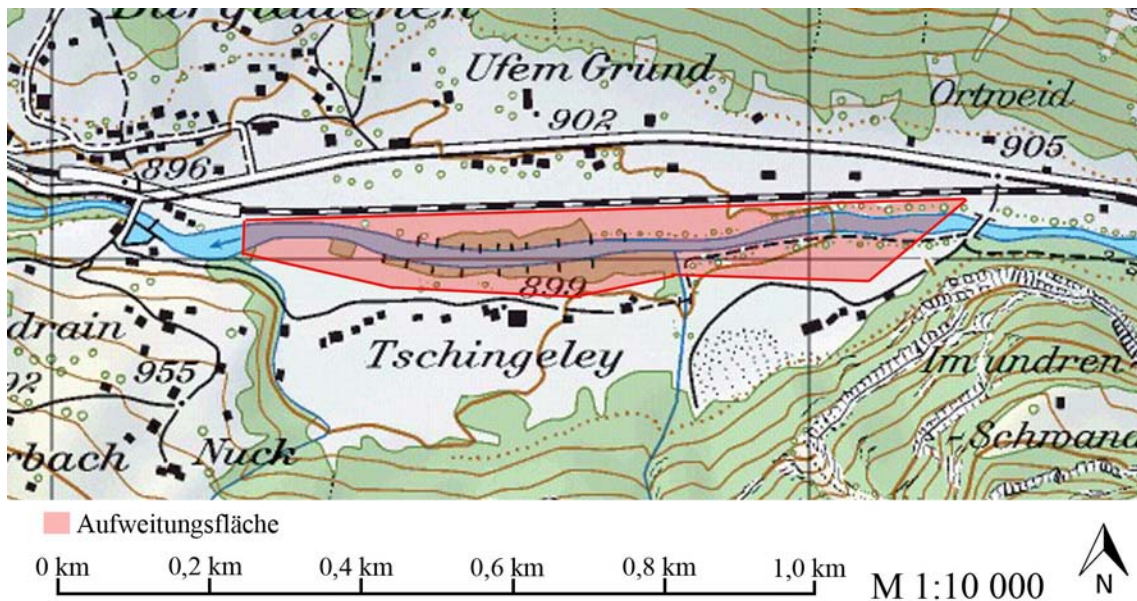


Abb. 80: Die potentielle Aufweittingsfläche oberhalb Burglauenen (SWISSTOPO 2005, verändert)

Auf der orographisch rechten Uferseite ist die Aufweitung in der Breite jedoch dahingehend eingeschränkt, da in ungefähr bis zu 30 m Entfernung eine Bahntrasse verläuft (*siehe Abb. 81*). Eine Verlegung dieser wäre aus Kosten und Nutzenaspekten als nicht sinnvoll anzusehen.



Abb. 81: Potenzielle Fläche an der Schwarzen Lütschine oberhalb von Burglauenen (2010)



Abb. 82: Mögliche Aufweittingsflächen an der Schwarzen Lütschine bei Lüttschinental (2010)

Eine weitere mögliche Fläche, die sich zur Revitalisierung bzw. Aufweitung des Gewässerquerschnitts an der Schwarzen Lutschine anbieten würde, befindet sich unterhalb der Ortschaft Lüttschinental (siehe Abb. 82). Hier könnte auf einer Länge von ungefähr 1,3 km auf beiden Uferseiten eine Aufwertung erfolgen. Die vorgeschlagene Fläche unterliegt einer landwirtschaftlichen Nutzung. Teilweise befinden sich in der Fläche, die sich für eine Aufweitung eignen würde, vereinzelt landwirtschaftliche Gebäude, die bei einer potenziellen Planung so berücksichtigt werden könnten, dass diese nicht tangiert würden (siehe Abb. 83).

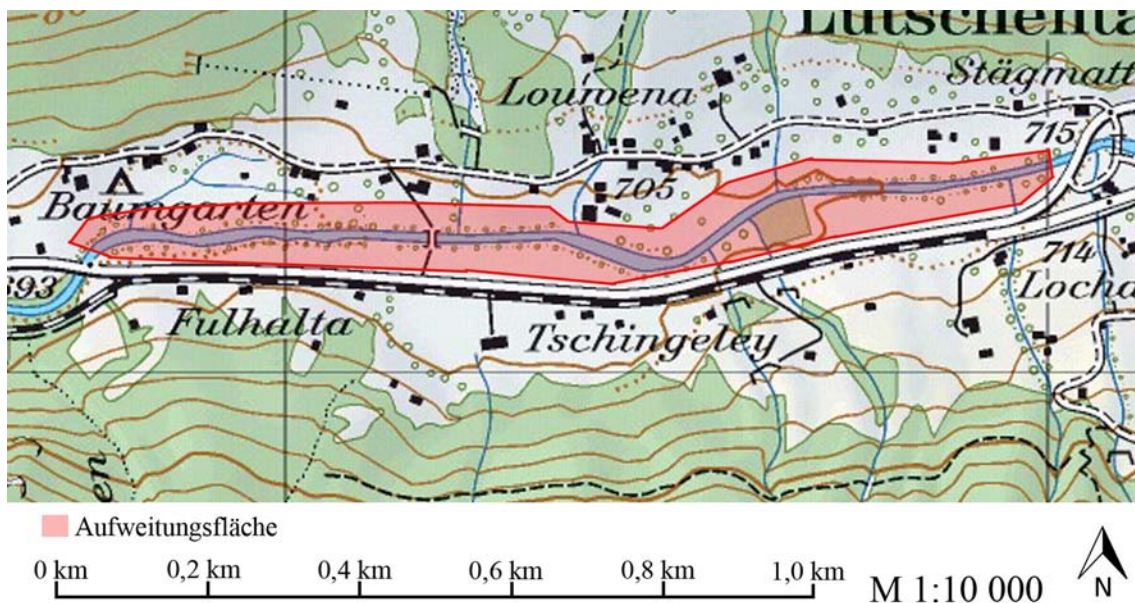


Abb. 83: Die potentielle Aufweitungsfläche unterhalb von Lüttschinental (SWISSTOPO 2005, verändert)

8.2 Optimierungsmöglichkeit der Gewässerunterhaltung

Nach LANAT (2010n) unterliegen technische Eingriffe im Fließgewässer der Bewilligungspflicht des Fischereiinspektorats.

Maßnahmen zur Gewässerunterhaltung, insbesondere Entnahmen von Kies aus dem Fließgewässer, sollten zukünftig auf ein Minimum reduziert werden. Ausbaggerungen der Gewässersohle wären sinnvoll nur dann auszuführen, wenn diese aus Hochwasserschutzgründen unumgänglich sind. Von umfänglichen Präventionsmaßnahmen sollte in der Zukunft abgesehen werden bzw. sie sollten nur dann vorgenommen werden, wenn auch wirklich ein Hochwasserrisiko absehbar ist. Mit Ausnahme, wenn eine Gefahr hinsichtlich der Aspekte des Hochwasserschutzes im Vollzug ist, sollten jegliche bauliche Maßnahmen, die unumgänglich sind, so geplant und durchgeführt werden, dass weitere

Schäden durch Baumaschinen auf ein Minimum reduziert werden. Von Maßnahmen in dem Zeitraum zwischen November bis April sollte gänzlich abgesehen und keine Bewilligung mehr erteilt werden, da hier nicht nur potentielle Laichhabitats zerstört werden könnten, sondern da es hier auch zu einer unmittelbaren Schädigung der Seeforelleneier kommen kann.

8.3 Vorschläge für das Fischereimanagement

In der heutigen Zeit muss hinterfragt werden, inwieweit die Berufsfischerei, d.h. die kommerzielle Nutzung des Fischbestandes an einem oligotrophen Gewässer, noch zeitgemäß ist. Die Fangerträge sind seit Mitte der 70iger Jahre auf weniger als 1/10 gesunken und rentable Fänge sind normalerweise nur mit erheblichem Mehraufwand zu erreichen. Hingegen kann angenommen werden, dass es bei der Netzfischerei auf Felchen nach ROTH (2010 mdl.) zu großen Beifängen an juvenilen Seeforellen kommt und dies somit unbeabsichtigt zu hohen Verlusten an Seeforellen führt. Eine Anpassung oder Vergrößerung der Maschenweite der Netze würde voraussichtlich die Mortalitätsrate der juvenilen Seeforellen senken, gleichzeitig aber würde sich eine solche Maßnahme aber auch negativ auf die Fangerträge der Felchen auswirken. Langfristig gesehen wäre die Abschaffung der Netzfischerei auf dem Brienersee eine Maßnahme, die den Schutz der juvenilen Seeforellen im See erheblich verbessern würde. Aus politischer Sicht wäre dies derzeit jedoch nur schwer zu realisieren, da laut ROTH (2010 mdl.) sozioökonomische Belange dieser Maßnahme entgegenstehen würden, weil z.B. Zweige der Gastronomie ebenfalls von der Berufsfischerei profitieren. Nach KÜNG (2010 mdl.) kann davon ausgegangen werden, dass sich die Berufsfischerei auf dem Brienersee infolge der sich voraussichtlich weiterhin verschlechternden Fangerträge im folgenden Jahrzehnt nicht mehr wirtschaftlich rentabel betreiben lässt. Würde die Berufsfischerei auf dem Brienersee aus wirtschaftlichen Aspekten eingestellt werden, so wäre seitens des Fischereiinspektorats die Möglichkeit gegeben, keine weiteren Berufsfischerbewilligungen mehr zu erteilen.

Der Schutz der juvenilen Seeforellen darf jedoch nicht nur auf den Brienersee beschränkt werden, vielmehr muss dieser auch in den Fließgewässern des Untersuchungsgebiets realisiert werden. Die Fließgewässer im Untersuchungsgebiet, mit Ausnahme des Wychel-, Falcheren- und Hausenbachs sowie des Gewässerabschnitts der Hasliaare in der Aareschlucht unterliegen größtenteils einem hohen Befischungsdruck. Der Zielfisch der

Angelfischer ist die Bachforelle, die sich die Habitate in den Fließgewässern mit den juvenilen Seeforellen teilt. Hierdurch kommt es auch zu einer unbeabsichtigten Befischung der jungen Seeforellen, die nach ROTH (2010 mdl.) zu einer nicht unerheblichen Mortalitätsrate führt. Die Angelfischerei in den Fließgewässern zu unterbinden, in denen auch Seeforellen vorkommen, wäre hingegen der falsche Ansatz. Vielmehr sollten die angewandten Fischereimethoden so optimiert werden, dass die Mortalitätsrate der als Beifang gefangenen Seeforellen beim Zurücksetzen auf ein noch verantwortbares Maß herabgesetzt werden kann. Wünschenswert wäre ein generelles Verbot der Verwendung von Naturködern in den Gewässern des Untersuchungsgebiets. Hierbei wäre dann nur der Gebrauch von Kunstködern gestattet, am besten nur mit Einzelhaken (und ohne Widerhaken, wie es bereits tierschutzrechtlich in der Schweiz umgesetzt wurde). Diese Maßnahme könnte nach SCHISLER & BERGERSEN (1996) die Mortalitätsrate infolge des Zurücksetzens auf annähernd 1/10 senken. Falls eine Beschränkung der Angelfischereimethoden auf ausschließlich Kunstköder seitens des Fischereimanagements politisch nicht durchsetzbar wäre, sollte zumindest im Untersuchungsgebiet bei der Angelfischerei mit Naturködern die Art und die Beschaffenheit des verwendeten Hakens vorgeschrieben werden. Die Wahl des Hakens kann nach REISS et al. (2010) ausschlaggebend für die Höhe der Mortalitätsrate bei der Angelfischerei mit Naturködern sein. Für alle Fließgewässer im Untersuchungsgebiet, die einer Befischung unterliegen, sollten Kreishaken, sogenannte „circle hooks“ Verwendung finden, die ein Haken in der Speiseröhre des Fisches verhindern. Des Weiteren wäre es vorteilhaft nur noch Haken größer als Hakengröße 3 zuzulassen, wie es bereits an den Fließgewässern, die vom Fischereiverein Oberhasli bewirtschaftet werden, erfolgreich durchgeführt wird.

Ein umfangreicher Schutz der adulten, sich zur Reproduktion in den Fließgewässern befindlichen Seeforellen erfolgt bereits durch die vorgeschriebene Entnahmeregelung, die besagt, dass Forellen die ab dem 1. September bis zum Ende der Angelfischereisaison in der Hasliaare und den Lüttschinen gefangen werden, ab einer Länge von 45 cm zurückgesetzt werden müssen. Diese sehr sinnvolle Entnahmeregelung sollte auch auf die übrigen Fließgewässer im Untersuchungsgebiet, in denen Angelfischerei betrieben wird, ausgeweitet werden.

Sofern die natürliche Reproduktion nicht gewährleistet ist, ist der Besatz, der seitens des Fischereiinspektorats an einigen Fließgewässern im Untersuchungsgebiet vorgenommen wird (*siehe Kapitel 5.2.4*), sicherlich eine vernünftige, den Bestand unterstützende Maßnahme. Da jedoch die natürliche Reproduktion - unter anderem an der Hasliaare und am

Urbachwasser - als gegeben angenommen werden kann, muss diese Maßnahme als fraglich eingestuft werden. Die Laichtiere werden dort entnommen, wo sie eigentlich zum natürlichen Fortbestehen des Bestandes beitragen würden. Hier wäre es generell sinnvoll, die Laichfische im Fließgewässer zu belassen, die natürliche Selektion zuzulassen und auf deren natürliche Reproduktion zu setzen.

Noch wichtiger wäre es, die Einflussfaktoren, welche seitens der Berufs- und Angelfischerei zu einer Minderung späterer adulter Seeforellen führen, durch wie oben beschriebene Maßnahmen einzuschränken, als vermehrt auf Besatzmaßnahmen zu setzen, auch wenn diese aus autochthonem Besatzmaterial stammen.

Ein möglicher Ansatz wäre es, die Laichfische nur aus Fließgewässern zu entnehmen, in denen die natürliche Entwicklung der Seeforelleneier im Interstitial der Gewässersohle durch Kolmation eingeschränkt ist. Hierfür würden sich insbesondere der Hausenbach und der Aarekanal eignen.

Nach ZYBACH (2010 mdl.) dient der Wychelbach momentan als Aufzuchtsgewässer für die Seeforelle, d.h. junge Seeforellen werden als Brütlinge in den Wychelbach besetzt und im folgenden Jahr elektronisch abgefischt, um als Besatzmaterial für das Fischereinspektorat zu fungieren. Die juvenilen Seeforellen werden aber nicht im Wychelbach belassen, bis diese selbständig in den Brienzersee abwandern, sondern sie werden zum Stückpreis an das Fischereinspektorat verkauft, um dann in den in Tabelle 4 aufgeführten Fließgewässern besetzt zu werden (ROTH 2010 mdl.). Wenn eine Besatzmaßnahme erfolgt ist, sollten die juvenilen Seeforellen in dem entsprechenden Fließgewässer verbleiben können, bis sie selbständig abwandern.

Für alle Gewässer im Untersuchungsgebiet sind die Angel- und Berufsfischer, mit Ausnahme der Freiangelei und den Tagespatent-Fischern des Fischereivereins Oberhasli, verpflichtet, eine Fangstatistik zu führen (LANAT 2010p & ZUMBRUNN 2010 mdl.). In der Fangstatistik der Angelfischer sind Angaben über die behändigte Fischart, deren Stückzahl und das Datum des Fangtages einzutragen. Die Berufsfischerei ist des Weiteren dazu angehalten die Gewichtsangaben pro Individuum zu dokumentieren. Längenangaben des entsprechenden Fisches werden jedoch leider nicht erhoben (KÜNG 2010 mdl.). Um die Bewirtschaftung und das Fischereireglement den lokalen Begebenheiten nachhaltig anzupassen und zu optimieren, wäre es erforderlich die Fangstatistiken so zu erweitern, dass die Angelfischer angehalten werden, von jedem entnommenen Fisch die Längen und Gewichtsangaben sowie das Geschlecht, falls möglich, einzutragen.

8.4 Optimierungsmöglichkeit des Kraftwerkbetriebes

Seitens der KWO ist nach SCHWEIZER et al. (2008) ein Beruhigungsbecken geplant. Der Bau dieses Beckens ist bei Innertkirchen auf der orographisch rechten Seite zwischen dem Gadmerwasser und der Aareschlucht angedacht. Durch seine Lage ist das Becken in seinem Speichervolumen auf 22 000 m³ begrenzt, durch die Nutzung eines 1,5 km langen Unterwasserstollens könnten weitere 25 000 m³ genutzt werden. Die Verwirklichung dieses Beruhigungsbeckens könnte auch die Situation der Seeforelle, insbesondere in der vom Schwall- und Sunkbetrieb geprägten Hasliaare und auch im Gadmerwasser, deutlich verbessern. Im Hinblick darauf, dass durch den Bau des Beruhigungsbeckens die Einleitung des turbinieren Wassers nicht mehr dem Gadmerwasser zugeführt würde, sondern in das Becken und anschließend in die Hasliaare, könnte die eingeschränkte Auffindbarkeit des Gadmerwassers für die Seeforellen beseitigt werden. Die eigentliche Aufgabe dieses Beckens gilt jedoch der Verringerung der negativen Auswirkungen von Schwall- und Sunk. Durch eine intelligente Steuerung können die künstlichen Pegelschwankungen der Hasliaare deutlich verringert werden, was auch den im Aufstieg befindlichen Seeforellen zugute kommen würde.

Neben der Verbesserung der derzeitigen Situation an der vom Schwall- und Sunkbetrieb geprägten Aare sollte vor allem an allen Restwasserstrecken im Untersuchungsgebiet eine ganzjährige Wasserführung sichergestellt werden. Es darf unter keinen Umständen zu einem Trockenfallen der Gewässersohle kommen, da es hierdurch zu einem Totalausfall der Seeforelleneier und gegebenenfalls auch der Jungfische kommen kann. Eine umfangreiche Dotation der Restwasserstrecken fördert die natürlichen dynamischen Prozesse des Fließgewässers und wirkt sich zwangsläufig auf alle Lebensstadien der Seeforelle, insbesondere der Laichhabitate positiv aus. Durch ausreichende Restwassermengen kann in der Regel die nach RUHLÉ et al. (2005) angegebene bevorzugte Strömungsgeschwindigkeit über den Laichhabitaten von 25 bis 100 cm/s und die nach CAVIEZEL (2006) durchschnittliche Wassertiefe von 32,2 cm der Laichgruben sichergestellt werden. Begründet durch die Restwassermenge am Gadmerwasser und vor allem am Reichenbach liegt hinsichtlich der Seeforelle derzeit ein Defizit vor.

Um den Forderungen des Gewässerschutzgesetzes nachzukommen, wird bis spätestens Ende 2012 eine Restwassersanierung nach Art. 80 ff (GSchG) an den Fließgewässern, die durch die KWO beeinflusst sind, erfolgen. Im Untersuchungsgebiet werden durch diese

Restwassersanierung die Hasliaare, das Urbach,- und das Gadmerwasser aufgewertet werden. Hierzu soll das Gadmerwasser zukünftig ganzjährig ab der Fassung bei Hopflauen mit 250 l/s dotiert werden. Das Urbachwasser soll ab der Sekundärfassung Mattenalp in den Monaten Juli und August mit jeweils 50 l/s und in den Monaten September bis Juni mit 25 l/s dotiert werden. Ab der Fassung Handeck soll die Hasliaare zukünftig in den Monaten November bis April mit 100 l/s, in den Monaten Mai, September und Oktober mit 200 l/s und in dem Zeitraum von Juni bis August mit 300 l/s gespeist werden (KWO 2010).

Hierdurch würde nach SCHWEIZER (2010 mdl.) am Gadmerwasser wahrscheinlich eine Wassertiefe von 35 cm erreicht werden, was den Ansprüchen der Seeforelle an die durchschnittliche Wassertiefe der Laichgruben nach CAVIEZEL (2006) und Strömungsgeschwindigkeit bei den Laichhabitaten nach RUHLÉ et al. (2005) genügen sollte.

Sofern das Gadmerwasser auch zur Laichzeit, welche nach BAGLINIÈRE & MAISSE (1991) im Zeitraum zwischen Anfang Dezember und Anfang Januar liegt, mit 250 l/s mehr dotiert wird, würde diese Maßnahme die derzeitige Situation deutlich verbessern.

Für den Reichenbach sollte eine Restwassermenge von ganzjährig mindestens 300 l/s sichergestellt werden, insbesondere dann, wenn die in Kapitel 8.2 vorgeschlagene Laufverlängerung realisiert würde.

Für die Weisse und Vereinigt Lütschine sollte ein Nutzungsverzicht erreicht werden, der jegliche Nutzung durch Wasserkraft ausschließt.

9. Fazit und Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Maßnahmen sollen ein Fortbestehen der Seeforellen-Population des Brienersees gewährleisten. Mit Ausnahme der Verbesserungsvorschläge für das Fischereimanagement befinden sich alle weiteren Maßnahmen an den Fließgewässern, da hier auch die größten Einflussfaktoren auf die Seeforelle wirken. Ziel dieser Habitatoptimierung sollte das Erreichen einer stabilen, nachhaltigen Seeforellenpopulation im Brienersee sein, die sich durch die natürliche Reproduktion selbst vermehrt und erhält. Der Besatz mit Seeforellen, auch wenn dieser mit autochthonem Besatzmaterial erfolgt, sollte nur bestandsunterstützend durchgeführt und langfristig, wenn die wichtigsten Probleme in den Fließgewässern behoben sind, eingestellt werden. Hierzu muss sichergestellt werden, dass die Ansprüche an die Habitate der unterschiedlichen Lebensphasen für die Seeforelle erfüllt sind und Einflussfaktoren weitestgehend beseitigt werden. Neben den aufgezeigten Verbesserungsvorschlägen für den Kraftwerksbetrieb, die Gewässerunterhaltungsmaßnahmen und das Fischereimanagement beinhaltet diese Arbeit Habitatbewertungen, die das Auffinden und das Auf- und Absteigen der Seeforelle des jeweiligen Fließgewässers verbessern sollen. Der Fokus dieser Arbeit und der Maßnahmen liegt jedoch in der Schaffung und Verbesserung der Laich- und vor allem der Jungfischhabitate. Eine Verbesserung dieser wird ausschließlich durch die naturnahe Gestaltung der Gewässer und Ufer sowie die Wiederherstellung natürlicher Prozesse (z.B. natürliche Geschiebedynamik) erreicht. Dabei sind die Synergien mit dem Hochwasserschutz zu nutzen und die landwirtschaftlichen Konfliktpotenziale früh anzugehen (*siehe Kapitel 7.1*). Wichtig ist es, dass möglichst lange und vernetzte Gewässerabschnitte wieder hergestellt werden.

Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen zur Habitatoptimierung können als Ausgleichsmaßnahmen diverser Eingriffe in die Natur und Landschaft fungieren. Im Vorfeld einer konkreten Planung sollen seitens des Fischerei- oder Naturschutzinspektorats und des Hochwasserschutzes Gespräche mit den Landeigentümern gesucht werden um etwaige Probleme des Landerwerbs von vornherein zu erörtern und zu konkretisieren. Zusätzlich sind weitere wichtige Akteure zu berücksichtigen.

10. Literaturverzeichnis

- BAGLINIÈRE, J.-L. & G. MAISSE (1991): Biologie and ecology of the brown and sea trout.- Chichester: Springer.
- BOES, R. (2009) : Wasserbau.- Zürich: Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich.
- BOUILLE, R. (2003): La truite commune (*Salmo trutta* L.) dans la région du lac de Neuchatel; biologie et perspectives de gestion.- Lausanne: Université de Lausanne.
- BUCHER, R. (2001): Feinsedimente: Einträge in die Fliessgewässer und die Auswirkungen auf die Fische und andere aquatische Lebewesen. – fischnetz-info (8): 3-5.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (1994): Der Zustand der Seen in der Schweiz .- Schriftenreihe Umwelt Nr. 237: 97- 102.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2000): Wegleitung: Angemessene Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?.- Bern: BUWAL.
- CAVIEZEL, R. (2006): Reproduktion der Seeforelle im Vorderrhein, - Zürich: Eawag.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) (2005): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. – Hennef: DWA.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) (2006): Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna. – Hennef: DWA.
- ELLIOTT, J.M. (1994): Quantitative ecology an the brown trout. – New York: Oxford University Press.
- Fi (Fischereiinspektorat des Kantons Bern) (2008): Artenförderungskonzept: Fische und Krebse des Kantons Bern. – Münsingen: Fischereiinspektorat des Kantons Bern.
- GSA (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern) (2003): Ökomorphologie der Fliessgewässer im Kanton Bern. – Bern: GSA.

- HAAS, R. & A. PETER (2009): Lebensraum Hasliaare: Eine fischökologische Zustandserhebung zwischen Innertkirchen und Brienersee. – Kastanienbaum: Eawag.
- HEGGENES, J. (1988): Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) in riverine systems. - Nordic Journal of Freshwater Research (64): 74-90.
- HERZOG INGENIEURE (2006): Umweltverträglichkeitsbericht Aufwertung KW Innertkirchen 1, 2. Etappe. – Davos: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.
- HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA (2006a): Inventar der Wasserentnahmen – Teil 1: Gadmertal / Gental.- Grümlingen: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.
- HERZOG INGENIEURE & AQUATERRA (2006b): Inventar der Wasserentnahmen – Teil 2: Aaretal / Urbachtal.- Grümlingen: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.
- HEUSCHER, J. (1901): Thuner- und Briener-See: Ihre biologischen und Fischerei-Verhältnisse. – Pfäffikon: E. Zwingli.
- JUNGWIRTH, M., G. HAIDVOGL, O. MOOG, S. MUHAR & S. SCHMUTZ (2003): Angewandte Fischökologie an Fliessgewässern. – Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- KIRCHHOFER, A., M. BREITENSTEIN & R. MÜLLER (2006): Veränderungen im Ökosystem Brienersee: Beziehungsnetz Fische – Zooplankton. – Bern: Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA) des Kantons Bern.
- KIRCHHOFER, A. (1990): Limnologische und ichthyologische Untersuchungen im Brienersee unter besonderer Berücksichtigung der Differenzierung der sympatrischen Felchenpopulation.- Bern: Zoologisches Institut, Universität Bern.
- KWO (2010a): Restwassersanierung nach Art. 80 ff GSchG (Umsetzung ab 2010) – Gewässerökologische Massnahmen. – Innertkirchen: unveröff.
- LIMNEX (2004): Auswirkungen des Schwallbetriebes auf das ökosystem der Fliessgewässer: Grundlagen zur Beurteilung.- Zürich: Im Auftrag der WWF Schweiz.

- LIMNEX (2006): Auswirkungen des Projektes „KWO plus“.- Zürich: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.
- LIMNEX (2008): Restwasserführung der Hasliaare.- Zürich: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.
- LIMNEX (2009): Schwall/Sunk in der Hasliaare.- Zürich: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.
- MENDEZ, R. (2007): Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein. – Zürich: Eawag.
- MIRANI, A. (1764): Topographischer Plan und Projekt für die Korrektur des Aarelaufs. – Bern: Heimatmuseum Meiringen.
- NATURAQUA (1993): Trübung Brienzersee, Teilbericht Schwebstoffe.- Bern: Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern.
- RINGENBERG, F. (1996): En Adler steid uf yser Fahnen... Aus der Geschichte des Haslitals. – Meiringen: Einwohnergemeinde Meiringen.
- RUHLÉ, C., G. ACKERMANN, R. BERG, T. KINDLE, R. KISTLER, M. KLEIN, M. KONRAD, H. LÖFFLER, M. MICHEL & B. WAGNER (2005): Die Seeforelle im Bodensee und seinen Zuflüssen: Biologie und Management.- Österreichs Fischerei 58: 230- 262.
- SCHÄLCHLI, ABEGGER + HUNZINGER (2005): Geschiebe- und Schwebstoffproblematik in Schweizer Fließgewässern. – Zürich: Schächli Abegg + Hunzinger.
- SCHÄLCHLI, U. (2002): Innere Kolmation: Methoden zur Erkennung und Bewertung.- Zürich: Schächli Abegg + Hunzinger & EAWAG.
- SCHULZ, U. (1995): Untersuchungen zur Ökologie der Seeforelle (*Salmo trutta f. lacustris*) im Bodensee. – Konstanz: Hartung-Gorre Verlag.
- SCHWEIZER, S., J. NEUNER, M. URSIN, P. TSCHOLL & M. MEYER (2008): Ein intelligent gesteuertes Beruhigungsbecken zur Reduktion von künstlichen Pegelschwankungen. – Wasser Energie Luft (3): 209-215.

- SCHWEIZER, S., H. NEUNER & N. HEUBERGER (2009): Bewertung von Schwall/Sunk – Herleitung eines ökologisch abgestützten Bewertungskonzepts. – Wasser Energie Luft 101 (3): 194-202.
- SIGMAPLAN (2008): Sanierung der Wasserentnahmen – Kraftwerke Oberhasli AG – KWO. – Bern: Wirtschaftsamt des Kantons Bern (WWA).
- SIGMAPLAN (2010): Mehrschutzmassnahmen als Grundlage für die Schutz- und Nutzungsplanung SNP KWO. – Bern: Im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG
- SWISSTOPO (2005): Swiss Map 25: 3 –Bern. – Wabern: Bundesamt für Landestopografie
- UHLMANN, V. & B. WEHRLI (2006): Wasserkraftnutzung und Restwasser: Standortbestimmungen zum Vollzug der Restwasservorschriften. – Kastanienbaum: Eawag.
- VISCHER, D. (2003): Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz.- Bern: Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG).
- VOGEL, U., A. KIRCHHOFER & M. BREITENSTEIN (2004): Restwassermengen – Was nützen sie dem Fliessgewässer?.- Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- ZEH, M. (2006): Brienersee: Ein Ökosystem unter der Lupe. – Bern: Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern.
- ALPEN ENERGIE (2010): Strom/ Anlagen, <<http://www.alpenenergie.ch/de/Information/Strom/Anlagen>>, abgerufen am 29.05.2010.
- BGF (Die Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft) (2008): Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über die Fischerei, <<http://www.admin.ch/ch/d/sr/9/923.0.de.pdf>>, abgerufen am 23.04.2010.
- EWB ENERGIE AG (2010): Geschichte, <http://www.ewb.ch/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=27>, abgerufen am 01.06.2010.

FLOTRON AG (2010): Renaturierung Balmglunte/ Falcherebach, <<http://partner.1to1energy.ch/meiringen/de/home/aktuelles.-Par-11242744007427-Pardownload-linklisteparsys-11254907850597DownloadRef.pdf/Renaturierung%20Zusammenfassung%20Jean-Pierre%20Sidler.pdf>>, abgerufen am 31.05.2010.

JUNGFRAUBAHNEN (2010): Denkmalgeschützte Bauten des Kraftwerks Lütschental, <http://www.jungfrau.ch/DesktopDefault.aspx/tabid-462/617read-2246/618_read-6961/>, abgerufen am 28.05.2010.

JUNGFRAU ZEITUNG (2008): Energie aus der Weissen Lütschine, <<http://www.jungfrauzeitung.ch/artikel/89472/>>, abgerufen am 27.05.2010.

KWO (2010b): Die KWO in Vergangenheit und Gegenwart, <<http://www.grimselstrom.ch/geschichte/geschichte-0/geschichte-der-kwo>>, abgerufen am 28.05.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010a): Angelfischerei, <<http://www.vol.be.ch/site/home/lanat/fischerei/fischerei-angelfischerei.htm>>, abgerufen am 26.04.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010b): Informationsblatt über die Angelfischerei im Briener-, Thuner-, und Bielersee, <http://www.vol.be.ch/site/berner_seen.pdf>, abgerufen am 26.04.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010c): Jahresbericht 2009, <http://www.vol.be.ch/site/jahresbericht_2009-4.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010d): Jahresbericht 2008, <http://www.vol.be.ch/site/jahresbericht_2008.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010e): Jahresbericht 2007, <http://www.vol.be.ch/site/jahresbericht_2007.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010f): Jahresbericht 2006, <http://www.vol.be.ch/site/fischerei-fangstatistiken-jahresbericht_2006.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.

LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010g): Jahresbericht 2006, <http://www.vol.be.ch/site/fischerei-fangstatistiken-jahresbericht_2006.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.

- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010h): Jahresbericht 2005, <http://www.vol.be.ch/site/fischerei-fangstatistiken-jahresbericht_2005.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010i): Jahresbericht 2004, <http://www.vol.be.ch/site/fischerei-fangstatistiken-jahresbericht_2004.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010j): Jahresbericht 2003, <http://www.vol.be.ch/site/fischerei-fangstatistiken-jahresbericht_2003.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010k): Jahresbericht 2002, <http://www.vol.be.ch/site/fischerei-fangstatistiken-jahresbericht_2002.pdf>, abgerufen am 30.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010l): Lütschinen, <<http://www.vol.be.ch/site/home/lanat/fischerei/fischerei-angelfischerei/fischerei-angelfischerei-gewaesser/fischerei-angelfischerei-gewaesser-luetschinen.htm>>, abgerufen am 28.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010m): Pachtgewässer, <<http://www.vol.be.ch/site/home/lanat/fischerei/fischerei-pachtgewaesser.htm>>, abgerufen am 27.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010n): Technische Eingriffe, <http://www.vol.be.ch/site/home/lanat/fischerei/fischerei-technische_eingriffe.htm>, abgerufen am 26.05.2010.
- LANAT (Amt für Landschaft & Natur) (2010p): Vorschriften, <<http://www.vol.be.ch/site/home/lanat/fischerei/fischerei-angelfischerei/fischerei-angelfischerei-vorschriften.htm>>, abgerufen am 26.05.2010.
- NUHFER, A. & G. ALEXANDER (1992): Hooking Mortality of Trophy-sized Wild Brook Trout Caught on Artificial Lures, <<http://www.70degreepledge.org/Nuhfer%20and%20Alexander%201992.pdf>>, abgerufen am 15.06.2010.
- REISS, P., M. REISS & J. REISS (2010): Catch and Release Fishing Effectiveness and Mortality, <http://michapter54.com/includes/custom_files/CRMortality.pdf>, abgerufen am 15.06.2010.

SCHISLER, G. & E. BERGERSEN (1996): Postrelease Hooking Mortality of Rainbow Trout Caught on Secented Artificial Baits, <<http://wildlife.state.co.us/NR/rdonlyres/831CD156-9083-4165-8BB1-B02665D0F278/0/Postreleasemortality.pdf>>, abgerufen am 15.06.2010.

IMMER, F. (2010 mdl.): ehemaliger Vizepräsident der Schwellenkooperation Meiringen.

KURT, C. (2010 mdl.): Mitglied der Pachtvereinigung Interlaken.

KÜNG, C. (2010 mdl.): Bereichsleiter der Fischereiwirtschaft, Fischereiinspektorat.

PETER, A. (2010 mdl.): Dr. Gewässerökologie, Fischspezialist (Eawag).

ROTH, H. (2010 mdl.): ehemaliger Fischereiaufseher und Kreisleiter des Aufsichtskreises 1.

SCHLÄPPI, R. (2010 mdl.): ehemaliger Präsident des Fischereivereins Oberhasli.

SCHWEIZER, S. (2010 mdl.): Dr. Naturwissenschaften, Fachspezialist der Kraftwerke Oberhasli AG.

ZUMBRUNN, K. (2010 mdl.): 1. Sekretär des Fischereivereins Oberhasli.

ZYBACH, H. (2010 mdl.): Präsident des Fischereivereins Oberhasli.

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	<i>Abgrenzung des Untersuchungsgebiets</i>	2
Abbildung 2:	<i>Die Reichenbachfälle im Talboden bei Meiringen – Ein natürliches Aufstiegshindernis</i>	3
Abbildung 3:	<i>Die Giessbachmündung in den Brienersee</i>	3
Abbildung 4:	<i>Adulte Seeforelle aus dem Einzugsgebiet des Brienersees</i>	7
Abbildung 5:	<i>Natürliche Reproduktion der Seeforellen im Urbachwasser</i>	7
Abbildung 6:	<i>Der Brienersee in Richtung Interlaken</i>	11
Abbildung 7:	<i>Die Bucht von Iseltwald</i>	11
Abbildung 8:	<i>Die Restwasserstrecke bei Innertkirchen</i>	15
Abbildung 9:	<i>Der Buhnen geprägte Abschnitt der Hasliaare</i>	15
Abbildung 10:	<i>Die Aareschlucht</i>	16
Abbildung 11:	<i>Die Kiesbankstrecke bei Meiringen</i>	16
Abbildung 12:	<i>Die kanalisierte Hasliaare</i>	17
Abbildung 13:	<i>Die Mündung der Hasliaare in Brienersee</i>	17
Abbildung 14:	<i>Hohe Habitatdiversität zeichnet die Restwasserstrecke aus</i>	17
Abbildung 15:	<i>Forellen-Brütling (Salmo trutta L.) in einem Nebengerinne der Hasliaare</i>	17
Abbildung 16:	<i>Das Urbachwasser am Anfang des Untersuchungsgebiets</i>	19
Abbildung 17:	<i>Das Urbachwasser im Talboden bei Innertkirchen</i>	19
Abbildung 18:	<i>Ausblick von den Abstürzen in Richtung Untersuchungsgebiet</i>	20
Abbildung 19:	<i>Die Abstürze, welche das Untersuchungsgebiet limitieren</i>	20
Abbildung 20:	<i>Das Gadmerwasser im Untersuchungsgebiet</i>	22
Abbildung 21:	<i>Die Wasserrückgabestelle des turbinierten Wassers</i>	22
Abbildung 22:	<i>Der Wychelbach oberhalb der Kantonsstrasse</i>	23
Abbildung 23:	<i>Der Wychelbach kurz vor der Mündung in die Hasliaare</i>	23
Abbildung 24:	<i>Der obere Abschnitt des Alpbachs</i>	24
Abbildung 25:	<i>Der Alpbach im Ortskern von Meiringen</i>	24
Abbildung 26:	<i>Der Reichenbach im Untersuchungsgebiet</i>	25
Abbildung 27:	<i>Die Gewässersohle ohne Benetzung von Wasser</i>	25
Abbildung 28:	<i>Der revitalisierte Abschnitt des Falcherebachs</i>	27
Abbildung 29:	<i>Der Falcherebach oberhalb der Ortsumgehungsstraße</i>	27
Abbildung 30:	<i>Auslauf aus dem zweiten Geschiebesammler</i>	28
Abbildung 31:	<i>Der Hausenbach zwischen den Geschiebesammlern</i>	28
Abbildung 32:	<i>Der Zusammenfluss des Hausenbachs mit der Funtenen-Quelle</i>	28
Abbildung 33:	<i>Der Hausenbach oberhalb der Mündung in die Hasliaare</i>	28
Abbildung 34:	<i>Der Aarekanal vor der Verrohrung unter dem Militärflugplatz</i>	30
Abbildung 35:	<i>Der untere Geschiebesammler des Oltschibachs</i>	30
Abbildung 36:	<i>Die Aufweitungen des Aarekanals</i>	30

Abbildung 37:	<i>Der Aarekanal bei der Mündung in den Brienersee</i>	30
Abbildung 38:	<i>Hohe Geschiebedynamik in der Weissen Lütschine</i>	32
Abbildung 39:	<i>Der Fischpass bei Sandweidli an der Weissen Lütschine</i>	32
Abbildung 40:	<i>Das Stauwehr bei Burglauenen an der Schwarzen Lütschine</i>	33
Abbildung 41:	<i>Laichhabitate oberhalb des Stauwehres, die für die Seeforelle nicht erreichbar sind</i>	33
Abbildung 42:	<i>Die Restwasserstrecke der Schwarzen Lütschine</i>	34
Abbildung 43:	<i>Laichhabitate in der Schwarzen Lütschine im Lütschinental</i>	34
Abbildung 44:	<i>Steilstrecke der Vereinigten Lütschine bei Gsteigwiler</i>	35
Abbildung 45:	<i>Die Vereinigt Lütschine unterhalb von Zweilütschinen</i>	35
Abbildung 46:	<i>Der obere Abschnitt des Saxetbachs im Untersuchungsgebiet</i>	37
Abbildung 47:	<i>Der Saxetbach in der Ortschaft von Wilderswil</i>	37
Abbildung 48:	<i>Blockwurf am Aarekanal</i>	39
Abbildung 49:	<i>Blocksatz am Reichenbach</i>	39
Abbildung 50:	<i>Angelfischerei auf dem Brienersee</i>	44
Abbildung 51:	<i>Seeforelle aus dem Brienersee gefangen durch einen Angelfischer</i>	44
Abbildung 52:	<i>Der Seeforellen-Laichfischfang in der Hasliaare</i>	49
Abbildung 53:	<i>Das Abstreifen der Seeforellen in der Brutanstalt in Meiringen</i>	49
Abbildung 54:	<i>Die Einleitungsstelle des turbinierten Wassers</i>	58
Abbildung 55:	<i>Das Gadmerwasser kann bei Schwallbetrieb keine ausreichende Lockströmung ausbilden</i>	58
Abbildung 56:	<i>Darstellung der Bewertungsmatrix</i>	63
Abbildung 57:	<i>Verstärkung der Lockströmung durch die systematische Anordnung von Gesteinsblöcken</i>	68
Abbildung 58:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche an der Hasliaare bei Meiringen</i>	70
Abbildung 59:	<i>Das landwirtschaftlich genutzte Grün- und Ackerland an der Hasliaare</i>	70
Abbildung 60:	<i>Gesteinsblock als Strömungsbrechendes Element</i>	70
Abbildung 61:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche vor der Mündung in den See</i>	71
Abbildung 62:	<i>Der Alpbach im stark verbauten Siedlungsgebiet</i>	73
Abbildung 63:	<i>Die lanwirtschaftliche Fläche am Reichenbach</i>	73
Abbildung 64:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche am Reichenbach</i>	73
Abbildung 65:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche am Hausenbach</i>	75
Abbildung 66:	<i>Mögliche Aufweitungsfächen des Hausenbachs</i>	75
Abbildung 67:	<i>Mögliche Aufweitungsfächen des Aarekanals</i>	75
Abbildung 68:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche am Aarekanal</i>	76
Abbildung 69:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche am Urbachwasser</i>	78
Abbildung 70:	<i>Mögliche Aufweitungsfächen am Urbachwasser</i>	78
Abbildung 71:	<i>Potenzielle Aufweitungsfächen an der Weissen Lütschine oberhalb von Lauterbrunnen</i>	78
Abbildung 72:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche unterhalb von Lengwald</i>	79

Abbildung 73:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche oberhalb von Sandweidli</i>	79
Abbildung 74:	<i>Mögliche Aufweitungsfächen an der Weissen Lütschine oberhalb von Sandweidli</i>	80
Abbildung 75:	<i>Mögliche Fläche an der Vereinigten Lütschine zwischen Gsteigwiler und Wilderswil</i>	80
Abbildung 76:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche oberhalb von Wilderswil</i>	80
Abbildung 77:	<i>Potenzielle Aufweitungsfächen an der Vereinigten Lütschine zwischen Gsteig und Bönigen</i>	81
Abbildung 78:	<i>Potenzielle Aufweitungsfächen an der Vereinigten Lütschine zwischen Gsteig und Bönigen</i>	81
Abbildung 79:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche oberhalb von Bönigen</i>	81
Abbildung 80:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche oberhalb Burglauenen</i>	82
Abbildung 81:	<i>Potenzielle Fläche an der Schwarzen Lütschine oberhalb von Burglauenen</i>	82
Abbildung 82:	<i>Mögliche Aufweitungsfächen an der Schwarzen Lütschine bei Lütschinental</i>	82
Abbildung 83:	<i>Die potentielle Aufweitungsfäche unterhalb von Lütschinental</i>	83

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	<i>Der Böschungs- und Sohlenverbau der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet</i>	40
Tabelle 2:	<i>Die Fangstatistik des Brienersees von 2001 bis 2009</i>	48
Tabelle 3:	<i>Der Seeforellen-Laichfischfang der Hasliaare von 2001 bis 2009</i>	50
Tabelle 4:	<i>Der Seeforellenbesatz im Untersuchungsgebiet</i>	51
Tabelle 5:	<i>Beurteilung der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet</i>	64

13. Anhang



Anhang 1: Die Hasliare im Unverbauten Zustand (MIRANI 1764)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, wurden als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Friedrichsdorf, den 18.08.2010

Matthias Meyer