

Kanton Bern

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion BVE
Justiz-, Gemeinde- und Kirchendirektion JGK
Volkswirtschaftsdirektion VOL



GEKOBE.2014

**Strategische Planungen 2011 - 2014
nach GSchG/GSchV**

**Strategische Planung
Schwall/Sunk**

Schlussbericht

Impressum

Titel

Gewässerentwicklungskonzept Bern - GEKOB.E.2014
Strategische Planungen nach GSchG/GschV

Strategische Planung Schwall/Sunkl
Schlussbericht

Ämter und Fachstellen

AWA Amt für Wasser und Abwasser, Kanton Bern

Judith Monney

Michael Reist

Autoren

David Tanno, Limnex AG

Stephanie Schmidlin, Limnex AG

Kurt Wächter, Limnex AG

Arthur Kirchhofer, Wasser Fisch Natur AG

Limnex AG, Neumarktplatz 18, 5200 Brugg

Wasser Fisch Natur AG, Winterfeldweg 49, 3018 Bern

Datum/Version

V1	28.08.2014	Entwurf Schlussbericht Limnex & WFN
V2	02.12.2014	Endversion Schlussbericht Limnex & WFN

Dokument

Schwall-Sunk_Schlussbericht_Kanton_BE.pdf

Produktübersicht

Die Projektdokumentation wird in einer Webseite zusammengestellt und über verschiedene Zugangswege erschlossen (Themen, Nutzergruppen).

Thema	Produkt	Autoren
Gewässerraum	Arbeitshilfe Gewässerraum	TP1, georegio
	Tool "Gerechnete natürliche Sohlenbreite"	TP1, Sigmaplan
	Merkblätter BE und CH	TP1, georegio
	Gewässerraum stehende Gewässer	TP1
	Projektgrundlagen	TP1
Revitalisierung	Schlussbericht BAFU	TP2a, Sigmaplan
	Karten Nutzen.80 und Priorität.20	TP2a, Sigmaplan
	Objektblätter	TP2a, Sigmaplan
	Kurzbericht Revitalisierung	TP2a, Sigmaplan
Fischwanderung	Schlussbericht BAFU	TP2b, Sigmaplan
	Exceltabelle und Objektblätter	TP2b, Sigmaplan
	Kartenübersicht	TP2b, Sigmaplan
	Kurzbericht Fischwanderung	TP2b, Sigmaplan
Schwall-Sunk	Schlussbericht BAFU	TP3, Limnex
Geschiebehaushalt	Schlussbericht BAFU	TP4, Flussbau
	Berichte Einzugsgebiete	TP4, Flussbau
	Objektblätter Anlagen	TP4, Flussbau
	Kartenübersicht	TP4, Flussbau
Sanierung Wasserkraft	Arbeitshilfe SanWK	PL, Sigmaplan
Gesamtübersicht	Broschüre	PL, naturaqua
	Webseite	PL, naturaqua
	Geodatensammlung, Anleitung	PL, Sigmaplan
	Einzugsgebiets-Übersichten Koordinationstabellen	PL, naturaqua Sigmaplan
	Grundlagensammlung	PL, naturaqua
	Kommunikationshilfsmittel	PL, naturaqua
	Projektdokumentation	PL, naturaqua

Zusammenfassung

Im Rahmen der ersten Phase der strategischen Planung im Bereich Schwall/Sunk wurden diejenigen Kraftwerke als sanierungspflichtig ausgeschieden, deren Schwall/Sunk-Verhältnis ($V_{S/S}$) gemäss Art. 41e GSchV mindestens 1.5 : 1 entspricht und welche die einheimischen Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume wesentlich beeinträchtigen (Art. 39a GSchG). Insgesamt wurden zu 23 Kraftwerken Abklärungen getroffen. 17 Kraftwerke konnten ohne weitere Untersuchungen als nicht sanierungspflichtig aus dem Verfahren ausgeschieden werden. Es handelte sich einerseits um Laufkraftwerke ohne Speichermöglichkeit und andererseits um Kraftwerke, die zwar Schwall/Sunk produzieren, deren Auswirkungen jedoch als vernachlässigbar betrachtet werden können (Notausgang). Bei 5 Kraftwerken wurde aufgrund von bestehenden Datengrundlagen und Datenerhebungen im Feld eine Sanierungspflicht nachgewiesen. Als Bewertungsgrundlage diente die Vollzugshilfe *Strategische Planung Schwall/Sunk* des BAFU (Baumann et al. 2012).

Als sanierungspflichtig eingestufte Kraftwerke:

- Innergsteig, BKW Energie AG
- Innertkirchen, Kraftwerke Oberhasli AG
- Isch, Elektrizitätswerk Grindelwald
- Alte Mühle, Reto Marti
- Schiffenen, Group E SA

Beim Kraftwerk Erlenbach (BKW Energie AG) werden noch juristische Abklärungen zur Konzession getroffen. Der Entscheid über die Sanierungspflicht wird deshalb verschoben.

Die Sanierungsmassnahmen richten sich gemäss Art. 39a Abs. 2 GSchG nach dem Grad der Beeinträchtigung, dem ökologischen Potenzial und der Verhältnismässigkeit des Aufwandes. Als schwalldämpfende Sanierungsmassnahmen kommen in erster Linie bauliche Varianten in Frage, wie zum Beispiel die Direktableitung des Schwalls in ein grösseres Gewässer oder den Bau eines Rückhaltevolumens. Betriebliche Massnahmen, wie zum Beispiel Erhöhung des Sunkabflusses oder langsames An- und Abstellen der Turbinen, sind nur auf Antrag des Betreibers möglich. Für jede bauliche Sanierungsvariante wurden die Kosten, der ökologische Nutzen sowie die Machbarkeit grob abgeschätzt.

Die Sanierungsmassnahmen für das KW Schiffenen wurden vom Kanton Fribourg erarbeitet. Beim KW Innertkirchen wurde der Sanierungsbedarf bereits im Jahr 2012 nachgewiesen. Ein Gradientenbecken zur Dämpfung der Pegeländerungsraten befindet sich bereits im Bau. Für die restlichen Kraftwerke werden in der zweiten Phase (ab 2015) vom Betreiber verschiedene Sanierungsvarianten untersucht und gegeneinander abgewogen.

Inhalt

1. Ausganglage und Zielsetzung	6
2. Vorhandene Datengrundlagen	7
3. Ausscheidungsverfahren von schwallerzeugenden Kraftwerkszetrallen	8
3.1. Kein Schwall/Sunk im Sinne des GSchG	9
3.2. Prüfung Schwall/Sunk-Verhältnis	13
3.2.1. Schwall/Sunk-Verhältnis < 1.5 : 1	13
3.2.2. Schwall/Sunk-Verhältnis > 1.5 : 1	13
3.3. Sonderfälle	22
4. Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung	23
4.1. Isch	23
4.1.1. Kraftwerksbetrieb	23
4.1.2. Bewertete Indikatoren	24
4.1.3. Zusammenfassung	31
4.2. Moosweid und Moosweid-TW	32
4.2.1. Kraftwerksbetrieb	32
4.2.2. Bewertete Indikatoren	33
4.2.3. Zusammenfassung	39
4.3. Alte Mühle	40
4.3.1. Kraftwerksbetrieb	40
4.3.2. Bewertete Indikatoren	41
4.3.3. Zusammenfassung	43
5. Definitiv sanierungspflichtige und nicht sanierungspflichtige Kraftwerke	44
5.1. Definitiv nicht sanierungspflichtige Kraftwerke	44
5.2. Definitiv sanierungspflichtige Kraftwerke	45
5.3. Sanierungspflicht noch nicht festgelegt	46
6. Ökologisches Potenzial und Grad der Beeinträchtigung	47
6.1. Ökologisches Potenzial	47
6.2. Grad der Beeinträchtigung	49
7. Sanierungsmassnahmen	51
7.1. Innergsteig	51
7.2. Isch	53
7.3. Alte Mühle	54
7.4. Innertkirchen	55
8. Koordination	56
9. Literaturverzeichnis	57
10. Anhang	59
10.1. Anhang A1	59
10.2. Anhang A2	61
10.3. Anhang A3	66
10.4. Anhang A4	68

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Seit dem 1.1.2011 ist das revidierte Gewässerschutzgesetz in Kraft. Neu wird in Art. 39a geregelt, dass schwallerzeugende Kraftwerksanlagen, welche eine wesentliche Beeinträchtigung im Gewässer verursachen, saniert werden müssen.

Im Rahmen der ersten Phase der von den Kantonen auszuführenden strategischen Planung im Bereich Schwall/Sunk, wurde vom Kanton Bern ein Zwischenbericht erstellt (Limnex & WFN 2013). Der Zwischenbericht wurde zuhänden des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) eingereicht und beurteilt. An einer bilateralen Besprechung zwischen dem BAFU und dem AWA am 22.10.13 wurde der Zwischenbericht detailliert besprochen und Fragen im Hinblick auf den Schlussbericht geklärt. Ebenfalls merkte das BAFU an, dass es nach der Studie von Pfaundler et al. (2012) noch 5 weitere potenziell schwallerzeugende Kraftwerke im Kanton Bern gibt, welche im Zwischenbericht nicht beurteilt wurden und für den Schlussbericht in die Planung aufgenommen werden sollten. Die Anmerkungen und Änderungsvorschläge des BAFU zu den Beurteilungen der Kraftwerke sind detailliert im Sitzungsprotokoll und der offiziellen Stellungnahme des BAFU aufgeführt.

Ausgehend vom Feedback des BAFU erhielten *Limnex AG* und *WFN – Wasser Fisch Natur* den Auftrag vom AWA noch detailliertere Untersuchungen bei einzelnen Kraftwerken durchzuführen und den Schlussbericht zur strategischen Planung im Bereich Schwall/Sunk gemäss Stellungnahme des BAFU zu erstellen. Der Zwischenbericht floss zu einem grossen Teil in den vorliegenden Schlussbericht ein und wurde durch neue Erkenntnisse ergänzt. Aus diesem Grund unterscheiden sich zum Beispiel auch die Werte des Schwall/Sunk-Verhältnisses bei einigen Kraftwerken vom Zwischenbericht und den Korrekturen im Besprechungs-Protokoll mit dem BAFU.

Das methodische Vorgehen orientiert sich am nachfolgend dargestellten Ablaufschema aus der Vollzugshilfe *Sanierung Schwall/Sunk - Strategische Planung* des BAFU (Abb. 1, Baumann et al. 2012):

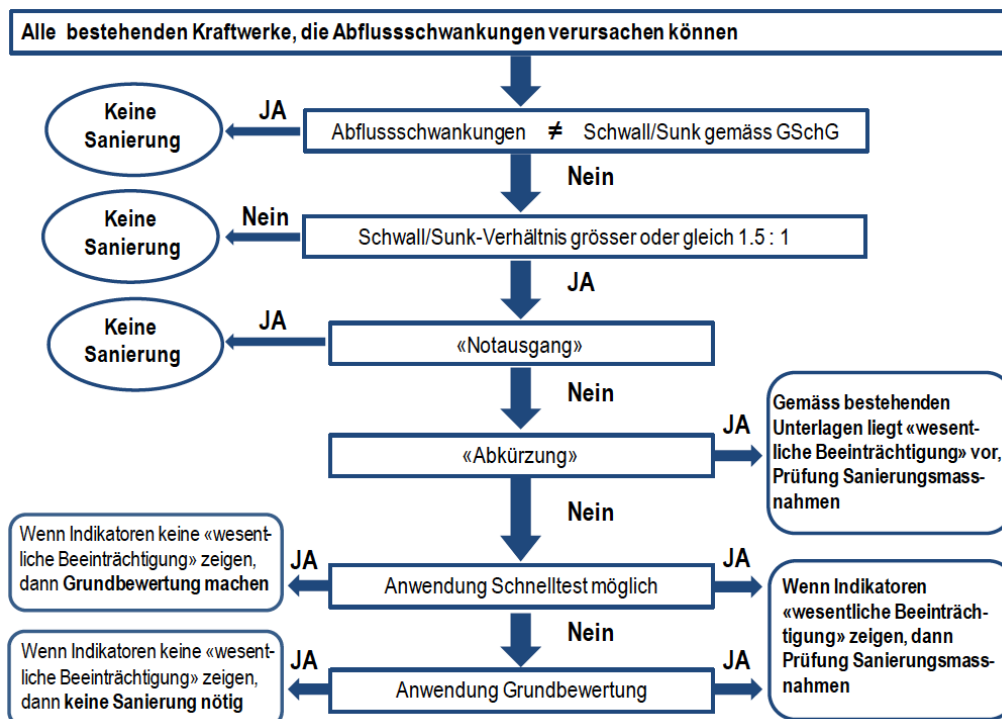


Abbildung 1: Übersicht über die Bestimmung der wesentlichen Beeinträchtigungen durch Schwall/Sunk im Rahmen der kantonalen Planung (übernommen aus Baumann et al. 2012, Abb. 4)

2. Vorhandene Datengrundlagen

Neben eigenen Felderhebungen wurden folgende Grundlagen für die Erstellung des Schlussberichts verwendet:

- Stammdaten des Kantons Bern zu den einzelnen Kraftwerken (Kennzahlen wie Ausbauwassermenge, Dotierpflicht u.a.)¹
- Konzessionsauszüge und Auszüge aus Fachberichten
- Daten aus der Wasserkraftstatistik (WASTA, Stand 1.1.2012)
- Restwasserkarte Schweiz (Kummer et al. 2007)
- Gespräche mit den Betreibern der einzelnen Kraftwerke
- Geoportal des Kantons Bern (www.be.ch/geoportal)
- Geoportal des Bundes (www.map.geo.admin.ch)
- Daten des CSCF (Centre Suisse de Cartographie de la Faune)
- Daten des Gewässer- und Bodenschutzlabors (GBL) zu Wasserqualität und Makrozoobenthos
- Daten des Fischereiinspektorats des Kantons Bern (Fischfang- und Besatzstatistik)
- Zwischenbericht zur strategischen Planung Schwall/Sunk (Limnex & WFN 2013)
- Sitzungsprotokoll und offizielle Stellungnahme des BAFU zum Zwischenbericht
- Begehungen vor Ort mit Fotodokumentation

¹ Bei einzelnen Werken wurden nach Absprache mit den Werkverantwortlichen die Zahlen der aktuellen Situation angepasst (z. B. KW Kallnach).

3. Ausscheidungsverfahren von schwallerzeugenden Kraftwerkszentralen

Das AWA und das Fischereiinspektorat (FI) des Kantons Bern erstellten eine Liste mit 18 Kraftwerken die möglicherweise Abflussschwankungen verursachen können. Auf Anregung des BAFO kamen für den Schlussbericht noch 5 weitere Anlagen dazu (Tab. 1). Dabei wurden zum Teil auch Kraftwerke berücksichtigt, deren Abflussschwankungen nach dem GSchG nicht als Schwall/Sunk-Phänomen gelten. Sie wurden von der weiteren Untersuchung als **nicht sanierungspflichtig** ausgeschieden. Die im Sanierungsverfahren verbliebenen Kraftwerke wurden auf ihr Schwall/Sunk-Verhältnis geprüft. Kraftwerke, die ein Schwall/Sunk-Verhältnis ($V_{S/S}$) $< 1.5 : 1$ aufwiesen, schieden als **nicht sanierungspflichtig** aus der weiteren Untersuchung aus. Bei allen anderen Werken, waren vertiefte Abklärungen und Untersuchungen notwendig um eine allfällige wesentliche Beeinträchtigung nachzuweisen oder auszuschliessen. Die Methodik zur Bestimmung des Schwall/Sunk-Verhältnisses orientierte sich am Modulstufenkonzept (MSK) Modul Hydrologie (Pfaundler et al. 2011) und wird im Anhang detailliert beschrieben.

Tabelle 1: Liste der möglicherweise schwallerzeugenden Kraftwerkszentralen im Kanton Bern mit Angaben zum Betreiber, Rückgabegewässer und der Standortgemeinde der Zentrale. Abkürzungen Werktyp: Alp = Alpanlage im Sommerbetrieb; UmS = Umleitwerk² mit Speicherung; UoS = Umleitwerk ohne Speicherung; FK = Flusskraftwerk; BK = Buchtenkraftwerk; TWÜKW = Trinkwasser Überleitungs-Kraftwerk.

Kt. Bern Nr.	Betreiber	Name der Zentrale	Rückgabe Gewässer	Gemeinde	Werktyp
13015	BKW Energie AG	Kallnach	Aare (Hagneck-Kanal)	Kallnach	UoS
13028	BKW Energie AG	Niederried-Radelfingen	Aare	Radelfingen	FK
14023	Jakob Käch-Diener	Mühle Schüpfen	Chüelibach	Schüpfen	TWÜKW
14029	Affolter Mühle AG	Affolter Mühle	Bundkofenbach	Schüpfen	UmS
15072	Bielersee Kraftwerke AG (BIK)	Brügg	Aare (Nidau-Büren-Kanal)	Brügg	BK
16101	Kraftwerke Oberhasli AG	Innertkirchen 1+2	Aare	Innertkirchen	UmS
17028	EWR Energie AG	Schattenhalb 1+3	Rychenbach	Schattenhalb	UoS
17060/17041	Alpen Energie Dorfgemeinde Meiringen	Meiringen 1+2	Alpbach	Meiringen	UmS
19011	Elektrizitätswerk Grindelwald AG	Isch	Milibach	Grindelwald	UmS
19032	Jungfraubahn AG	Lütschental	Schwarze Lütschine	Lütschental	UoS
22014	Licht- und Wasserwerk AG Kandersteg	Kandersteg	Öschibach	Kandersteg	UoS
22044	Licht- und Wasserwerk Adelboden AG	Moosweid	Bunderlebächli	Adelboden	UmS
22046	Licht- und Wasserwerk Adelboden AG	Moosweid-TW	Bunderlebächli	Adelboden	TWÜKW
23038	BKW Energie AG	Spiez (Simmenwehr P.)	Thunersee	Spiez	UmS
24039	Kurt Müller	Bärgli	Muttimadgräbli	Zweisimmen	Alp
25095	Simmentaler Kraftwerke AG	Simmenfluh	Simme	Wimmis	UoS
26023	Simmentaler Kraftwerke AG	Erlenbach	Simme	Erlenbach	UmS
33038	Energie Wasser Bern	Pumpwerk Schönau	Aare	Bern	TWÜKW
33093	BKW Energie AG	Mühleberg	Aare	Mühleberg	FK
35023	BKW Energie AG	Innergsteig	Saane	Gsteig	UmS
35039	Alpgenossenschaft Berzgumm	Alp Berzgumm	Berzgumbach	Saanen	Alp
45029	Reto Marti	Alte Mühle	Oberbipper Dorfbach	Oberbipp	UmS
38045	Group E SA	Schiffenen	Saane	Kriechenwil	FK

² Je nach Sprachgebrauch wird ein „Umleitkraftwerk“ auch als „Ausleitkraftwerk“ bezeichnet.



Abbildung 2: Geografische Skizze zu den möglicherweise schwallverursachenden Kraftwerken (Rote Dreiecke: Wasserrückgabe) im Kanton Bern.

3.1. Kein Schwall/Sunk im Sinne des GSchG

Folgende 10 Kraftwerke (Zentralen) verursachen keinen Schwall/Sunk im Sinne des GSchG und scheidern als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren aus. Aufgeführt sind der Name der Zentrale und eine Kurzbeschreibung der Anlage mit Begründung der Nicht-Sanierungspflicht.

Niederried-Radelfingen

Beim Kraftwerk Niederried-Radelfingen handelt es sich um ein Flusskraftwerk. Schwankungen des Pegels im Stausee Niederried sind gemäss Konzession erlaubt, da es sich aber um ein Naturschutzgebiet (Wasser- und Zugvogelreservat) handelt, darf der Stauraum nicht bewirtschaftet werden. Das Kraftwerk Niederried-Radelfingen verursacht somit weder Schwall- noch Schwellbetrieb und wird als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden.

Brügg

Das Kraftwerk Brügg ist ein Buchtenkraftwerk, das für die Seeregulierung verantwortlich ist. Es ist kombiniert mit einer Schiffschleuse und dem Regulierwerk Bielerseeausfluss im Nidau-Büren-Kanal. Die Abflussganglinien der Messstation Brügg Aegerten (LH 2029) zeigen eine stufenweise Regulierung, aber nicht eine typische Schwallganglinie. Die Schwankungen werden nicht durch das KW verursacht, sondern durch das Regulierwehr Port, mit dem die Pegel der drei Jurasüdfusseen und der Aareabfluss gesteuert werden. Es handelt sich hierbei also nicht um Schwall/Sunk im Sinne des GschG, weshalb das KW aus dem Schwall/Sunk Verfahren ausgeschlossen wird. Das KW Brügg ist hinsichtlich Schwall/Sunk **nicht sanierungspflichtig**.

Schattenhalb 1+3

Bei diesem Kraftwerk handelt es sich um ein Umleitwerk ohne Speichermöglichkeit mit 2 Zentralen. Die Zentrale Schattenhalb 2 wurde durch die Zentrale Schattenhalb 3 ersetzt (Inbetriebnahme 2011). Beide Zentralen geben ihr turbinirtes Wasser in einen Unterwasserkanal welcher ca. 115 m vor der Hasliaare in den Rychenbach mündet. Da dieses Kraftwerk keine Möglichkeit zur Speicherung hat, scheidet es als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren aus.

Lütschental

Das KW Lütschental ist ein Umleitkraftwerk ohne Speichermöglichkeit. Das Werk verfügt über eine Staufassung mit einer Überlaufkante und produziert keinen Schwall im Sinne des GschG. Hinsichtlich Schwall/Sunk ist das Kraftwerk Lütschental **nicht sanierungspflichtig**.

Kandersteg

Das Kraftwerk Kandersteg ist ein Umleitwerk ohne Speichermöglichkeit. Das turbinierte Wasser wird in den Öschibach zurückgegeben, ca. 165 m vor der Einmündung in die Kander. Das Kraftwerk produziert somit keinen Schwall/Sunk im Sinne des GSchG und wird als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschlossen.

Moosweid-TW

Das Werk Moosweid-TW ist ein Trinkwasserkraftwerk mit Überlauf zur Stromproduktion im Parallelbetrieb und verursacht keinen Schwall im Sinne des GschG (Ausbauwassermenge 50 l/s). Es ist somit **nicht sanierungspflichtig**. Das unmittelbar angrenzende Kraftwerk Moosweid (22044, Ausbauwassermenge 150 l/s) allerdings produziert Schwall. Daher wird dieses im Kapitel 4 weiter betrachtet.

Kraftwerks-Kette an der Simme

Die Kraftwerke an der Simme bilden eine Kette, deren Einfluss auf den Abfluss von Simme und Kander von Erlenbach bis in den Thunersee erkennbar ist und die zusammen eine komplexe Situation bilden (Abb. 3).

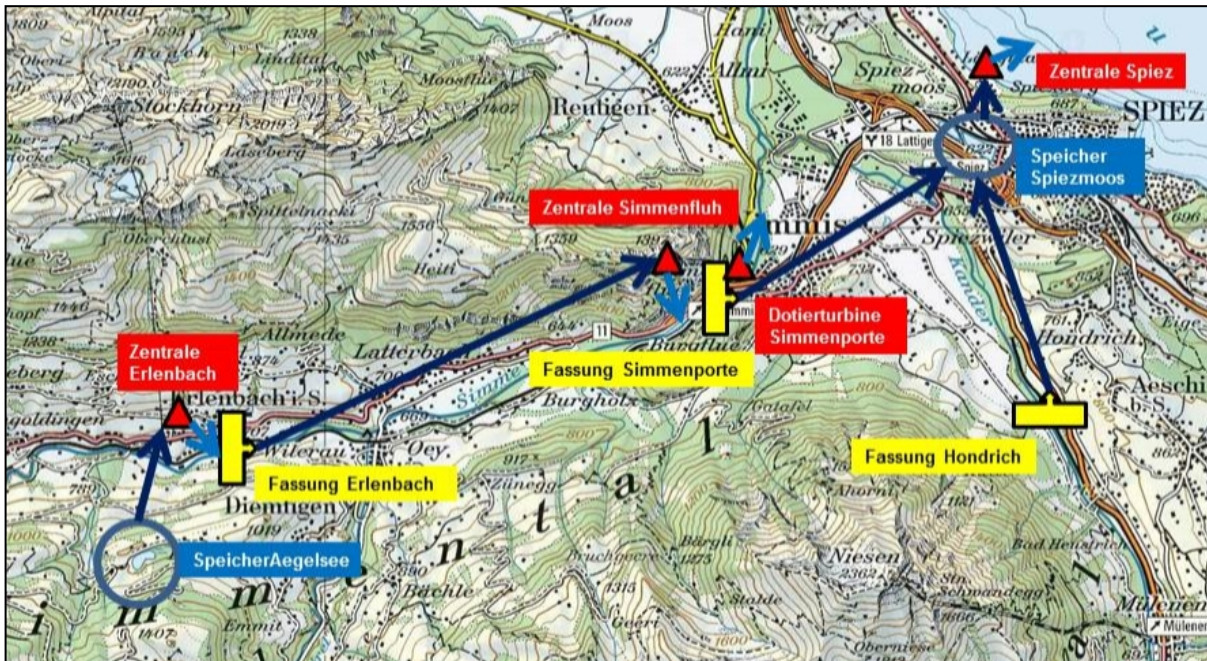


Abbildung 3: Die Kraftwerke an Simme und Kander mit Speichern (blau), Zentralen (rot), Fassungen (gelb), Triebwasserstollen und Wasserrückgaben (Dreiecke).

KW Erlenbach (vgl. Kap. 3.3 Sonderfälle)

KW Simmenfluh

Etwa 175 m unterhalb der Wasserrückgabe des KW Erlenbach wird das Wasser der Simme gefasst (Fassung Erlenbach, Abb. 3) und in einem Druckstollen zur Zentrale Simmenfluh geführt. Dort wird das Wasser turbinert und in den Stau Simmenport geleitet. Dieses Kraftwerk wird als reines Laufkraftwerk betrieben und scheidet somit als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren aus.

Abklärungen zur Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG werden zur Zeit bei der Fassung Simmenfluh durchgeführt (z. B. Dotierversuche, Makrozoobenthosuntersuchungen).

KW Spiez

Im Stau Simmenport wird das Wasser der Simme gefasst und fliesst über einen Freispiegelstollen in den Spiezmoosweiher. Dieser wird zusätzlich über die Fassung Hondrich aus der Kander gespiesen. Der Spiezmoosweiher wird als Speicher bewirtschaftet und das Wasser über eine Druckleitung der Zentrale Spiez zugeführt. Von dort erfolgt die Wasserrückgabe direkt in den Thunersee. Der Schwall/Sunk-Betrieb dieser Zentrale ist damit irrelevant und scheidet als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren aus.

Die Restwasserdotierung beim Wehr Simmenporte erfolgt über eine Dotierturbine, welche konstant $1 \text{ m}^3/\text{s}$ in die Restwasserstrecke abgibt. Pegelschwankungen, welche in der Restwasserstrecke der Simme unterhalb Simmenporte auftreten, können auf die häufig vorkommenden Wehrüberfälle zurückgeführt werden (u. a. verursacht durch das KW Erlenbach³). In solchen Situationen wirkt der Wehrüberfall wie ein Schwall auf das Gewässer, gilt aber nicht als Schwall/Sunk im Sinne des GSchG. Möglicherweise ist das die Ursache für das Stranden von Groppen, wie es vom kantonalen Fischereiaufseher schon beobachtet wurde (mdl. Auskunft).

Abklärungen zur Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG werden zur Zeit bei den Fassungen Simmenport und Hondrich durchgeführt (z. B. Dotierversuche, Makrozoobenthosuntersuchungen).

³ Das KW Erlenbach wird bei einem Abfluss in der Simme um $11 \text{ m}^3/\text{s}$ schwallrelevant (Limnex 2014b).

Pumpwerk Schönau

Das Pumpwerk Schönau war bisher ein Trinkwasser-Überlauf-Werk für die öffentliche Stromproduktion (EWB 2005) und wird zurzeit zu einem Siphonbauwerk umgebaut (Hunziker Betatech 2013). Beide Betriebsarten erzeugen keinen Schwall/Sunk im Sinne des GschG. Die Wasserrückgabe erfolgt direkt in die Aare bei Bern womit ein allfälliges $V_{S/S}$ kleiner als 1.5 ist. Das Werk Schönau scheidet somit als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren aus.

Mühleberg

Das Kraftwerk Mühleberg ist ein Flusskraftwerk. Der Pegel des Stausees (Wohlensee) darf gemäss Konzession um 50 cm schwanken, erlaubt sind aber nur 10cm, da es sich beim Wohlensee um ein wichtiges Wasser- und Zugvogelreservat handelt. Das Kraftwerk Mühleberg produziert somit keinen Schwall/Sunk im Sinne des GSchG und wird als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden.

3.2. Prüfung Schwall/Sunk-Verhältnis

3.2.1. Schwall/Sunk-Verhältnis < 1.5 : 1

Kallnach

Das Kraftwerk Kallnach ist ein Umleitkraftwerk für die öffentliche Stromproduktion. Das Wasser der Aare wird beim Stauwehr Niederried teilweise gefasst und durch einen Stollen zur Zentrale Kallnach geleitet. Nach der Zentrale wird das Wasser in den Kallnachkanal (Unterwasserkanal) abgeführt, der nach 2.6 km in den Hagneck-Kanal einmündet. In den letzten Jahren wurde der Unterwasserkanal mit Buchten und Inseln ökologisch aufgewertet.

In den Abflussdiagrammen der Station Hagneck (LH 2085, Februar 2013) sind tägliche Schwälle erkennbar. Diese werden aber vom KW Schiffenen verursacht.

Nach der Umstellung auf eine Turbine, die ein langsames An- und Abschalten ermöglicht, schätzt das Fischereinspektorat die Situation als unproblematisch ein.

Aus der Betriebsweisung der BKW (2010) und der Konzessionsänderung der Gemeinden Kallnach und Niederried-Radelfingen (AWA 2010) geht hervor, dass die neue Regelung der Wasseraufteilung allen Anforderungen des Labels *naturemade star* genügen. Das $V_{S/S}$ ist heute mit 1.48 unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1.5 und das KW Kallnach somit **nicht sanierungspflichtig** (Tab. 2).

3.2.2. Schwall/Sunk-Verhältnis > 1.5 : 1

Die verbleibenden 11 Kraftwerke (2 davon sind Sonderfälle) wiesen alle ein Schwall/Sunk-Verhältnis > 1.5 : 1 auf und mussten genauer untersucht werden. Bei vernachlässigbaren Einwirkungen konnten einzelne Kraftwerke trotz des erhöhten $V_{S/S}$ über den Notausgang als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden werden. Andere Werke konnten aufgrund von bereits bestehenden Datengrundlagen über die Abkürzung ohne weitere Untersuchungen als **sanierungspflichtig** eingestuft werden (vgl. Abb. 1). Bei allen anderen waren Untersuchungen notwendig, um über die Sanierungspflicht zu entscheiden (Kap. 4). Die Abflussverhältnisse und daraus resultierende Schwall/Sunk-Verhältnisse sind in Tabelle 2 für die verbleibenden Kraftwerke zusammengefasst.

Tabelle 2: Abflussverhältnisse, Betriebsweise und daraus resultierende Schwall/Sunk-Verhältnisse von den verbleibenden Kraftwerkszentralen. Die mit * gekennzeichneten Schwall/Sunk-Verhältnisse sind >100, da sie nicht genau berechnet werden können. Aufgrund der fehlenden Restwassermengen trifft der Schwall im schlimmsten Fall auf ein trockengefallenes Bachbett. Die Bestimmung des Q₃₄₇ des Zwischeneinzugsgebietes ist im Anhang beschrieben. Achtung: Gegenüber dem Zwischenbericht und dem Besprechungsprotokoll mit dem BAFU haben sich einige Schwall/Sunk-Verhältnisse verändert (neue Informationen, Korrekturen).

Kt. Bern Nr.	Name der Zentrale	Rückgabegewässer	Überlagerung mit grösserem Gewässer	Ausbauwassermenge (m ³ /s)	Restwasserdotierung bei Fassung [m ³ /s]	Sunk bei Wasserrückgabe [m ³ /s]	Schwall-Sunk-Verhältnis V _{sis} [-]	Bemerkungen
13015	Kallnach	Aare		45	33	60.00	1.48	Messwerte Q347 bei LH 2085 (1984-2011)
14023	Mühle Schüpfen	Chüellbach		0.045	0	0.030	2.51	Modelliertes Q347
		Chüellbach		0.045	0	0.051	1.88	Messwerte Q347 bei A056 (1998-2000)
14029	Affolter Mühle	Bundkofenbach	Lyssbach	0.045	0	0.120/0.141	1.37/1.32	unterschiedliches V _{sis} je nach Q ₃₄₇
				0.05	0	0.116	1.43	
			Lyssbach	0.05	0	0.090	1.56	Messwerte Q347, Station A069 (1992-2013)
16101	Innerkirchen	Hasliaare		70.00	0	3.10	22.60	IST-Zustand
		Hasliaare		95.00	0	3.10	30.60	Nach Ausbau "KWO plus" inkl. Beruhigungsbecken
17060	Meiringen 1	Alpbach		0.62	0	0.00	> 100*	ab Fassung Meiringen 1 keine Restwasserdotierung
			Hasliaare	0.62	0	3.10	1.20	
17041	Meiringen 2	Alpbach		0.36	0.02	0.00	> 100*	ab Fassung Meiringen 1 keine Restwasserdotierung
			Hasliaare	0.36	0.02	3.10	1.11	
19011	Isch	Milbach		0.40	0	0.005	81.00	kein Restwasser, nur Q aus Zwischeneinzugsgebiet
			Sch. Lüttschine	0.40	0	0.191	3.09	
22044	Moosweid	Bunderlebächli		0.15	0	0.048	4.10	
			Entschlige	0.15	0	0.450	1.33	
24039	Bärgli	Muttimadgräbli		0.0025	0	0.001	3.07	
			Bettelriedbach	0.0025	0	0.012	1.21	
35023	Innergsteig	Saane		2.60	0	0.059	45.10	Voillast
				1.33	0	0.059	23.50	Halblast
35039	Alp Berzgumm	Berzgummbach		0.012	0	0.006	3.14	
38045	Schiffenen	Saane		135	5		28.00	Konzessionierte Nutzmenge
		Saane		180	5		37.00	techn. mögliche Nutzmenge
		Saane		135	5	16.30	7.34	Restwasserkarte Q347 Fassung FR003
		Saane (nach Sensezufl.)		135	5	11.60	9.13	Messwerte Q347 bei LH 2215 (1949-2011)
45029	Alte Mühle	Saane			?		18.80	ZB Kanton Fribourg, Berechnung nach HYDMOD
		Oberbipper Dorfbach		0.04		0.02	> 100*	keine Messwerte vorhanden

3.2.2.1 Notausgang

Der Notausgang wurde für 5 Kraftwerke angewandt. Im Folgenden ist für jedes Kraftwerk die Anwendung des Notausganges begründet.

Mühle Schöpfen

Das KW Mühle nutzt das Überschusswasser aus dem „Mühleweiher“ (Trinkwasser-Überleitungs-Kraftwerk), und produziert Strom für das öffentliche Netz. Die Ausbaumassmenge beträgt 45 l/s.

Vom Quellweiher bis zur Zentrale ist die Zuleitung eingedolt. Das turbinierete Wasser wird ab Zentrale in den offenen Dorfbach geleitet ("Überwasser"). Bis zur offiziellen Rückgabe in den Chüelibach sind es ca. 270 m.

Der "Dorfbach" gilt nicht als offizielles Gewässer, sondern als technische Überwasserleitung in den Chüelibach. Dieser wiederum verläuft anschliessend kanalisiert durch Landwirtschaftsgebiet und mündet nach ca. 830 m in den Lyssbach. Im Chüelibach ist das $V_{S/S}$ mit 2.51 (bzw. 1.88) leicht erhöht. Im Lyssbach liegt das $V_{S/S}$ je nach gewähltem Q_{347} (modelliert oder Messwerte) bei 1.37 bzw. 1.32 und somit unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1.5 (Tab. 2).

Das gemessene Q_{347} bei der Messstelle im Chüelibach (A056, 1998-2000) beträgt 51 l/s. Das anhand der Einzugsgebietsgrösse modellierte Q_{347} bei der Rückgabe beträgt knapp 30 l/s. Die Messstelle am Lyssbach (A069), unterhalb der Einmündung des Chüelibaches, zeigt einen typischen Schwall/Sunk-Rhythmus. Die Schwallamplitude von ca. 50 l/s entspricht in etwa den 45 l/s Ausbaumenge der Mühle Schöpfen. Im kleineren Chüelibach verursacht dieselbe Menge Wasser grössere Pegelschwankungen als im vergleichsweise breiteren Lyssbach. Die Messstation A056 des Kantons Bern wurde 2001 aufgehoben.

Beeinträchtigungen von Gewässerorganismen haben sehr wahrscheinlich andere Ursachen als den Schwallbetrieb. Das MSK Modul Nährstoffe zeigt für die Periode 2009/10 zum Beispiel eine mässige Belastung für Ortho-Phosphat an. Das wird durch die im Rahmen einer generellen Entwässerungsplanung (GEP) erhobenen Makrozoobenthos-Daten aus dem Jahr 2000 bestätigt (AWA). Oberhalb der Einmündung des Dorfbaches lag der IBCH je nach Standort zwischen 4 und 10 (Zustand schlecht bis mässig). Diese Ergebnisse deuten auf eine Grundbelastung dieses Gewässers hin.

Die Schwallstrecke des Chüelibachs ist kanalisiert und verläuft durch Landwirtschaftsgebiet. Die Sohlenbreite beträgt dabei ca. 1 m. Die grösste Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk ist in kleinen Wiesenbächen wie dem Chüelibach meist das Trockenfallen von Lebensräumen bei Sunk. Beim Chüelibach gehen wir davon aus, dass der Böschungsfuss bei Niederwasser (30 bzw. 51 l/s) vollständig benetzt ist und bei Sunk somit kaum Flächen trockenfallen.

Es liegt ein Revitalisierungsvorhaben des Chüelibach ab Dorf Schöpfen bis zur Einmündung in den Lyssbach vor. Diese Revitalisierung ist mit einer Überbauung gekoppelt. Das Projekt ist aber noch in der Abklärungsphase und noch nicht definitiv beschlossen. Die Revitalisierung könnte die Situation deutlich verändern und bei einer Aufweitung das Risiko des Trockenfallens erhöhen. Falls die Revitalisierung vor Ablauf der Konzession erfolgt, müsste der Einfluss des Kraftwerksbetriebes in der neu gestalteten Strecke untersucht werden. Wenn die Revitalisierung erst nach Ablauf der Konzession umgesetzt wird, wäre dieser Sachverhalt bei einer allfälligen Neukonzessionierung abzuklären. Allenfalls könnte der Weiher im Quartier als Schwallauffangbecken fungieren und den Chüelibach so entlasten.

Das Kraftwerk wird in Absprache mit dem Kanton aus folgenden Gründen als **nicht sanierungspflichtig** über den „Notausgang“ ausgeschieden:

- Die Ausdehnung der Wasserwechselzone bei Niederwasser wird als gering eingeschätzt.
- Es kommen im Chüelibach keine Anlagen oder Bauwerke vor, die im Rahmen der Sanierung Fischgängigkeit saniert werden.
- Im Verhältnis zur Grösse der Ausbauwassermenge wären die Kosten für bauliche Sanierungsmassnahmen unverhältnismässig gross.
- Das kantonale Fischereinspektorat schätzt die Situation als unproblematisch ein.
- Die Konzession ist bis 18. Juli 2022 befristet und läuft somit vor der Sanierungsfrist ab.

Affolter Mühle

Die Zentrale Mühle ist ein Umleitwerk mit Speicherung am Bundkofenbach. Dieser ist grösstenteils eingedolt, weshalb er kein Fischgewässer ist und auch nicht mit Restwasser dotiert wird. Er ist ab 70 m unterhalb der Fassung bis zur Einmündung in den Lyssbach auf ca. 700 m in Rohren verlegt (Wasserkraftkonzession 28.06.2010).

Zur Restwasserfrage wurde folgendes in der Konzession festgehalten:

"Sollte im Bereich der Wassernutzungsanlagen der Bundkofenbach im öffentlichen Interesse offengelegt und umgestaltet werden, so hat eine Neu beurteilung zu erfolgen. Die damit verbundene Festlegung einer Restwassermenge verpflichtet die Konzessionärin ihre Anlage auf eigene Kosten den neuen Verhältnissen anpassen" (S. 4).

Das dürfte auch für die Schwallensanierung gelten: Im heutigen Zustand ist sie nicht nötig, da der Bundkofenbach im Moment selbst keinen Lebensraum bietet (eingedolt).

Mit dem modellierten Q_{347} von 116 l/s beträgt das $V_{S/S}$ bei einer Ausbauwassermenge von 50 l/s im Bundkofenbach 1.43. Es handelt sich hierbei aber nur um einen theoretischen Wert. Im nachfolgenden Lyssbach hingegen wird das $V_{S/S}$ bei Niederwasser mit 1.56 minim überschritten (Q_{347} kantonale Station A069 Lyssbach, Bundkofen: 0.09 m³/s, Periode 1992-2013). Dabei handelt es sich aber ebenfalls um einen theoretisch berechneten Wert, der als *worst case* betrachtet werden kann.

Eine Makrozoobenthosbeprobung im Jahr 2010 ca. 1 km unterhalb der Einmündung des Bundkofenbaches zeigte einen relativ guten, faunistischen Zustand des Lyssbach an. Der IBCH lag mit 12 an der Grenze zur Bewertungstiefe „gut“, die Anzahl EPT-Familien lag mit 10 hingegen klar im guten Bereich. Die Artenzahl lag mit 32 im zu erwartenden Bereich. Mit der Köcherfliege *Hydropsyche saxonica* kam auch eine gefährdete Art vor, die in der Roten Liste aufgeführt ist (Status „verletzlich“ = VU). Das häufige Vorkommen von Eintagsfliegen der Gattung *Baetis* deutet darauf hin, dass die Schwälle keine hohe Strömung verursachen, die zu Ausschwemmung von leichten Tieren (z. B. *Baetis*) führen. Es ist an dieser Stelle noch festzuhalten, dass der Lyssbach bezüglich Wasserqualität als belastet einzustufen ist.

Das Kraftwerk wird in Absprache mit dem Kanton aus folgenden Gründen als **nicht sanierungspflichtig** über den „Notausgang“ ausgeschieden:

- Das Schwall/Sunk-Verhältnis ist mit 1.56 im *worst case* (bei Niederwasser) nur minim über dem gesetzlichen Grenzwert von 1.5. Das 80%-Perzentil liegt bei 1.45.
- Im Lyssbach sind keine Anlagen oder Bauwerke vorhanden, die im Rahmen der Sanierung Fischgängigkeit saniert werden.
- Das Makrozoobenthos zeigte im Lyssbach keine schwallbedingte Beeinträchtigung an.
- Die Konzession ist auf den 12. Januar 2029 befristet und läuft somit vor Ende der Sanierungsfrist ab.

- Im Verhältnis zur Grösse der Ausbauwassermenge wären die Kosten für bauliche Sanierungsmassnahmen unverhältnismässig gross.
- Das Fischereiinspektorat hält die Situation für unproblematisch.

Meiringen 1+2

Das KW Meiringen ist ein zweistufiges Umleitwerk mit Speicherung. Beide Kraftwerksstufen verfügen über einen Stundenspeicher. Das turbinierte Wasser wird schliesslich ca. 700 m vor der Hasliaare in den Alpbach zurückgegeben. Dabei handelt es sich um ein künstliches Gerinne, wovon drei Viertel eine stark beeinträchtigte Ökomorphologie aufweisen. Dieses Kraftwerk wird in Absprache mit dem Kanton aus folgenden Gründen als **nicht sanierungspflichtig** über den „Notausgang“ ausgeschieden:

- Eine Revitalisierung des Alpbachs ist nicht vorgesehen.
- Das ökologische Potenzial ist auf der gesamten Schwall-Strecke gering. Der Alpbach stellt in diesem Abschnitt kaum einen geeigneten Lebensraum für Gewässerorganismen dar.
- Es befinden sich keine Anlagen und Hindernisse im Gewässer, welche im Rahmen der Sanierung Fischgängigkeit saniert werden.

Bärgli

Die Zentrale Bärgli wird im Sommer zum Eigenbedarf betrieben. Es werden 2.5 l/s aus dem Bettelriedbach entnommen, turbiniert und anschliessend in das Muttimadgräbli zurückgegeben.

Das Turbinenhäuschen am Muttimadgräbli ist ca. 80 m vom nächsten Zufluss, 100 m vom Zusammenfluss mit dem Fassunggewässer entfernt (Abb. 4).

Der Abfluss des Muttimadgräblis ist unbekannt, doch aufgrund der Fotos eher als gering einzuschätzen (2 l/s). Auf den Fotos scheint das Muttimadgräbli mehr vom Viehtritt als von Schwall/Sunk beeinträchtigt zu sein. Im Muttimadgräbli ist das $V_{S/S}$ grösser als 1.5 (Tab. 4): Mit dem berechneten Q_{347} beträgt das $V_{S/S}$ 3.1. Spätestens jedoch, wenn sich dieses Gräbli mit weiteren Zuflüssen in das Fassunggewässer (Bettelriedbach) ergiesst, ist das $V_{S/S}$ kleiner als 1.5.



Abbildung 4: Das Turbinenhäuschen der Zentrale Bärgli am Muttimadgräbli (links: seitlich, rechts: von vorne). Das Bildmaterial wurde von Kanton Bern zur Verfügung gestellt.

Trotz unvollständiger Datengrundlage (hydrologische Daten, Häufigkeit der Schwälle) wird dieses Kraftwerk in Absprache mit dem Kanton als **nicht sanierungspflichtig** über den „Notausgang“ ausgeschieden.

- Nur in Betrieb während der Emergenzphase des MZB (Sommerbetrieb).
- Der Bettelriedbach und seine Zuflüsse sind Pachtgewässer, das Vorkommen von Fischen im Muttimadgräbli ist jedoch höchst fraglich.
- Zahlreiche ähnliche Gewässertypen am Gammerschal.
- Relativ kurze Strecke (80 m) im Muttimadgräbli, die saniert werden müsste (unverhältnismässig).
- Das AWA schätzt die Priorität für eine Sanierung bei diesem Werk als sekundär ein.

Alp Berzgumm

Die Alp Berzgumm wird nur im Sommer für den Eigenbedarf betrieben (Juni bis September). Von den ca. 25 l/s Abfluss im Berzgummbach werden 12 l/s gefasst und turbinert. Somit verbleiben ca. 13 l/s als Restwasser bestehen. Bis zur Rückgabe fließen aus einem Seitenbach weitere Liter (Menge unbekannt) dazu. Ohne das Q_{347} aus dem Zwischeneinzugsgebiet zu berücksichtigen, beträgt das Schwall-Sunk-Verhältnis ($V_{S/S}$) aufgrund der Betriebsdaten 1.9. Mit dem berechneten Q_{347} beträgt das $V_{S/S}$ 3.1. Im Winter fließen nur etwa 5 l/s, doch dann wird das Wasser nicht genutzt. Die Restwassermenge wird mit der zwei- bis dreifachen Niedrigwassermenge als genügend angesehen (nach Art. 32 Best. a; Wasserkraftkonzession vom 10.09.1997).

Trotz unvollständiger Datengrundlage (hydrologische Daten, Häufigkeit der Schwälle) wird dieses Kraftwerk in Absprache mit dem Kanton als **nicht sanierungspflichtig** über den „Notausgang“ ausgeschieden.

- Das Makrozoobenthos (Emergenzphase) ist durch den Sommerbetrieb (Juni bis September) weniger betroffen als dies im Winterhalbjahr der Fall wäre.
- Im Berzgummbach leben nach Auskunft des zuständigen kantonalen Fischereiaufsehers keine Fische.
- Das Schwall/Sunk-Verhältnis ist mit 3.1 nur gering erhöht.
- Das AWA schätzt die Priorität für eine Sanierung bei diesem Werk als sekundär ein.

3.2.2.2 *Abkürzung*

Wenn bereits anhand von bestehenden Grundlagen belegt werden kann, dass eine wesentliche Beeinträchtigung besteht, ist eine "Abkürzung" möglich (Schritt 5 in Abb. 1). Um eine Zentrale als sanierungspflichtig auszuweisen, reicht es, wenn einer von zwölf Indikatoren die schlechtest mögliche Bewertung aufweist. Gleichzeitig müssen aber die Bedingungen, wie sie für den Schnelltest und die Grundbewertung gelten, erfüllt sein: Die Wasserqualität sollte „unbelastet“ sein und die Ökomorphologie soll an mindestens einer Untersuchungsstelle naturnahe Strukturen aufweisen.

Innergsteig

Das Kraftwerk Innergsteig ist ein Umleitwerk für die öffentliche Stromproduktion. Das Wasser wird beim Sanetsch-Stausee im Kanton Wallis gefasst und in Innergsteig in die Saane (Kanton Bern) zurückgegeben (Abbildungen 5 und 6).



Abbildung 5: Der Sanetsch-Stausee auf dem Sanetschpass dient als Speicher für das KW Innergsteig.



Abbildung 6: Wasserrückgabe des KW Innergsteig (blauer Pfeil), links ab Rückgabe aufwärts mit hoher Schwelle, rechts ab Rückgabe abwärts mit gepflasterter Sohle.

Nach grösseren Problemen mit starker Sohlenkolmation und Fischsterben nach einer Stauraumentleerung 1990 wurde die nächste Entleerung von 2003 mit ökologischen Begleituntersuchungen *vorher-nachher* begleitet (Aquarius 2003a,b,c). Die bereits durchgeführten Untersuchungen zeigen auf, wo wesentliche Beeinträchtigungen in der Schwallstrecke auszumachen sind. Eine Beurteilung ausgewählter Indikatoren aufgrund der Untersuchungsergebnisse von Aquarius (2003a, b, c) an 5 Standorten zeigt, dass mit zunehmender Entfernung von der Wasserrückgabe die Beeinträchtigung deutlich abnimmt (vgl. Tab. 3).

Indikatorbewertung für das Kraftwerk Innergsteig

Die Voraussetzungen zur Anwendung der biologischen Schwallindikatoren sind erfüllt. Die Wasserqualität der Saane von Innergsteig bis Rossinière ist „gut“ bis „sehr gut“ (Geoportal Bern) und eine morphologisch unbeeinflusste Schwallstrecke in der Saane (bei Rossinière) wurde untersucht. Der obere Teil der Schwallstrecke gilt morphologisch als stark beeinträchtigt (Abb. 6). Kürzere Strecken sind aber auch hier naturnah (z. B. bei Feutersoey). Zusätzlich gibt es ältere Untersuchungen der unbeeinflussten Seitenbäche im oberen Teil der Schwallstrecke, die als Referenz dienen können.

- **Fischfauna:** Für die Fischfauna wird der Indikator der Artenzusammensetzung und der Populationsstruktur nach MSK Fische Stufe F (Indikator F1) für die oberste Stelle als „schlecht“ beurteilt, da 2003 keine Fische vorhanden waren. Für die anderen Probestellen resultierte die Bewertung „gut“ bis „mässig“. Der Indikator zur Fortpflanzung der Fische (F4) wird für die Strecke Innergsteig bis Saanen als „schlecht“ oder „unbefriedigend“ bewertet.
- **Makrozoobenthos:** Beim Makrozoobenthos wird nur der obere Abschnitt bei Innergsteig mit „mässig“ bis „unbefriedigend“ bewertet (Indikator B2). Die unteren drei Abschnitte werden mit „gut“ bis „sehr gut“ bewertet. Gegenüber den unteren Abschnitten hat es bei Innergsteig wenige der empfindlichen Steinfliegen- und Köcherfliegenlarven (B4), dafür aber viele Zuckmückenlarven. Auch die Biomasse (B1) ist hier deutlich geringer als im unteren Abschnitt. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass es sich bei diesem Saaneabschnitt um einen schwach produktiven Gewässerabschnitt handelt (Vuille 1997). Aquarius (2003c) hält fest, dass nach Auskunft des Fischereiaufsehers dieser Abschnitt kaum Wasser führt, was die geringe Besiedlung erklärt. Die Stauraumentleerung von 2003 hat sich nicht negativ auf das Makrozoobenthos ausgewirkt. Der Indikator B3 konnte nicht ermittelt werden, da die Bestimmung der Tiere nur auf Familien und nicht auf Gattungs- oder Artniveau erfolgte.

- Innere Kolmation: Es wurde kein Schwebstoffgehalt gemessen, aber dafür eine Feinsedimentanalyse durchgeführt (alternative Methode). Dabei zeigte sich, dass das Feinmaterial eher grob ist und eine Verstopfung des Porenraums daher unwahrscheinlich ist. Nach der Stauraumentleerung waren kurzfristig grössere Feinmaterialablagerungen zu beobachten. Diese wurden aber mit den sommerlichen Hochwassern wieder ausgespült. Es ist davon auszugehen, dass die innere Kolmation kein Problem darstellt, bzw. die Gewässersohle – dort wo sie nicht gepflästert ist - in einem guten Zustand ist (Indikatorbewertung „gut“).
- Mindestabfluss: Das natürliche Q_{347} bei der Wasserrückgabe beträgt ca. 100 l/s, weshalb der Sunk nach Art. 31 GSchG 98 l/s betragen müsste. Da bei der Staumauer kein Restwasser dotiert wird, ist der Mindestabfluss (Indikator A1) bei der Rückgabe in die Saane ungenügend und wird deshalb mit „schlecht“ bewertet. Durch die seitlichen Zuflüsse nimmt diese Beeinträchtigung flussabwärts zunehmend ab (keine hydrologischen Daten vorhanden). Die Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG wurde noch nicht angegangen.

Tabelle 3: Indikatorbewertung der vorhandenen Grundlagen für die Standorte 1 – 4 und einen zusätzlichen Standort Z in zunehmender Entfernung von der Wasserrückgabe des KW Innergsteig (Aquarius 2003a,b,c). Beurteilung nach Vollzugshilfe Schwall/Sunk (Baumann et al. 2012).

Untersuchte Gewässerabschnitte	Innergsteig		Feutersoey		Saanen		Z	Rossinière		Daten-Quelle
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2003	2002	2003	
Wasserqualität: Nährstoffe MSK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	geoport Bern, AWA
Ökomorphologie	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	geoport Bern, AWA
F1: MSK-Modul Fische		schlecht		gut		mässig	gut		gut	Aquarius 2003a,b,c
F2: Stranden von Fischen										
F3: Laichareale von Fischen										
F4: Reproduktion der Fischfauna		schlecht		unbefriedigend		schlecht	sehr gut		mässig	Aquarius 2003a,b,c
F5: Fischereiliche Produktivität										
B1: Biomasse des Makrozoobenthos	unbefriedigend	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut		sehr gut	sehr gut	Aquarius 2003a,b,c
B2: MSK-Modul Makrozoobenthos	mässig	mässig	gut	gut	gut	gut		gut	gut	Aquarius 2003a,b,c
B3: Längenzonation des Makrozoob.										
B4: EPT-Familien Makrozoobenthos	mässig	mässig	gut	gut	gut	gut		gut	gut	Aquarius 2003a,b,c
H1: Innere Kolmation (Feinsedimentanalyse)	gut	gut	gut	gut	gut	gut		gut	gut	Aquarius 2003a,b,c
A1: Mindestabfluss	schlecht	schlecht								2003c, RW- Karte 2007
Q1: Temperatur										

■ sehr gut
■ gut
■ mässig
■ unbefriedigend
■ schlecht

Aufgrund von 3 mit „schlecht“ bewerteten Indikatoren ist das Kraftwerk Innergsteig **sanierungspflichtig**. Das $V_{S/S}$ von 45.1 bei Vollast ist stark erhöht (Tab. 2) und der Mindestabfluss (A1) bei der Wasserrückgabe ist aufgrund der Nulldotation zu klein. Ausserdem ist das Makrozoobenthos im oberen Teil bei Innergsteig gering bis mittel beeinträchtigt. Die Indikatoren zur Fischfauna zeigen in den Abschnitten bis Saanen eine starke bis mittlere Beeinträchtigung.

Die Sanierung dieses Kraftwerks wird als **prioritär** eingestuft. Wir gehen davon aus, dass nach der Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG immer noch ein Schwall/Sunk-Problem besteht. Bei einer hypothetischen Restwasserdotierung nach Art. 31 mit 50 l/s (vgl. Restwasserbericht WFN 2008) würde das Schwall/Sunk-Verhältnis bei Vollast immer noch 24.8 betragen.

3.3. Sonderfälle

Schiffenen

Das Kraftwerk Schiffenen ist als Sonderfall einzustufen. Dieses Kraftwerk steht auf Fribourger Boden, besitzt jedoch eine Berner Konzession. Die Saane wird durch einen Staudamm aufgestaut und als Tagesspeicher benutzt. Es gibt kein Zwischeneinzugsgebiet zwischen Fassung und Rückgabe. Rechtsufrig nach der Stau-mauer ist ein REN Feuchtgebiet. Dieses Kraftwerk ist in der Planung des Kantons Fribourg detailliert be-schrieben und als **sanierungspflichtig** ausgeschieden. Für das KW Schiffenen liegt bereits ein Entwurfbe-richt mit einem Variantenstudium zu verschiedenen Sanierungsmassnahmen vor (BG & Pronat 2014). Dort finden sich auch Angaben zu den Ausmassen und den geschätzten Kosten der einzelnen Massnahmen. Dieses Kraftwerk wird in diesem Bericht nicht weiter behandelt.

Innertkirchen 1+2

Das Kraftwerk Innertkirchen ist ein weiterer Sonderfall in der strategischen Planung und wird hier der Voll-ständigkeit halber aufgeführt. Es wird jedoch nicht detailliert im vorliegenden Bericht behandelt, weil die Ab-klärungen zu Schwall/Sunk für dieses Kraftwerk bereits erfolgt sind (Limnex 2012). Es ist **sanierungspflich-tig**.

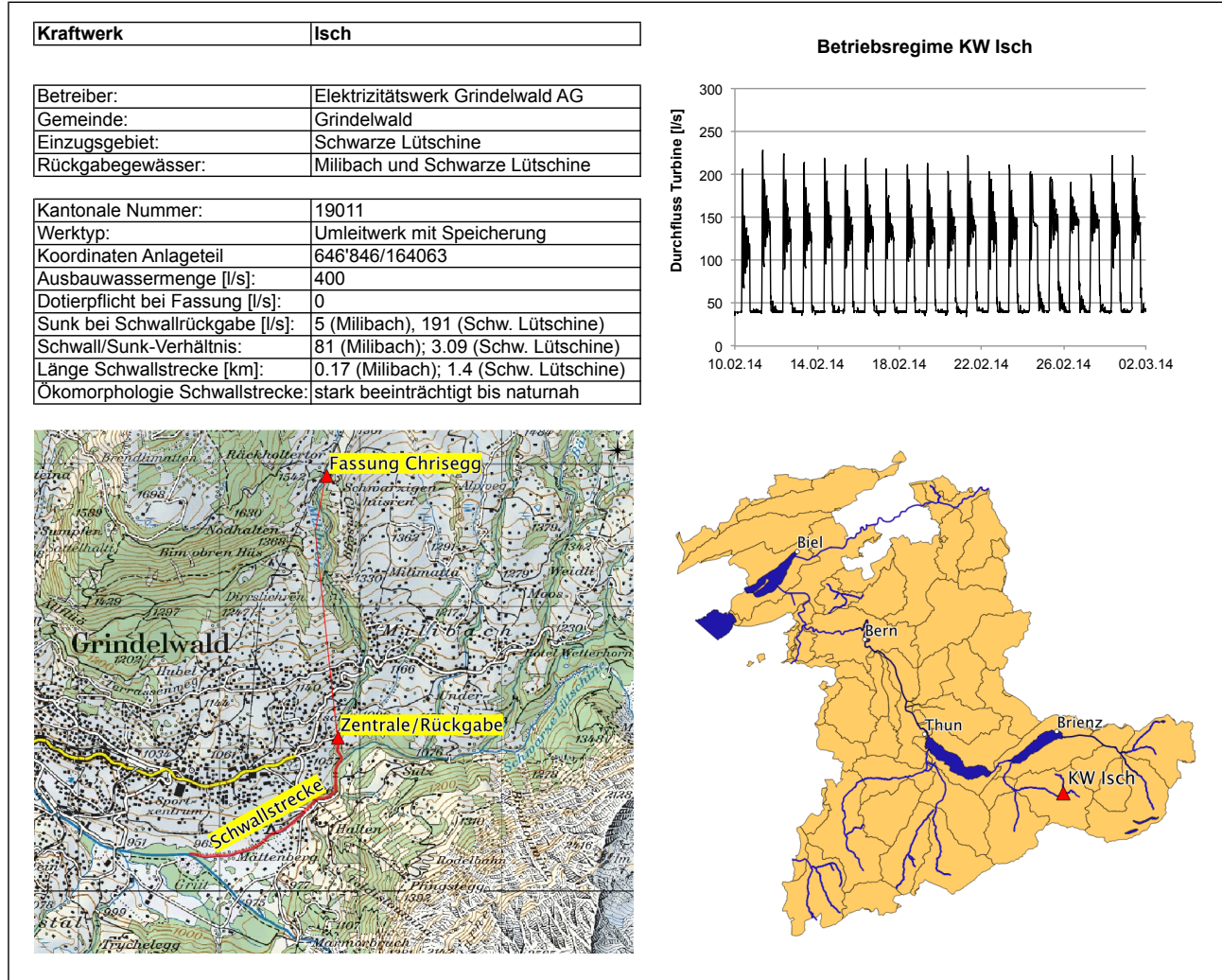
Erlenbach

Erlenbach ist das oberste Kraftwerk der Kraftwerks-Kette an der Simme. Es bezieht sein Triebwasser über einen Druckstollen aus dem Ausgleichsbecken Aegelsee (Abb. 3). Dieser wird als Tagesspeicher bewirt-schaftet. Die Wasserrückgabe erfolgt in die Stauhaltung des Kraftwerks Simmenfluh (Fassung Erlenbach) bei Erlenbach. In der Regel wird zweimal täglich ein Schwall von ca. $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ erzeugt (nur eine Turbine in Betrieb). Bei genügend hohen Abflüssen ist ein maximaler Schwall von $7 \text{ m}^3/\text{s}$ möglich (beide Turbinen in Betrieb). Bei hohen Abflüssen in der Simme wird der Schwall bei der Fassung Erlenbach (KW Simmenfluh) via Wehrüberfall an die Restwasserstrecke weitergegeben. Bei Niederwasser wird der Schwall bei der Fas-sung Erlenbach aufgefangen und zur Zentrale Simmenfluh weitergeleitet. Beim Wehr Simmenport gelangt er bei Zuflüssen um $11 \text{ m}^3/\text{s}$ aber aufgrund der niedrigeren Fassungskapazität in die Restwasserstrecke (Limnex 2014b). Neue MZB-Aufnahmen vom Frühjahr 2014, welche im Rahmen der Restwassersanierung aufgenommen wurden, zeigen keine interpretierbaren Anzeichen eines Schwalleinflusses unterhalb der Fas-sung Erlenbach (Limnex 2014a).

Es ist rechtlich unklar, ob das KW Erlenbach Schwall/Sunk im Sinne des GSchG produziert oder nicht. Die Konzession ist widersprüchlich formuliert. Rechtliche Abklärungen dazu sind im Gang. Der Kanton Bern **ver-schiebt den Entscheid über die Sanierungspflicht** deshalb, bis der Sachverhalt juristisch geklärt ist.

4. Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung

4.1. Isch



4.1.1. Kraftwerksbetrieb

Das Kraftwerk Isch besitzt einen Tagesspeicher (Chrisegg) mit einem Volumen von 4'000 m³ auf einer Höhe von ca. 1500 m. ü. M. Während des Tages wird je nach Zufluss die volle Ausbauwassermenge von 400 l/s turbinert. In der Nacht wird die Turbine auf ca. 50 l/s heruntergefahren. Da bei der Fassung kein Restwasser dotiert wird, entspricht dieser Abfluss dem Sunk im Hochwinter. Sollten die Turbinen jedoch ganz abgestellt werden, liegt der Sunkabfluss bei ca. 5 l/s (Q₃₄₇ Zwischeneinzugsgebiet). Die Darstellung oben zeigt einen Auszug aus dem Betriebsregime im Winter 2014.

4.1.2. Bewertete Indikatoren

Im Rahmen der Schwallabklärungen wurden die Gewässer Milibach, Schwarze Lütschine und Horbach untersucht. Folgende Stellen wurden in den 3 Gewässern beprobt:

- Milibach – Restwasserstrecke, ca. 30 m unterhalb der Fassung
- Milibach – Schwallstrecke ca. 50 m unterhalb der Rückgabestelle
- Horbach – unbeeinflusste Referenzstelle, ca. 2.6 km oberhalb Einmündung in die Schwarze Lütschine, etwa auf der Höhe der Fassung Chrisegg am Milibach
- Schwarze Lütschine – vor Einmündung des Milibaches als Referenz
- Schwarze Lütschine – nach Einmündung des Milibachs = Schwallstrecke

Ökomorphologie

- Der Milibach weist eine stark beeinträchtigte bis naturnahe Ökomorphologie auf. Im Bereich der beiden Probenahmestellen ist er „wenig beeinträchtigt“.
- Der Horbach ist ebenfalls wenig beeinträchtigt bis naturnah. An der Untersuchungsstelle ist er wenig beeinträchtigt.
- Die Schwarze Lütschine ist oberhalb der Einmündung des Milibach naturnah und nach der Einmündung (Schwallstrecke) stark beeinträchtigt.

Die Voraussetzungen für die zuverlässige Bewertung der Breitbandindikatoren sind mehrheitlich erfüllt. Die Schwallstrecke in der Schwarzen Lütschine weist aber eine stark beeinträchtigte Ökomorphologie auf, weshalb die Daten dieser Untersuchungsstelle vorsichtig interpretiert werden müssen.

Wasserqualität (Nährstoffbelastung)

Die Wasserqualität wurde mittels Kieselalgenproben gemäss MSK Modul Kieselalgen (Hürlimann & Niederhauser 2007) erhoben. Der Diatomeen-Index DI-CH lag zwischen 1.5 und 2.29 was für alle Stellen der Zustandklasse 1 entspricht. Die Wasserqualität kann somit in allen drei Gewässern als sehr gut bewertet werden (Tab. 4). Die Summe sauerstoff-beeinflusster Arten liegt an allen Stellen unter 50 %, weshalb der DI-CH als zuverlässig gilt. Falls der Anteil über 50 % läge, könnte eine allfällige organische Verschmutzung durch die gute Belüftung wettgemacht werden. Der DI-CH würde in diesem Fall einen zu guten Wert anzeigen. Aus diesem Grund ist diese Plausibilisierung notwendig.

Der Saprobien-Index nach Zelinka & Marvan (1961), der anhand der erhobenen Makrozoobenthosproben berechnet wurde, lag in allen Untersuchungsstellen unter 1.5. Alle Stellen können somit der Saprobienstufe I zugeordnet werden, welche auf unbelastete Gewässer hindeutet.

Die Voraussetzungen zur zuverlässigen Bewertung der Breitbandindikatoren hinsichtlich Wasserqualität bzw. Nährstoffbelastung sind erfüllt.

Tabelle 4: Bewertung der Wasserqualität gemäss MSK Kieselalgen für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lütschine (SL). RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke, Ref = unbeeinflusste Referenzstelle.

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)
DI-CH (Zweiteichung)	1.5	1.68	1.8	2.27	2.29
Zustandsklasse	1	1	1	1	1
Summe O ₂ -beeinflusster Arten [%]	3	1.8	0	14.4	18.4

	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

F1 - MSK Fische

In Absprache mit dem AWA wurden keine Erhebungen zur Fischfauna durchgeführt und in den letzten 5 Jahren wurden auch keine Baustellenabfischungen durchgeführt, die eine Bewertung der Fischfauna nach MSK-F erlauben würden. Gemäss Auskunft des kantonalen Fischereiaufsehers wurden in den letzten 5 Jahren zwischen 27 und 44 Bachforellen pro Jahr gefangen. Diese dürften – mindestens im oberen Bereich des verpachteten Milibachs – ausschliesslich aus Besatzmassnahmen stammen.

F2 - Stranden von Fischen

Am 20.3.14 wurde im Milibach ein Schwallmonitoring durchgeführt. Dabei wurden eine Pegelsonde im Milibach unterhalb der Wasserrückgabe und eine Pegelsonde in der Schwarzen Lütschine exponiert (Messintervall 1 Minute). Die Turbinen des Kraftwerks wurden abgeschaltet und der Pegelrückgang gemessen. Der Basisabfluss, der vom Zwischeneinzugsgebiet stammte, betrug 50 l/s und entsprach somit dem Sunkabfluss im Hochwinter. Somit konnte auch abgeschätzt werden, welcher Anteil der benetzten Breite bei Sunk trockenfällt. Danach wurden die Turbinen wieder regulär hochgefahren, um auch die Pegelanstiegsrate messen zu können.



Abbildung 7: Schwallstrecke des Milibachs bei Schwall (links) und bei einem Sunk von ca. 50 l/s (rechts).

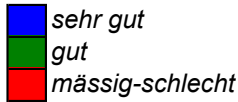
Die Pegelrückgangsrate lag im Milibach bei 1.1 cm/min weshalb dieser Teilindikator mit "mässig-schlecht" bewertet wurde (Tab. 5). In der Schwarzen Lütschine hingegen wurde der Schwall deutlich gedämpft. Die Pegelrückgangsrate betrug hier lediglich 0.3 cm/min. Das ist vor allem auf die erhöhten Abflüsse am Tag des Monitorings zurückzuführen. Anhand der erhobenen Daten lässt sich für die Schwarze Lütschine keine Aussage über die Situation im Hochwinter treffen.

Der Anteil trockenfallender Flächen betrug im Milibach gesamthaft betrachtet über 30% (Tab. 5). An einzelnen Stellen betrug er sogar 60%. Abbildung 7 zeigt exemplarisch eine Stelle, mit einem hohen Anteil an trockenfallenden Flächen. Somit ist dieser Teilindikator mit „mässig-schlecht“ zu bewerten.

Beide Teilindikatoren aggregiert ergeben eine „mässig-schlechte“ Bewertung für den Indikator F2 - Stranden von Fischen (Tab. 5).

Tabelle 5: Bewertung des Indikators F2 - Stranden von Fischen.

	Milibach	Schwarze Lütschine
Pegelrückgangsrage [cm/min]	-1.1	-0.3
Anteil trockenfallender Flächen [%]	> 30	-
Anzahl gestrandeter Fische [Ind.]	-	-
Gesamtbewertung		-



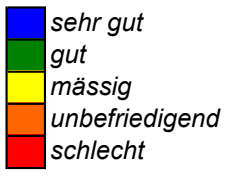
B1 – Biomasse Makrozoobenthos

Am 25.4.14 wurden in Grindelwald an den oben beschriebenen Stellen Makrozoobenthosproben entnommen. Anhand dieser 5 Proben wurden alle vier Makrozoobenthos-Indikatoren (B1-B4) bewertet.

Die Biomasse erreichte verglichen mit der Sollbiomasse an allen Stellen gute bis sehr gute Werte. Sowohl im Milibach als auch in der Schwarzen Lütschine lässt sich anhand dieses Indikators keine Beeinträchtigung nachweisen. Dieser Indikator kann für die Schwallstrecke mit „sehr gut“ bewertet werden (Tab. 6).

Tabelle 6: Bewertung des Indikators B1 – Makrozoobenthosbiomasse für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lütschine (SL). RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke, Ref = unbeeinflusste Referenzstelle.

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)
Biomasse [g/m ²]	2.1	4.4	9.4	7.5	7.8
Sollwert Biomasse [g/m ²]	2.8	4.2	2.8	4.2	4.4
Bewertung					



B2 – MSK Makrozoobenthos

Der IBCH lag zwischen 10 und 12 und somit an allen Stellen im mit „mässig“ bewerteten Bereich (Tab. 7). In der Schwarzen Lütschine und in der Schwallstrecke des Milibaches ist die Bewertung des IBCH zuverlässig. Im Horbach und der Restwasserstrecke des Milibaches kann es sich bei der Bewertung um ein Artefakt handeln. An beiden Stellen wurden Steinfliegen der Familie Perlodidae gefunden, welche für den IBCH einen hohen Indikatorwert besitzen. In der Probe kamen sie jedoch nicht in genügend grosser Anzahl vor, um für den IBCH berücksichtigt zu werden (mind. 3 Individuen/0.5 m²). Falls sie tatsächlich in grösserer Anzahl vorkommen, läge der IBCH an beiden Stellen bei 13 und somit im guten Bereich. In diesem Fall würde man eine klare Beeinträchtigung der Schwallstrecke des Milibaches gegenüber dem unbeeinflussten Horbach erkennen. Da diese Frage hier nicht abschliessend beantwortet werden kann, wird dieser Indikator für die Gesamtbewertung schwach gewichtet.

Eine weitere Unsicherheit bei der Bewertung ist, dass es schwierig ist die Einflüsse von Restwasserproblematik und Schwall/Sunk auseinander zu halten. Diese beiden Phänomene treten in der Schwallstrecke des Milibaches gleichzeitig auf. Vertiefte Untersuchungen in der Restwasserstrecke des Milibaches, welche im Rahmen der Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG durchgeführt wurden (Limnex 2014a), zeigten, dass

das Makrozoobenthos in seiner Menge (Individuenzahl) durch die ungenügende Restwassermenge im Milibach deutlich beeinträchtigt ist (z. B. Stelle Mi 3).

In der Schwarzen Lütschine zeigt sich klar, dass der Schwallbetrieb keinen Einfluss auf den Indikator B2 hat (Tab. 7). Der IBCH liegt sowohl an der Referenzstelle oberhalb Einmündung Milibach als auch unterhalb bei 12. Die Schwarze Lütschine weist einen grossen Vergletscherungsgrad (46 %) auf. Da solche Gewässer tendenziell artenärmer sind, könnte das als mögliche Erklärung für den mit „mässig“ bewerteten IBCH herangezogen werden.

Tabelle 7: Bewertung des Indikators B2 – MSK Modul Makrozoobenthos für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lütschine (SL). RW=Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke ,Ref = unbeeinflusste Referenzstelle.

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)	
IBCH	11	10	11	12	12	
Bewertung						

sehr gut
 gut
 mässig
 unbefriedigend
 schlecht

B3 – Längenzonation Makrozoobenthos

Die biozönotische Region ist aufgrund des Gefälles, der Gewässerbreite und der Temperatur in allen drei Bächen die obere Forellenregion (Epirithral). Der zu erwartende Längenzonationsindex (LZI) ist demnach 3.00. Basierend auf dem LZI kann an allen Stellen von einer für das Epirithral standorttypischen Artensammensetzung ausgegangen werden. Die Abweichungen vom erwarteten LZI liegen zwischen 0.07 und 0.39 Einheiten, weshalb alle Untersuchungsstellen gemäss Vollzugshilfe mit „gut“ bis „sehr gut“ bewertet wurden (Tab. 8). Ein deutlicher Einfluss des Schwallbetriebes auf die Längenzonation lässt sich anhand des LZI nicht erkennen.

Tabelle 8: Bewertung des Indikators B3 – Längenzonation des Makrozoobenthos für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lütschine (SL). RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke ,Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, ER = Epirithral/obere Forellenregion.

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)	
Längenzonationsindex	3.27 (ER)	3.2 (ER)	3.39 (ER)	3.07 (ER)	3.29 (ER)	
Sollwert (nach Huet 1949)	3 (ER)	3 (ER)	3 (ER)	3 (ER)	3 (ER)	
Bewertung						

sehr gut
 gut
 mässig
 unbefriedigend
 schlecht

Der RETI (Rhithron-Ernährungstypen-Index nach Schweder 1992) ist ein weiterer Indikator, der anzeigt, ob es sich um eine standorttypische Artengemeinschaft handelt. Er basiert auf der Zuordnung aller erfassten Makroinvertebraten zu bestimmten Ernährungstypen. Es wird davon ausgegangen, dass in Bachoberläufen unter den Primärkonsumenten Weidegänger und Zerkleinerer dominieren. Für den Rhithron-Ernährungstypen-Index wird dabei der Anteil von Weidegängern und Zerkleinerern am gesamten Makrozoobenthos berechnet. Für rhithrale Gewässer werden Werte grösser 0.5 erwartet, im Gewässerverlauf nimmt der RETI jedoch ab. Wie aus Tabelle 9 ersichtlich ist, weicht der RETI im Milibach im Vergleich zum Referenzgewässer Horbach vom erwarteten Wert ab. In der Restwasserstrecke ist es auf die hohe Dichte von passiven Filtrierern (Kriebelmücken) zurückzuführen. In der Schwallstrecke kamen Zuckmückenlarven (Chironomidae), die zu den Detritusfressern gehören, in sehr grosser Anzahl vor. Der RETI zeigt auf, dass im Milibach die für rhithrale Gewässer typische Zusammensetzung der Ernährungstypen gestört ist. Die unzureichende Restwassermenge als auch die schwallbedingte Benetzungsänderung in der sensiblen Entwicklungszeit der Larven, können für diese Störung verantwortlich gemacht werden.

Tabelle 9: Rhithron-Ernährungstypenindex (RETI) für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lütschine (SL). RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke, Ref = unbeeinflusste Referenzstelle.

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)
RETI (Schweder 1992)	0.32	0.44	0.65	0.65	0.68

B4 – EPT-Familien

Der Milibach ist hinsichtlich EPT-Familien im Vergleich zum unbeeinflussten Horbach deutlich beeinträchtigt (Tab. 10). In der Restwasserstrecke kann die Nulldotierung bei der Fassung als Erklärung für das Defizit herangezogen werden. In der Schwallstrecke kommt mit den Rhyacophilidae im Vergleich zur Restwasserstrecke eine Köcherfliegenfamilie mehr vor. Vertreter der sehr artenreichen Familie der Limnephilidae fehlen aber auch in der Schwallstrecke. In diesem Abschnitt kommt zusätzlich zum geringen Sunkabfluss (vgl. Indikator A1) auch die ständige Änderung der benetzten Breite dazu (vgl. Indikator F2), welche die Makroinvertebratenfauna beeinträchtigt. Besonders Limnephiliden-Arten, die bevorzugt in seichten, strömungsberuhigten Zonen leben, finden durch die Ausdehnung der Wasserwechselzone kaum einen stabilen Lebensraum. Eine klare Trennung zwischen Restwasserproblematik und Schwall/Sunk ist aber auch bei diesem Indikator nicht möglich.

Die Schwarze Lütschine weist einen hohen Vergletscherungsgrad auf, weshalb die Anzahl EPT-Familien auch niedriger ist als im nicht vergletscherten Horbach. Es lässt sich kein deutlicher Unterschied zwischen der Schwallstrecke und der Referenzstrecke in der Schwarzen Lütschine erkennen. Der Schwallbetrieb scheint also nur den Milibach zu beeinträchtigen.

Tabelle 10: Bewertung des Indikators B4 – EPT-Familien für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lütschine (SL). EPT = Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera), RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke, Ref = unbeeinflusste Referenzstelle.

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)
Anzahl EPT-Familien	5	6	8	7	6
Bewertung					

	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

H1 – Innere Kolmation

Die innere Kolmation ist in der Restwasserstrecke des Milibaches als gering einzustufen. In der Schwallstrecke ist sie gegenüber der Restwasserstrecke leicht erhöht. Das ist auf die Kolmationshorizonte am Ufer (nach Schälchli 2002) und auf die erhöhte Kickfahne zurückzuführen. Der Kolmationsindikator nach MSK Äusserer Aspekt unterscheidet sich jedoch nicht zwischen Restwasser- und Schwallstrecke (Tab.11). Die Kolmation in der Schwallstrecke ist nicht als problematisch einzustufen.

Der unbeeinflusste Horbach kann hier nicht als Referenz herangezogen werden, da er aus natürlichen Gründen eine erhöhte Kolmation aufweist.

In der Schwarzen Lütschine ist die innere Kolmation sowohl oberhalb als auch unterhalb der Einmündung des Milibaches erhöht. Der Schwallbetrieb scheint hier keinen Einfluss zu haben. Die höheren Kolmationswerte können auf die Vergletscherung dieses Gewässers zurückgeführt werden.

Ein weiterer Aspekt, der für die Kolmation von Bedeutung ist, ist das Resuspendieren von Feinsediment beim Schwallanstieg (Auswascheffekt). Dadurch steigt die Wassertrübung an und das mobilisierte Feinsediment kann in die Porenräume der Bachsohle eingetragen werden. Aus diesem Grund wurde die Wassertrübung während des Schwallmonitorings am 20.3.14 erfasst. Die Wassertrübung wurde durch eine Sonde aufgezeichnet (Einheit NTU), die Schwebstoffkonzentration (gesamte ungelöste Stoffe; GUS) wurde

aus Wasserproben ermittelt, welche während des Schwalldurchganges aus der fliessenden Welle entnommen wurden. Diese wurden anschliessend im Labor filtriert und gewogen.

Abbildung 8 zeigt den Verlauf der Wassertrübung während des begleiteten Schwalldurchganges. Es zeigte sich ein deutlicher Auswascheffekt beim Schwallanstieg mit GUS-Konzentrationen von bis zu 75 mg/l. Die Konzentration sank nach der ersten Mobilisierung wieder rasch in den Bereich von ca. 20 mg/l. Die Wassertrübung schwankte zwischen 10 und 95 NTU. Sie stieg jedoch nicht mit der Schwebstoffkonzentration an. Das ist auf die unterschiedliche Sensitivität der beiden Methoden zurückzuführen. Während die Trübungssonde sensitiver auf ganz feine Partikel reagiert, können mit der Ermittlung der Schwebstoffkonzentration eher grössere Partikel erfasst werden.

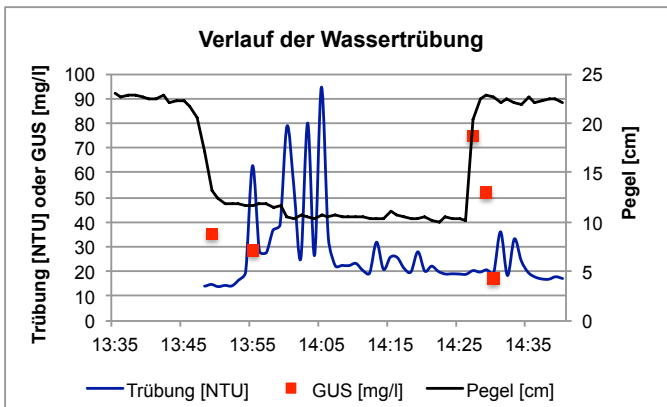


Abbildung 8: Verlauf des Pegels (schwarz), der Wassertrübung in NTU (blau) und der Schwebstoffkonzentration (rote Punkte) während des Schwalldurchganges am 20.3.14.

Anhand der Messung kann man davon ausgehen, dass ganz feine Fraktionen bei Schwall nur in geringem Masse ausgewaschen werden. Die Wassertrübung ist mit Werten unter 100 NTU im niedrigen Bereich. Das Maximum der Schwebstoffkonzentration beim Schwallanstieg liegt weit über dem von der Vollzugshilfe vorgeschlagenen Grenzwert von 15 mg/l. Trotzdem wird die Kolmation durch den Schwallbetrieb nicht massgeblich erhöht. Aus diesem Grund wurde hier auf die Bewertung der Kolmation nach Vollzugshilfe verzichtet. Die genaue Methodik zur Kolmationsbewertung ist im Anhang detailliert beschrieben.

Tabelle 11: Bewertung des Indikators H1 – Innere Kolmation für den Milibach (Mi), Horbach (Ho) und die Schwarze Lutschine (SL). RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke, Ref = unbeeinflusste Referenzstelle. Die aggregierte innere Kolmation wird als gewichtetes Mittel der drei Werte berechnet (vgl. Methodik Anhang).

	Mi 3 (RW)	Mi 4 (S/S)	Ho 0 (Ref)	SL 0 (Ref)	SL 1 (S/S)
Innere Kolmaion (Schälchli 2002)	1.5	2.5	3.5	4	3.5
Innere Kolmation (Strohmeier et al. 2004)	1	2	3		
Innere Kolmation (MSK Äusserer Aspekt)	1	1	2	2	2
Innere Kolmation aggregiert	1.4	2.1	3.3	3.7	3.4

■ sehr gut
■ gut
■ mässig
■ unbefriedigend
■ schlecht

A1 – Mindestabfluss

Das natürliche Q_{347} bei der Rückgabestelle wurde vom BAFU modelliert (ModQAlp: Abschätzverfahren für den Alpenraum, vgl. Anhang $V_{S/S}$) und beträgt 100 l/s. Gemäss Art. 31 GSchG müsste bei der Rückgabestelle ein Sunkabfluss von 82 l/s im Gewässer vorhanden sein. Da bei der Fassung im heutigen Zustand kein Restwasser dotiert wird, wird diese Anforderung nicht erfüllt. Der Indikator A1 wird aus diesem Grund mit „schlecht“ bewertet. Abklärungen zur Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG werden zur Zeit getroffen (Berechnung Q_{347} , Makrozoobenthoserhebungen).

Tabelle 12: Bewertung des Indikators A1 - Mindestabfluss für den Milibach. Achtung: der Mindestabfluss wird bei der Wasserrückgabe bewertet und nicht bei der Fassung.

	Milibach	
Restwasserdotierung [l/s]	0	
natürlicher Q_{347} bei Rückgabe [l/s]	100	
Sunk gemäss GSchG Art. 31 [l/s]	82	
Bewertung		

Q1 – Temperatur

Die Wassertemperatur wurde mit zwei Datenloggern jeweils oberhalb und unterhalb der Wasserrückgabe aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte gemäss MSK Modul Temperatur (Dübendorfer et al. 2011). Der Indikator Q1 konnte nur für die Periode von April bis Juni 2014 für die Schwallstrecke und die Restwasserstrecke bewertet werden, da der Datenlogger in der Restwasserstrecke während eines Hochwassers verloren ging. Für diesen Zeitraum zeigt sich, dass die Temperaturänderungsrate sowohl in der Restwasserstrecke als auch in der Schwallstrecke im mässigen Bereich liegt (Tab. 13). Ein negativer Einfluss des Kraftwerks lässt sich hier nicht erkennen.

In der Schwallstrecke werden die Messungen noch fortgeführt. Die Auswertung der Daten von April bis Oktober 2014 zeigten, dass die Temperaturänderungsrate im Vergleich zur kürzeren Periode (April bis Juni) auf 4.2 °C/h anstieg und mit „unbefriedigend“ bewertet würde. Es fehlen hier aber die Daten aus der Restwasserstrecke, um festzustellen, ob der Schwallbetrieb dafür verantwortlich ist oder nicht.

Anhand dieser kurzen Messperiode kann der Indikator Q1 nicht zuverlässig bewertet werden. Er wird deshalb nicht für die Gesamtbewertung des KW Isch berücksichtigt.

Tabelle 13: Bewertung des Indikators Q1 - Temperatur für den Milibach. von April bis Juni 2014.

	Restwasserstrecke	Schwallstrecke	
$TR_{Schwall/Sunk}$ [°C/h]	3.6	3.2	
Korrekturfaktoren	-	-	
Bewertung			

4.1.3. Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Betrieb des Kraftwerks Isch nur im Milibach zu einer Beeinträchtigung von Gewässerorganismen führt. Anhand der Makrozoobenthosindikatoren lässt sich eine Beeinträchtigung im Milibach erkennen. Zu welchem Teil die ungenügende Restwassermenge und zu welchem Teil Schwall/Sunk dafür verantwortlich sind, lässt sich aber nicht beantworten. Der schwallspezifische Indikator F2 zeigt jedoch klar, dass der Schwallbetrieb problematisch ist. Untersuchungen zur Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG werden zur Zeit durchgeführt. Wir gehen jedoch davon aus, dass trotz Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG eine Schwall/Sunk-Problematik bestehen bleibt. Das Schwall/Sunk-Verhältnis läge bei einer hypothetischen Dotation von 50 l/s immer noch bei ca. 9.

In der Schwarze Lütschine konnte keine schwallbedingte Beeinträchtigung festgestellt werden. Wie oben beschrieben, lassen sich die geringere Anzahl an EPT-Familien und die erhöhte Kolmation auf den Gletschereinfluss zurückführen.

Anhand von zwei mit „schlecht“ bewerteten Indikatoren im Milibach, gilt das Kraftwerk Isch nach Vollzugshilfe als **sanierungspflichtig** (Tab. 14).

Die Sanierung dieses Kraftwerks wird als **prioritär** eingestuft.

Tabelle 14: Zusammenfassung der Indikatorbewertungen für die Schwallstrecke im Milibach und in der Schwarzen Lütschine.

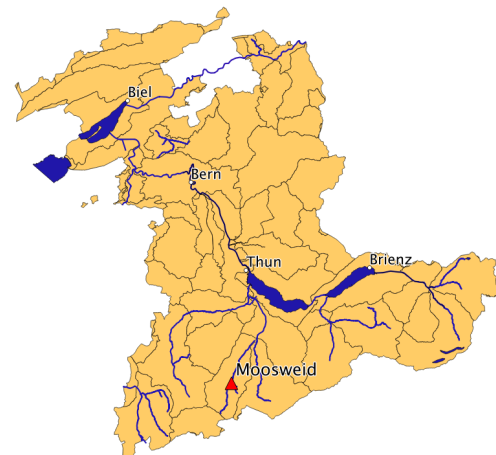
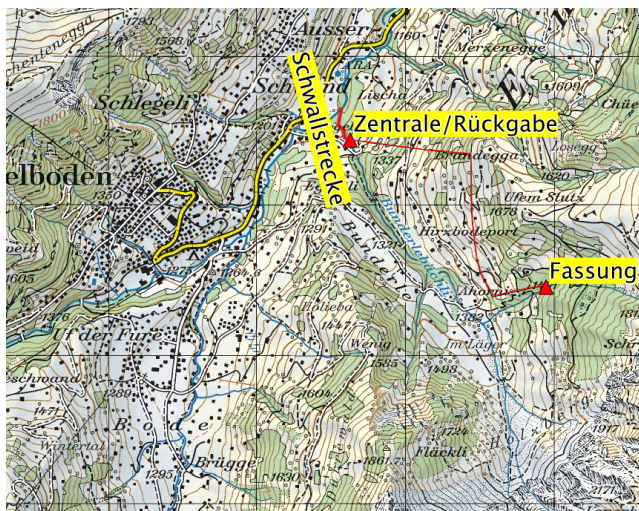
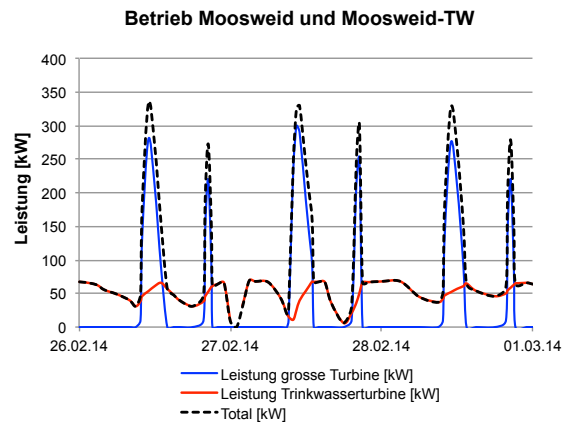
Indikatoren	Milibach	Schwarze Lütschine
F2 - Stranden von Fischen	schlecht	sehr gut
B1 - Biomasse MZB	sehr gut	sehr gut
B2 - MSK Modul MZB	mässig	mässig
B3 - Längenzonation MZB	sehr gut	gut
B4 - EPT-Familien	mässig	mässig
H1 - Innere Kolmation	gut	mässig
A1 - Mindestabfluss	schlecht	X
Q1 - Temperatur	X	X

- sehr gut
- gut
- mässig
- unbefriedigend
- schlecht

X = Nicht bewertet

4.2. Moosweid und Moosweid-TW

Kraftwerk	Moosweid und Moosweid-TW
Betreiber:	Licht- und Wasserwerk Adelboden AG
Gemeinde:	Adelboden
Einzugsgebiet:	Entschlige
Rückgabegewässer:	Bunderlebächli
Kantonale Nummer:	20044/20046
Werktyp:	Umleitwerk mit Speicherung/ Trinkwasser-Überleitungskraftwerk
Koordinaten Anlageteil	610'630/149'440
Ausbauwassermenge [l/s]:	KW: 150; TW: 50
Dotierpflicht bei Fassung [l/s]:	0
Sunk bei Schwallrückgabe [l/s]:	48
Schwall/Sunk-Verhältnis:	KW: 4.1; TW: 2.04; Total: 5.1
Länge Schwallstrecke [km]:	0.2
Ökomorphologie Schwallstrecke:	stark beeinträchtigt bis naturnah



4.2.1. Kraftwerksbetrieb

Die Turbinen des KW Moosweid und des Moosweid-TW befinden sich in der gleiche Zentrale und besitzen die selbe Wasserrückgabe. Das TW Moosweid produziert zwar keinen Schwall/Sunk im Sinne des GSchG (vgl. Kap. 3), wird an dieser Stelle aber trotzdem mitanalysiert. Die Trinkwasserturbine (Ausbauwassermenge 50 l/s) erhält ihr Wasser aus dem Überlauf der Trinkwasserversorgung Adelboden. Der Betrieb dieser Turbine hängt somit sehr stark vom Verbrauch des Trinkwassers ab. Zum Beispiel ist an Wochenenden mit vielen Hotelgästen mit wenig Trinkwasserüberlauf zu rechnen. Die Turbine des KW Moosweid (Ausbauwassermenge 150 l/s) nutzt das Wasser mehrerer kleiner Quellbäche (Ahornquellen) am Bunderspitz. Das Wasser wird von der Fassung in zwei Reservoirs geleitet und von dort der Turbine zugeführt. Der Betrieb der beiden Turbinen ist unabhängig voneinander möglich. Der Auszug aus den Betriebsdaten beider Turbinen für den Winter 2014 zeigt jedoch, dass die Turbinen oft gleichzeitig in Betrieb sind. Dadurch beträgt die maximal ins Gewässer zurückgegebene Wassermenge nicht 150 l/s (nur Turbine KW), sondern 200 l/s (beide zusammen). Das vom Schwall/Sunk betroffene Bunderlebächli mündet nach 200 m in die Entschlige. Aufgrund des berechneten Q_{347} stellt der Schwallbetrieb in der Entschlige kein Problem mehr dar ($V_{SYS} < 1.5$).

4.2.2. Bewertete Indikatoren

Im Rahmen der Schwalluntersuchungen wurden zwei Stellen im Bunderlebächli beprobt:

- Referenzstelle, ca. 40 m oberhalb der Wasserrückgabe, unbeeinflusstes Abflussregime
- Schwallstrecke, ca. 50 m unterhalb der Wasserrückgabe

Ökomorphologie

- Referenzstelle: Stark beeinträchtigte Ökomorphologie
- Schwallstrecke: Wenig beeinträchtigte bis natürliche/naturnahe Ökomorphologie

Wasserqualität (Nährstoffbelastung)


Die Wasserqualität wurde mittels Kieselalgenproben gemäss MSK Modul Kieselalgen (Hürlimann & Niederhauser 2007) erhoben. Der Diatomeen-Index DI-CH lag an beiden Stellen bei 1.5, was der Zustandsklasse 1 entspricht (Tab. 15). Die Wasserqualität kann somit an beiden Stellen als „sehr gut“ bewertet werden. Die Summe sauerstoff-beeinflusster Arten liegt sowohl in der Referenzstelle als auch in der Schwallstrecke unter 50 %, weshalb der DI-CH als zuverlässig gilt. Falls der Anteil über 50 % läge, könnte eine allfällige organische Verschmutzung durch die gute Belüftung wettgemacht werden. Der DI-CH würde in diesem Fall einen zu guten Wert anzeigen. Aus diesem Grund ist diese Plausibilisierung notwendig.

Der Saprobien-Index nach Zelinka & Marvan (1961), der anhand der erhobenen Makrozoobenthosproben berechnet wurde, lag mit 1.24 (Bu 0) bzw. 1.21 (Bu 1) unter 1.5. Beide Untersuchungsstellen können somit der Saprobienstufe I zugeordnet werden, welche auf unbelastete Gewässer hindeutet.

Die Voraussetzungen zur zuverlässigen Bewertung der Breitbandindikatoren hinsichtlich Wasserqualität bzw. Nährstoffbelastung sind erfüllt.

Tabelle 15: Bewertung der Wasserqualität gemäss MSK Kieselalgen für das Bunderlebächli (Bu). Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke.

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)	
DI-CH (Zweiteichung)	1.52	1.53	
Zustandsklasse	1	1	
Summe O ₂ -beeinflusster Arten [%]	0.2	0.4	



- sehr gut
- gut
- mässig
- unbefriedigend
- schlecht

F2 - Stranden von Fischen

Am 20.3.14 wurde im Bunderlibächli ein Schwallmonitoring durchgeführt. Dabei wurden eine Pegelsonde im Bunderlibächli unterhalb der Wasserrückgabe und eine Pegelsonde in der Entschlige exponiert (Messintervall 1 Minute). Beide Turbinen wurden auf Vollast hochgefahren und nach 15 Minuten wieder heruntergefahren. Aus Zeitgründen wurden beide Turbinen innerhalb von 10-20 Minuten hoch- und heruntergefahren. Normalerweise dauert dieser Prozess jeweils 2 Stunden.



Abbildung 9: Bunderlebächli ca. 500 m unterhalb der Wasserrückgabe bei Sunk (links) und bei Schwall (rechts). Die Änderung der benetzten Breite beträgt an dieser Stelle ca. 10 %.

Die benetzte Breite wurde bei Sunk und bei Schwall an zwei gut zugänglichen und repräsentativen Stellen gemessen (Abb. 9). Der Basisabfluss, der vom Zwischeneinzugsgebiet stammte, betrug 190 l/s. Dieser widerspiegelte jedoch nicht den Sunkabfluss im Hochwinter. Aus diesem Grund wurde die benetzte Breite mittels Korrelation (logarithmisch und linear) in den Bereich des Niederwasserabflusses (ca. 48 l/s) extrapoliert (Abb. 10).

Trotz der verkürzten An- und Abstelldauer der Turbinen lag die Pegelrückgangsrate mit 0.3 cm/min im Bunderlebächli im guten Bereich. Bei Normalbetrieb ändert sich der Pegel somit noch sehr viel langsamer als bei diesem Monitoring. In der Entschlige war der Einfluss des Schwalls kaum zu erkennen. Allerdings ist dies auf die erhöhten Abflüsse am Tag des Monitorings zurückzuführen.

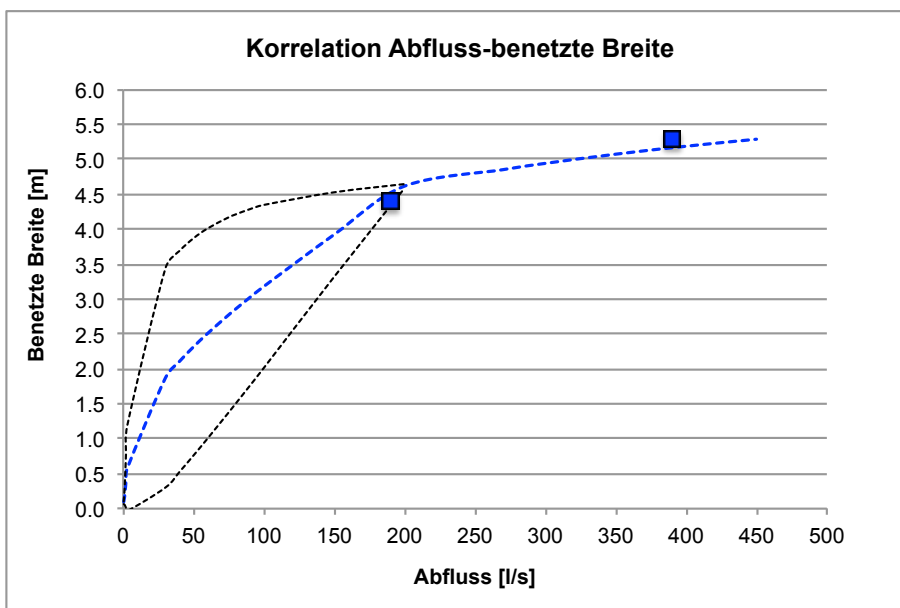


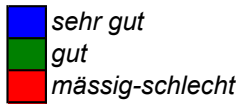
Abbildung 10: Korrelation zwischen Abfluss und mittlerer benetzter Breite im Bunderlebächli. Die Korrelation entspricht dem Mittelwert zwischen einer logarithmischen und einer linearen Regression (blaue Linie). Die schwarz gestrichelten Linien zeigen die Standardabweichung vom Mittelwert im extrapolierten Bereich. Die gemessenen Werte werden durch die blauen Punkte angezeigt.

Das natürliche Q_{347} des Bunderlebächlis ohne die gefassten Seitenbäche beträgt bei der Wasserrückgabe ca. 48 l/s. Dieser Wert entspricht dem Sunkabfluss, da bei den Fassungen der Seitenbäche kein Restwasser abgegeben wird. Die mittlere benetzte Breite im Niederwasserbereich beträgt gemäss Berechnung ca. 2.3 m (Abb. 13). Bei vollem Schwall ($Q_{Schwall}$ 248 l/s) beträgt die mittlere benetzte Breite 4.9 m. Der Flächenverlust würde somit ca. 53 % betragen, was für diesen Teilindikator zu einer „mässig-schlechten“ Bewertung führt. Wenn nur die grosse Turbine mit einer Ausbauwassermenge von 150 l/s betrieben wird, beträgt der Flächenverlust bei Niederwasser ca. 50 % und läge ebenfalls im mit „schlecht“ bewerteten Bereich. Ein Problem hinsichtlich Ausdehnung der wechsellassenen Zone besteht also sowohl bei gleichzeitigem Betrieb beider Turbinen als auch beim Betrieb des KW Moosweid allein. Wie Abbildung 10 zeigt, sind diese Berechnungen aber mit einer grossen Unsicherheit behaftet. Der wahre Verlauf der Benetzungskurve im Niederwasserbereich ist unbekannt. Deshalb sollten die Benetzungsverluste bei Sunk vorsichtig interpretiert werden.

Für die Gesamtbewertung wird nur der Schwall des KW Moosweid beurteilt. Beide Teilindikatoren aggregiert ergeben die Bewertung „mässig-schlecht“ (Tab. 16)

Tabelle 16: Bewertung des Indikators F2 - Stranden von Fischen.

	Bunderlibach	Entschlige
Pegelrückgangrate [cm/min]	-0.3	-0.2
Anteil trockenfallender Flächen [%]	50	-
Anzahl gestrandeter Fische [Ind.]	-	-
Gesamtbewertung		-




B1 – Biomasse Makrozoobenthos

Am 24.4.14 wurden in Adelboden an den oben beschriebenen Stellen Makrozoobenthosproben entnommen. Anhand dieser 2 Proben wurden alle vier Makrozoobenthos-Indikatoren (B1-B4) bewertet.

Die Biomasse erreichte verglichen mit der Sollbiomasse an beiden Stellen sehr gute Werte. Anhand dieses Indikators lässt sich keine Beeinträchtigung nachweisen (Tab. 17).

Tabelle 17: Bewertung des Indikators B1 – Makrozoobenthosbiomasse für das Bunderlebächli (Bu). Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke.

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)
Biomasse [g/m ²]	32.7	25.6
Sollwert Biomasse [g/m ²]	3.5	3.6
Bewertung		



B2 – MSK Makrozoobenthos

Der IBCH lag mit 15 resp. 14 an beiden Stellen im mit „gut“ bewerteten Bereich (Tab. 18). Die Bewertung des IBCH kann als zuverlässig betrachtet werden, da an beiden Stellen genügend Familien mit hohem Indikatorwert vorkamen. Der Unterschied zwischen der Referenzstelle und der Schwallstrecke ist auf die leicht geringere Anzahl Taxa in der Schwallstrecke zurückzuführen. Ob der Schwallbetrieb dafür verantwortlich ist, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Anhand des IBCH kann jedoch keine Beeinträchtigung dieses Gewässers festgestellt werden.

Tabelle 18: Bewertung des Indikators B2 – MSK Modul Makrozoobenthos für das Bunderlebächli (Bu). Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke.

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)
IBCH	15	14
Bewertung		

	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

B3 – Längenzonation Makrozoobenthos

Die biozönotische Region ist aufgrund des Gefälles, der Gewässerbreite und der Temperatur die obere Forellenregion (Epirithral). Der zu erwartende Längenzonationsindex (LZI) ist demnach 3.00. Basierend auf dem LZI kann an beiden Stellen von einer für das Epirithral standorttypischen Artenzusammensetzung ausgegangen werden. Die Abweichungen vom erwarteten LZI liegen unter 0.25 Einheiten, weshalb beide Untersuchungsstellen gemäss Vollzugshilfe mit „sehr gut“ bewertet wurden (Tab. 19). Ein deutlicher Einfluss des Schwallbetriebes auf die Längenzonation lässt sich anhand des LZI nicht erkennen.

Tabelle 19: Bewertung des Indikators B3 – Längenzonation des Makrozoobenthos für das Bunderlebächli (Bu). Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke, ER = Epirithral/obere Forellenregion.

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)
Längenzonationsindex	3.06 (ER)	3.13 (ER)
Sollwert (nach Huet 1949)	3.00 (ER)	3.00 (ER)
Bewertung		

	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

Der RETI (Rhithron-Ernährungstypen-Index nach Schweder 1992) ist ein weiterer Indikator, der anzeigt, ob es sich um eine standorttypische Artengemeinschaft handelt. Er basiert auf der Zuordnung aller erfassten Makroinvertebraten zu bestimmten Ernährungstypen. Es wird davon ausgegangen, dass in Bachoberläufen unter den Primärkonsumenten Weidegänger und Zerkleinerer dominieren. Für den Rhithron-Ernährungstypen-Index wird dabei der Anteil von Weidegängern und Zerkleinerern am gesamten Makrozoobenthos berechnet. Für rhithrale Gewässer werden Werte grösser 0.5 erwartet, im Gewässerverlauf nimmt der RETI jedoch ab. Wie aus Tabelle 20 ersichtlich ist, dominieren an beiden Stellen Weidegänger und Zerkleinerer. Der RETI liegt somit im erwarteten Bereich (> 0.5). Ein Einfluss des Schwallbetriebes lässt sich nicht erkennen.

Tabelle 20: Rhithron-Ernährungstypenindex (RETI) für das Bunderlebächli (Bu). Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke.

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)
RETI (Schweder 1992)	0.62	0.72

Basierend auf diesen beiden Indices kann die Artenzusammensetzung des Makrozoobenthos als standorttypisch und als nicht wesentlich beeinträchtigt bewertet werden.

B4 – EPT-Familien

Die Anzahl EPT-Familien liegt an beiden Stellen mit 10 im mit „gut“ bewerteten Bereich (Tab. 21). Ein Einfluss des Schwallbetriebes lässt sich anhand dieses Indikators nicht erkennen.

Tabelle 21: Bewertung des Indikators B4 – EPT-Familien für das Bunderlebächli (Bu). EPT = Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera), Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke.

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)
Anzahl EPT-Familien	10	10
Bewertung		



H1 – Innere Kolmation

Die innere Kolmation ist sowohl in der Schwallstrecke als auch in der Referenzstelle als gering einzustufen (Tab. 22). Alle drei Kolmationsindikatoren deuten auf eine lockere, unverdichtete Sohle hin. Hinsichtlich Kolmation besteht im Bunderlebächli keine Beeinträchtigung.

Tabelle 22: Bewertung des Indikators H1 – Innere Kolmation für das Bunderlebächli (Bu). Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, S/S = Schwallstrecke. Die aggregierte innere Kolmation wird als gewichtetes Mittel der drei Werte berechnet (vgl. Methodik Anhang).

	Bu 0 (Ref)	Bu 1 (S/S)
Innere Kolmaion (Schälchli 2002)	2.5	2
Innere Kolmation (Strohmeier et al. 2004)	2	1.5
Innere Kolmation (MSK Äusserer Aspekt)	1	1
Innere Kolmation aggregiert	2.1	1.7



Der Verlauf der Wassertrübung und der Schwebstoffkonzentration in Abbildung 11 zeigt, dass beide im niedrigen Bereich liegen. Die Schwebstoffkonzentration bleibt während des ganzen Schwalldurchganges konstant im Bereich zwischen 2.5 und 5 mg/l. Damit liegt sie auch unter dem von der Vollzugshilfe vorgeschlagenen Grenzwert von 15 mg/l. Die Wassertrübung blieb auch mehrheitlich konstant bei ca. 15 NTU. Einzig beim Schwallrückgang stieg sie kurzzeitig auf 75 NTU an. Anhand dieser niedrigen Werte ist nicht von einer Beeinträchtigung der Gewässerorganismen durch erhöhte Trübung auszugehen. Die Kolmation wird durch den Schwallbetrieb nicht erhöht.

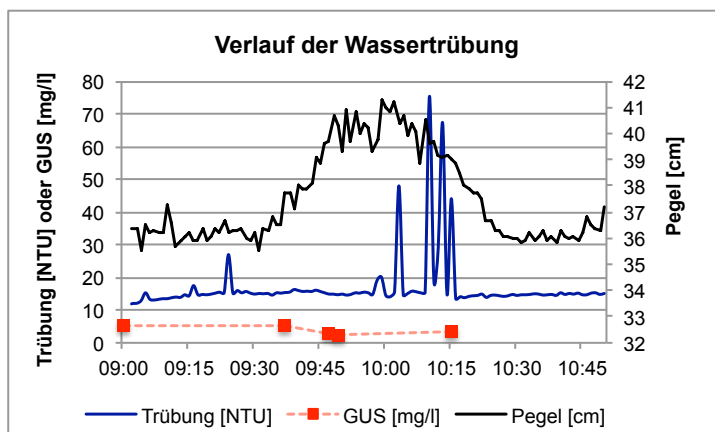


Abbildung 11: Verlauf des Pegels (schwarz), der Wassertrübung in NTU (blau) und der Schwebstoffkonzentration (rote Punkte) während des Schwalldurchganges am 20.3.14.

A1 – Mindestabfluss

Der Indikator A1 kann nicht bewertet werden, da nicht das Bunderlebächli selbst, sondern ein Teil seiner Zuflüsse (Quellbäche) gefasst werden.

Q1 – Temperatur

Die Bewertung der Temperatur nach Dübendorfer et al. (2011) zeigt sowohl für die Restwasserstrecke als auch für die Schwallstrecke den Zustand „gut“ an (Tab. 23). Die Temperaturänderungsrate liegt in der Schwallstrecke zwar etwas höher als in der Restwasserstrecke, stellt gemäss MSK Temperatur aber kein Problem dar. Korrekturfaktoren wurden keine angewendet. Da die Temperatur nur über einen Zeitraum von 6 Monaten erhoben wurde, ist die Bewertung hier nur beschränkt aussagekräftig. Wir gehen jedoch davon aus, dass im Bunderlebächli kein Problem bezüglich Temperatur besteht.

Tabelle 23: Bewertung des Indikators Q1 - Temperatur für das Bunderlebächli. von April bis Oktober 2014. Die beiden Datenlogger wurden 40 m voneinander entfernt exponiert.

	Restwasserstrecke	Schwallstrecke	
TR _{Schwall/Sunk} [°C/h]	1.4	2	
Korrekturfaktoren	-	-	
Bewertung			

- sehr gut
- gut
- mässig
- unbefriedigend
- schlecht

4.2.3. Zusammenfassung

Aufgrund des Indikators F2, welcher mit „mässig-schlecht“ bewertet wurde, wäre das KW Moosweid sanierungspflichtig (Tab. 24). Die biologischen Parameter aber zeigen keine Beeinträchtigung des Gewässers an. Zudem ist der für Fische aus der Entschlinge zugängliche Abschnitt des Bunderlebächlis weniger als 200 m lang und anschliessend wegen mehreren natürlichen Abstürzen (> 0.5 m) nicht mehr durchwanderbar. Wir gehen daher davon aus, dass im Bunderlebächli trotz der Bewertung von Indikator F2 keine wesentliche Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk verursacht wird. Das KW Moosweid wird aus diesem Grund über den Notausgang als **nicht sanierungspflichtig** ausgeschieden.

Tabelle 24: Zusammenfassung der Indikatorbewertungen für die Schwallstrecke im Bunderlebächli.

Indikatoren	Bunderlebächli
F2 - Stranden von Fischen	
B1 - Biomasse MZB	
B2 - MSK Modul MZB	
B3 - Längenzonation MZB	
B4 - EPT-Familien	
H1 - Innere Kolmation	
A1 - Mindestabfluss	X
Q1 - Temperatur	

	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

X = Nicht bewertet

4.3. Alte Mühle

Kraftwerk	Alte Mühle
Betreiber:	Reto Marti
Gemeinde:	Oberbipp
Einzugsgebiet:	Aare
Rückgabegewässer:	Dorfbach Oberbipp
Kantonale Nummer:	45029
Werktyp:	Umleitwerk mit Speicherung
Koordinaten Anlageteil	616625/234693
Ausbauwassermenge [l/s]:	40
Dotierpflicht bei Fassung [l/s]:	unbekannt
Sunk bei Schwallrückgabe [l/s]:	unbekannt
Schwall/Sunk-Verhältnis:	unbekannt, aber grösser 1.5
Länge Schwallstrecke [km]:	4.19
Ökomorphologie Schwallstrecke:	naturfern bis naturnah

4.3.1. Kraftwerksbetrieb

Das Kraftwerk Alte Mühle verfügt über einen Speicherweiher (Mühleweiher Oberbipp), der aus Quellen und dem Dorfbach gespeisen wird und gleichzeitig auch als Feuerwehrweiher dient. Die Fassung besteht aus einem Tirolerwehr, welches in einen Geschiebesammler oberhalb des Dorfes integriert ist (Abb. 12 links). Mit einer im Tirolerwehr eingelegten Blechabdeckung kann eine minimale Restwassermenge garantiert werden. Die Menge ist allerdings unbekannt. Die Wasserrückgabestelle befindet sich im Dorf Oberbipp unter einem Haus (Abb. 12 rechts). Wie aus der Darstellung oben ersichtlich ist, findet fast täglich Schwall/Sunk im Dorfbach statt. Die Turbine wird jeweils nach Feierabend eingeschaltet und läuft während ca. 3 Stunden. Die Ausbauwassermenge beträgt 40 l/s.



Abbildung 12: „Fassungsbauwerk“ für den Mühleweiher Oberbipp, das Wasser wird oberhalb einer hohen Schwelle (Mitte) in den Weiher abgeleitet (links) und Wasserrückgabe unter einem Haus im Dorf (rechts).

4.3.2. Bewertete Indikatoren

Ökomorphologie

Der Dorfbach verläuft als Kanal mit beidseitig senkrechten Ufern und gepflasterter Sohle bis zu einem Sammelbecken unterhalb des Dorfes. Ab diesem Becken ist das Gewässer zwar kanalisiert, aber die Sohle und die Uferböschungen sind aus natürlichen Materialien erstellt (Abb. 13). Die Ökomorphologie ist auf diesem Abschnitt als „naturfremd/künstlich“ bewertet worden. Vor der Mündung in die Aare gibt es jedoch einzelne Abschnitte mit wenig beeinträchtigter bis naturnaher Ökomorphologie. Diese Abschnitte machen jedoch nur etwa 10 % der gesamten Schwallstrecke aus.

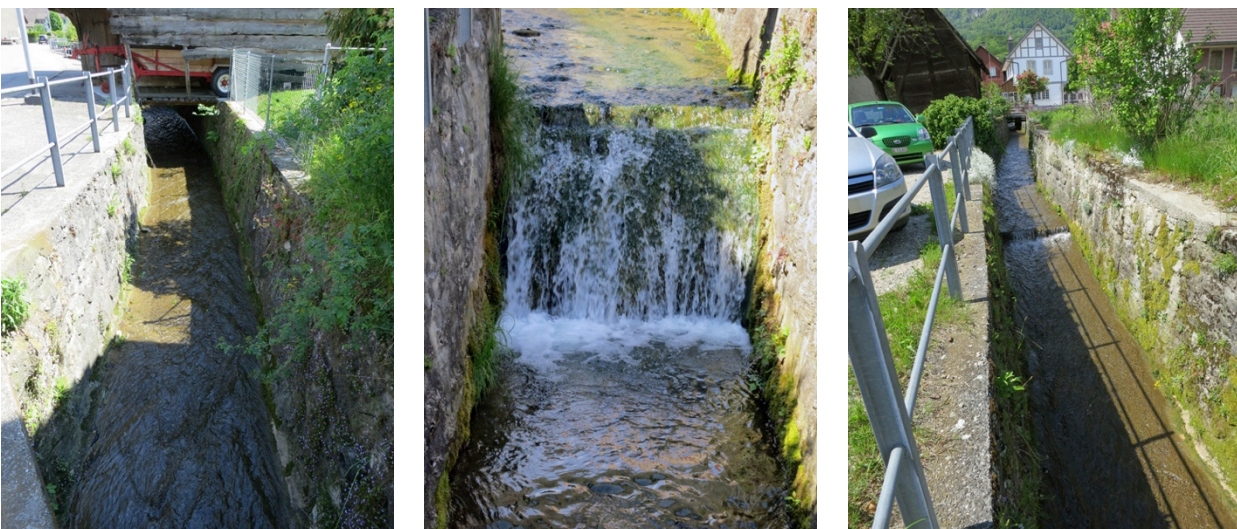


Abbildung 13: Der Mühlebach Oberbipp im Dorf Oberbipp mit hohen Überfällen, Anzeichen starker Nährstoffbelastung, durchgehend gepflasterter Sohle und Betonmauern und ausserhalb des Siedlungsgebietes (von oben nach unten).

F2 - Stranden von Fischen

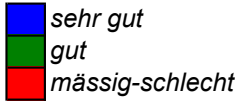
Im Oktober 2014 wurde im Dorfbach eine Drucksonde ca. 1.2 km unterhalb der Wasserrückgabe exponiert, welche den Pegel einen Monat lang aufzeichnete. Anhand dieser Daten konnte die Pegelrückgangsrate bestimmt werden. Bei einer Begehung bei Sunk (im Niederwasserbereich) wurde zudem der mittlere Benetzungsverlust in der Schwallstrecke abgeschätzt.

Die mittlere Pegelrückgangsrate lag bei den aufgezeichneten Schwallereignissen mit 0.91 cm/min klar über dem Grenzwert von 0.5 cm/min. Deshalb ist dieser Teilindikator mit „mässig-schlecht“ zu bewerten.

Der Anteil an trockenfallenden Flächen wurde im Mittel auf ca. 20 % geschätzt. Im kanalisierten Teil des Dorfbaches betrug der Benetzungsverlust stellenweise nur etwa 5 %. Im naturnahen Abschnitt vor der Mündung in die Aare wurden aber Verluste von bis zu 70 % beobachtet. Dies ist auf eine deutliche Reduktion der Abflussmenge im Längsverlauf des Gewässers zurückzuführen. Als mögliche Ursache kommt hier Versickerung in Frage. Diese Vermutung wurde auch schon vom zuständigen Fischereiaufseher geäußert. Allerdings fehlen gezielte Untersuchungen zu diesem Thema. Im naturnahen Abschnitt nahe der Mündung könnte der Schwallbetrieb der Alten Mühle durchaus problematisch sein. Da jedoch der grösste Teil der Schwallstrecke eine kleine Wasserwechselzone aufweist, wird dieser Teilindikator mit „gut“ bewertet. Als Bewertungsgrundlage dient der mittlere Flächenverlust über die ganze Schwallstrecke.

Tabelle 25: Bewertung des Indikators F2 - Stranden von Fischen.

	Dorfbach
Pegelrückgangsrate [cm/min]	-0.91
Anteil trockenfallender Flächen [%]	20
Anzahl gestrandeter Fische [Ind.]	-
Gesamtbewertung	



Beide Teilindikatoren aggregiert ergeben gemäss der im Anhang beschriebenen Methodik die Bewertung „mässig-schlecht“.

4.3.3. Zusammenfassung

Das Kleinkraftwerk Alte Mühle ist mit einem mit „schlecht“ bewerteten Indikator gemäss Vollzugshilfe **sanierungspflichtig** (Tab. 26). Es ist an dieser Stelle jedoch festzuhalten, dass in diesem Gewässer noch weitere massive Beeinträchtigungen bestehen (Restwasserproblematik, Ökomorphologie, Fischgängigkeit). Die Sanierung von Schwall/Sunk alleine wird nicht die gewünschten Verbesserungen mit sich bringen. Viel mehr müsste ein Gesamtkonzept erarbeitet werden, welches zusätzliche Aspekte, wie Morphologie oder Durchgängigkeit für Fische, berücksichtigt. Die Klärung der Restwassersituation wäre erforderlich, um über weitere Sanierungsmassnahmen entscheiden zu können.

Die Priorität der Sanierung wird bei diesem Werk als **sekundär** eingestuft.

Tabelle 26: Zusammenfassung der Indikatorbewertungen für die Schwallstrecke im Dorfbach.

Indikatoren	Dorfbach
F1 - MSK-Modul Fische	X
F2 - Stranden von Fischen	
F4 - Reproduktion Fische	X
F5 - Fischereiliche Produktivität	X
B1 - Biomasse MZB	X
B2 - MSK Modul MZB	X
B3 - Längenzonation MZB	X
B4 - EPT-Familien	X
H1 - Innere Kolmation	X
A1 - Mindestabfluss	X
Q1 - Temperatur	X

X = Nicht bewertet

5. Definitiv sanierungspflichtige und nicht sanierungspflichtige Kraftwerke

Im Folgenden sind die definitiv nicht sanierungspflichtigen und die definitiv sanierungspflichtigen Kraftwerke im Sinne einer Zusammenfassung aufgelistet.

5.1. Definitiv nicht sanierungspflichtige Kraftwerke

kein Schwall/Sunk im Sinne des GSchG

33038	Pumpwerk Schönau
15072	Brügg
19032	Lütschental
25095	Simmenfluh
23038	Spiez
22046	Moosweid-TW
22014	Kandersteg
33093	Mühleberg
13028	Radelfingen-Niederried
17028	Schattenhalb 1+3
Total	10

Schwall/Sunk-Verhältnis < 1.5:1

13015	Kallnach
Total	1

Notausgang

35039	Alp Berzgumm
24039	Bärgli
14023	Mühle Schüpfen
14029	Affolter Mühle
17041/17060	Meiringen 1+2
22044	Moosweid
Total	6

Total 17 nicht sanierungspflichtige Kraftwerke.

5.2. Definitiv sanierungspflichtige Kraftwerke

Abkürzung

35023	Innergsteig
Total	1

Grundbewertung (nicht alle Indikatoren bewertet)

19011	Isch
45029	Alte Mühle
Total	2

Alternative Vorgehensweise

Total	0
--------------	----------

Sonderfälle

38045	Schiffenen
16101	Innertkirchen
Total	2

Total 5 sanierungspflichtige Kraftwerke.

5.3. Sanierungspflicht noch nicht festgelegt

Sonderfälle

26023	Erlenbach
Total	1

Total 1 Kraftwerk, bei dem die Sanierungspflicht noch nicht festgelegt wurde

6. Ökologisches Potenzial und Grad der Beeinträchtigung

6.1. Ökologisches Potenzial

Das ökologische Potenzial (Art. 33a GSchV) wurde im Rahmen der Voruntersuchungen zur Revitalisierungsplanung für den Kanton Bern mit GIS-Analysen flächendeckend bewertet (SigmaPlan 2012). Die Bewertung basiert auf folgenden Aspekten:

- Hydrologie (Schwall/Sunk, Restwasser, frei fliessende Strecke)
- Lage im Gewässersystem (Flussordnungszahl)
- Einleitungen von Abwasser
- Vorkommen prioritärer Arten oder Anzahl Arten
- Lage zu Seen

Aus Kompatibilitätsgründen wurde die Bewertung für das ökologische Potenzial (IST-Zustand) der durch Schwall/Sunk betroffenen Gewässerabschnitte aus der Revitalisierungsplanung übernommen⁴. Das ökologische Potenzial ist für jeden betroffenen Gewässerabschnitt in Tabelle 27 aufgelistet. Die Gewässerabschnitte (GAB) wurden entweder aufgrund von unterschiedlichen Morphologien (z. B. KW Innertkirchen) oder aufgrund von Zwischeneinzugsgebieten verschiedener Zuflüsse festgelegt. In einigen Gewässerabschnitten variierte die Bewertung des ökologischen Potenzials. In diesen Fällen ist die Variationsbreite der Bewertung angegeben (z. B. gering bis mittel).

Das ökologische Potenzial für den zukünftigen Zustand (SOLL-Zustand) kann zu diesem Zeitpunkt erst grob abgeschätzt werden. Im Folgenden werden die Einschätzungen, welche zur Bewertung des ökologischen Potenzials im SOLL-Zustand führen, für jedes Kraftwerk kurz erläutert. In Tabelle 27 ist das ökologische Potenzial im SOLL-Zustand aufgeführt. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Bewertungen für den IST- und den SOLL-Zustand auf unterschiedlichen Bewertungsmethoden basieren.

Das ökologische Potenzial der einzelnen Gewässerabschnitte im IST- und SOLL-Zustand wurde zu einem Wert für die Gesamtstrecke aggregiert. Die Aggregation erfolgte aufgrund der Länge der einzelnen Abschnitte (z. B. 70 % mittel, 30 % gross, Gesamtstrecke mittel).

Innergsteig

Die Erhebungen, die von Aquarius in den Jahren 2002 und 2003 durchgeführt wurden, zeigen, dass die Strecke kurz nach der Rückgabe am stärksten beeinträchtigt war. Mit zunehmender Distanz vom Kraftwerk nahm die Beeinträchtigung ab. Im sanierten Zustand ist davon auszugehen, dass das ökologische Potenzial in der Strecke bei Innergsteig im Bereich mittel bis gross anzusiedeln ist. Eine mögliche Kolonisierung von EPT-Arten, welche flussabwärts vorkommen, wäre denkbar. Da die Beeinträchtigung flussabwärts abnimmt, ist davon auszugehen, dass sich das ökologische Potenzial bei einer Schwallsanierung in den unteren Abschnitten nicht massgeblich verbessern wird.

⁴ Die Bewertung des ökologischen Potenzials, wie sie im Zwischenbericht Strategische Planung Schwall/Sunk zu finden ist, basiert auf einer anderen Methode/Einschätzung und unterscheidet sich deshalb von der hier verwendeten Bewertung.

Isch

Wir gehen davon aus, dass im sanierten Zustand ein hohes ökologisches Potenzial im unteren Bereich der Schwallstrecke des Milibaches vorhanden sein wird. Aufgrund der naturnahen Ökomorphologie und der Ufervegetation (Bäume, Sträucher) bietet der Milibach einen geeigneten Lebensraum für Makroinvertebraten. Im oberen Bereich der Schwallstrecke reduzieren die hohen, künstlichen Schwellen und Abstürze das ökologische Potenzial. Der unbeeinflusste Horbach, der bei den Untersuchungen als Referenzgewässer diente, zeigt, dass potenziell mehr Wirbellosenarten zu erwarten sind als zurzeit im Milibach vorkommen. Die geografische Nähe (Distanz ca. 600 m Luftlinie) würde eine Kolonisierung von Arten, die im Moment nur im Horbach vorkommen, ermöglichen. Das ökologische Potenzial der Gesamtschwallstrecke wird im SOLL-Zustand mit „mittel“ bewertet. Im Vergleich zum IST-Zustand wird jedoch eine deutliche Verbesserung erwartet.

In der Schwarzen Lutschine verursacht das Kraftwerk Isch schon im IST-Zustand keine wesentliche Beeinträchtigung. Deshalb ist davon auszugehen, dass eine Sanierung hier keine Verbesserung bewirkt. Das ökologische Potenzial im SOLL-Zustand wird darum mit „mittel“ bewertet.

Alte Mühle

Aufgrund der naturfernen Ökomorphologie im besiedelten Gebiet von Oberbipp, stellt dieser Abschnitt auch im sanierten Zustand (nur Schwallsanierung) für viele Tiere keinen geeigneten Lebensraum dar. Das ökologische Potenzial ist somit auch im SOLL-Zustand gering. Unterhalb des Dorfes gibt es Abschnitte, die eine wenig beeinträchtigte bis naturnahe Ökomorphologie aufweisen. In diesen Abschnitten wäre unter der Voraussetzung, dass die Wasserqualität im guten Bereich ist (Landwirtschaftsgebiet), ein höheres ökologisches Potenzial möglich. Mit den vorhandenen Grundlagen kann das ökologische Potenzial nur grob abgeschätzt werden. Für verlässlichere Aussagen wären Erhebungen von biologischen Parametern notwendig. Wir gehen davon aus, dass das ökologische Potenzial in Teilabschnitten gering bleiben wird, in einigen jedoch zunehmen wird. Es wird für den SOLL-Zustand „gering bis mittel“ bewertet.

Innertkirchen

Die detaillierten Untersuchungen zu den Auswirkungen der Sanierungsmassnahmen (Limnex 2012), haben gezeigt, dass vor allem mit einer Verbesserung für die Makrozoobenthosbiomasse und Individuenzahl (Produktivität) zu rechnen ist. Daraus ergibt sich auch eine Verbesserung der fischereilichen Produktivität (Indikator F5). Durch die Sanierung (Rückhaltevolumen von 80'000 m³) lässt sich auch die Pegelrückgangsrate (Sunkrate) verringern, so dass diese in den unkritischen Bereich (Bewertung „gut“) fällt. Aufgrund der morphologischen Defizite ist aber nicht mit einer deutlichen Verbesserung für die Fischfauna generell und die Reproduktion von Fischen zu rechnen. Diese bleiben im mässigen bzw. schlechten Bereich. Bei den Parametern Kolmation und Temperatur wird mit dem Rückhaltevolumen nicht mit einer wesentlichen Veränderung gegenüber dem IST-Zustand gerechnet. Es ist davon auszugehen, dass sich das ökologische Potenzial bei einer Schwallsanierung (ohne Revitalisierung) leicht verbessern wird. Die Veränderungen finden aber meist innerhalb der hier verwendeten Einteilungsklassen statt und rechtfertigen nicht einen Klassenwechsel (z.B. von gering zu mittel).

6.2. Grad der Beeinträchtigung

Der Grad der Beeinträchtigung ergibt sich gemäss Vollzugshilfe aus der Anzahl Indikatoren, die einen schlechten, unbefriedigenden oder mässigen Zustand anzeigen (Signalfarben rot bis gelb). Es werden drei Stufen des Grades der Beeinträchtigung unterschieden: „mässig“, „stark“ und „sehr stark“. Der Grad der Beeinträchtigung wird gemäss den folgenden Kriterien bewertet:

Beeinträchtigung (Anzahl Indikatoren):

- **mittel:**
 - 3 x „mässig“ oder
 - 2 x „unbefriedigend“

- **stark:**
 - 1 x „schlecht“ oder
 - mehr als 3 x „mässig“ oder
 - mehr als 2 x „unbefriedigend“

- **sehr stark:**
 - ≥ 2 x „schlecht“ oder
 - 1 x „schlecht“ und ≥ 2 x „mässig“ oder „unbefriedigend“

Die Aggregation des Grades der Beeinträchtigung für die gesamte Schwallstrecke basiert auf der schlechtesten Bewertung pro Gewässer (*worst case*). Der Grad der Beeinträchtigung ist für jedes einzelne Kraftwerk in Tabelle 27 aufgelistet.

Beim Kraftwerk Alte Mühle wurde nur ein Indikator bewertet. Der Grad der Beeinträchtigung wurde aufgrund der zahlreichen Beeinträchtigungen im Dorfbach aber als „sehr stark“ eingestuft (vgl. Kap. 4).

Tabelle 27: Bewertung des ökologischen Potenzials im IST- und im SOLL-Zustand und Grad der Beeinträchtigung der betroffenen Gewässerabschnitte. Anmerkung: Aufgrund der Erhebungen in der Schwarzen Lüttschine konnte für diesen Abschnitt keine Beeinträchtigung nachgewiesen werden. Er weist deshalb keinen Grad der Beeinträchtigung.

Kt. Bern Nr.	Name Zentrale oder Anlagenteil	wesentlich Beeinträchtigter Gewässerabschnitt	Länge [km]	Anfangs- koordinaten	Endkoordinaten	Ökologisches Potenzial IST (gering, mittel, gross)	Ökologisches Potenzial SOLL (gering, mittel, gross)	Grad der Beeinträchtigung (mässig, stark, sehr stark)
35023	Innergsteig	1	3.75	587'649 136'174	587'198 140'919	gering bis gross	mittel bis gross	sehr stark
		2	6.55	587'198 140'919	587'825 146'650	mittel bis gross	mittel bis gross	keine Beeinträchtigung
		3	2.60	587'825 146'650	586'240 148'536	mittel	mittel	stark
Gesamtstrecke		Saane ab Rückgabe KW Innergsteig bis Saanen	12.90	587'649 136'174	586'240 148'536	mittel	mittel	sehr stark
19011	Isch	1	0.17	646'846 164'063	646'872 163'916	mittel	mittel	sehr stark
		2	1.40	646'872 163'916	645'827 163'249	mittel	mittel	keine Beeinträchtigung
Gesamtstrecke		Milibach ab Rückgabe KW Isch bis Zusammenfluss mit Schwarzer Lüttschine Ab Zufluss Milibach bis Zusammenfluss mit Weisser Lüttschine aus dem Unteren Grindelwaldgletscher Ab Rückgabe Milibach bis Zusammenfluss Schwarze Lüttschine mit Weisser Lüttschine	1.57	646'846 164'063	645'827 163'249	mittel	mittel	nur Milibach beeinträchtigt
45029	Alte Mühle	1	0.86	616'625 234'693	616'886 233'992	gering	gering	sehr stark
		2	3.33	616'886 233'992	617'681 231'873	gering	gering bis mittel	sehr stark
Gesamtstrecke		Ab Rückgabe KW bis Mündung in die Aare	4.19	616'625 234'693	617'681 231'873	gering	gering	sehr stark
16101	Innertkirchen	1	0.80	660'250 173'260	659'547 173'690	mittel	mittel	sehr stark
		2	1.42	659'547 173'690	658'732 174'688	mittel	mittel	mässig
		3	1.35	658'732 174'688	657'399 174'837	gering	gering	sehr stark
		4	11.50	657'399 174'837	646'572 176'992	gering bis gross	gering bis gross	sehr stark
Gesamtstrecke		Hasliaare ab Rückgabe KW Innertkirchen (!) bis Aareschlucht (Buhnenstrecke) (Aareschlucht wurde nicht eingehend untersucht, weil untypisch für Gesamtschwallstrecke) Hasliaare ab Ende Aareschlucht bis Meiringen-Willigen (Kiesbankstrecke) Hasliaare ab Meiringen-Willigen bis Mündung in Brienzensee (Kanalstrecke)	15.07	660'250 173'260	646'572 176'992	gering	mittel	sehr stark

7. Sanierungsmassnahmen

Im Folgenden sind die voraussichtlichen und möglichen Sanierungsmassnahmen für jedes Kraftwerk aufgeführt. Die betrieblichen Massnahmen können nur auf Antrag des Betreibers verfügt werden.

Zu jeder Massnahme wurde eine Abschätzung zur Machbarkeit, Verhältnismässigkeit, ökologischem Nutzen und den Kosten gemacht. Die Machbarkeit bezieht sich auf die Platzverhältnisse sowie die Topographie. Die Abschätzung zur Verhältnismässigkeit basiert auf der Länge des betroffenen Abschnitts sowie der Grösse der Wasserkraftanlage (Ausbauwassermenge, Leistung). Der ökologische Nutzen einer Massnahme kann ohne Untersuchungen bzw. Modellierungen nicht verlässlich bewertet werden. Wenn aber eine Massnahme ein Gewässer komplett von Schwall/Sunk befreit, wie zum Beispiel eine Direktableitung in ein anderes Gewässer, kann davon ausgegangen werden, dass ein grosser Nutzen besteht. Die Kostenschätzung erfolgte gemäss dem Modul *Sanierung Wasserkraftanlagen – Finanzierung* (BAFU 2013) in 5 Klassen:

- sehr gering: < 2 Mio.
- gering: 2 – 10 Mio.
- mittel: 10 – 25 Mio.
- hoch: 25 – 50 Mio.
- sehr hoch: > 50 Mio.

Bei dieser Gliederung ist die Grösse der Anlage nicht berücksichtigt.

7.1. Innergsteig

Voraussichtlich zu treffende Massnahmen

Die voraussichtlich zu treffenden baulichen Massnahmen beim Kraftwerk Innergsteig sind in Tabelle 28 aufgelistet. Da die Sanierungspflicht bei diesem Kraftwerk mit der Abkürzung festgestellt wurde, können die Massnahmen in diesem Planungsstadium erst grob abgeschätzt werden. Prinzipiell erachten wir die in Tabelle 28 aufgelisteten Massnahmen als realisierbar. Der ökologische Nutzen dieser beiden Massnahmen kann aufgrund der vorhandenen Datengrundlagen noch nicht abschliessend bewertet werden. Dafür wären gezielte Erhebungen und allenfalls auch Modellierungen notwendig.

Tabelle 28: Voraussichtlich zu treffende bauliche Massnahmen beim Kraftwerk Innergsteig. *Die Kostenschätzung gilt nur für die reinen Baukosten, ohne Planungskosten, Landbedarf oder betriebliche Auswirkungen.

	Bauliche Massnahme	Machbarkeit	Verhältnismässigkeit	Ökologischer Nutzen	geschätzte Kosten* [CHF]
1	Rückhaltevolumen zur Dämpfung der Pegeländerungsraten (Becken/Stollen)	machbar	verhältnismässig	mittel-gross (volumenabhängig)	10 - 25 Mio.
2	Morphologische Aufwertung des Vorfluters zur Dämpfung der Schwalleanfekte	machbar	unklar	unklar	nicht abschätzbar

Mögliche weitere Massnahmen

Betriebliche Massnahmen, die beim Kraftwerk Innergsteig in Frage kommen würden, sind:

- Erhöhung des Sunkabflusses durch Erhöhen der Restwassermenge von Art. 80 auf Art. 31 GSchG (vorgängig ist aber eine Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG notwendig)
- Erhöhung des Sunkabflusses durch Dauerbetrieb der Turbine auf minimaler Wassermenge, z.B. 10 % der Ausbauwassermenge
- Langsameres oder stufenweises An- und Abstellen der Turbinen, um die Pegeländerungsraten zu verringern

Diese Massnahmen zielen darauf ab, den Indikator F2 – Stranden von Fischen zu verbessern. Dieser Indikator wurde von Aquarius (2003a, b, c) nicht untersucht. Aufgrund der ungenügenden Restwassermenge (Nulldotierung) ist jedoch davon auszugehen, dass mehr als ein Drittel der Gewässersohle bei Sunk trockenfällt. Durch die Erhöhung des Sunkabflusses verkleinern sich potenzielle Strandungsflächen. Das langsamere oder stufenweise An- und Abstellen der Turbinen reduziert die Verdriftungs- und Strandungsgefahr von Wasserwirbellosen und Jungfischen. Der ökologische Nutzen dieser Massnahmen wird als „gross“ eingestuft, kann an dieser Stelle aber noch nicht genauer quantifiziert werden.

7.2. Isch

Voraussichtlich zu treffende Massnahmen

Die voraussichtlich zu treffenden baulichen Massnahmen beim Kraftwerk Isch sind in Tabelle 29 aufgelistet. Die Direktableitung des Schwallen in die Schwarze Lüttschine wird als Massnahme mit dem grössten ökologischen Nutzen erachtet, weil der Milibach dadurch komplett von Schwall/Sunk befreit wäre. Ein Rückhaltevolumen würde die heutige Situation verbessern, der Milibach wäre aber immer noch von Schwall/Sunk betroffen. Die dritte Massnahme, welche eine morphologische Aufwertung des Gewässers zur Dämpfung von Schwall/Sunk vorsieht, kann hinsichtlich der verwendeten Kriterien nicht genau bewertet werden, da zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genügend Information vorhanden ist. Das Ziel dieser baulichen Massnahmen ist, den Indikator F2 so zu verändern, dass er im Bereich „gut“ liegt.

Tabelle 29: Voraussichtlich zu treffende bauliche Massnahmen beim Kraftwerk Isch. *Die Kostenschätzung gilt nur für die reinen Baukosten, ohne Planungskosten, Landbedarf oder betriebliche Auswirkungen.

	Bauliche Massnahme	Machbarkeit	Verhältnismässigkeit	Ökologischer Nutzen	geschätzte Kosten* [CHF]
1	Direktableitung Schwall in Schwarze Lüttschine (evt. mit zus. Turbine bei Rückgabe)	machbar	verhältnismässig	gross	< 2 Mio.
2	Rückhaltevolumen zur Dämpfung der Pegeländerungsraten (Becken/Stollen)	machbar	verhältnismässig	mittel	2 - 10 Mio.
3	Morphologische Aufwertung des Vorfluters zur Dämpfung der Schwalleffekte	machbar	unklar	mittel	< 2 Mio.

Mögliche weitere Massnahmen

Betriebliche Massnahmen, die beim Kraftwerk Isch in Frage kommen würden, sind:

- Erhöhung des Sunkabflusses durch Erhöhen der Restwassermenge von Art. 80 auf Art. 31 GSchG
- Erhöhung des Sunkabflusses durch Dauerbetrieb der Turbine auf minimaler Wassermenge, z.B. 20% der Ausbauwassermenge
- Langsameres oder stufenweises An- und Abstellen der Turbinen, um die Pegeländerungsraten zu verringern

Die betrieblichen Massnahmen zielen ebenfalls darauf ab, den Indikator F2 – Stranden von Fischen zu verbessern. Durch die Erhöhung des Sunkabflusses verkleinern sich potenzielle Strandungsflächen. Das langsamere oder stufenweise An- und Abstellen der Turbinen reduziert die Verdriftungs- und Strandungsgefahr von Wasserwirbellosen und Jungfischen. Der ökologische Nutzen dieser Massnahmen wird als „gross“ eingestuft. Die Voraussetzung für diese Massnahmen ist die abgeschlossene Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG.

7.3. Alte Mühle

In Anbetracht der Grösse des Kraftwerks (Ausbauwassermenge 40 l/s) erachten wir einzig betriebliche Massnahmen zur Dämpfung von Schwalleffekten als verhältnismässig. Zur Umsetzung dieser Massnahmen ist jedoch ein Antrag des Betreibers notwendig. Als Möglichkeiten schlagen wir folgende Massnahmen vor:

- Langsameres oder stufenweises An- und Abstellen der Turbinen, um die Pegeländerungsraten zu verringern
- Betriebsweise auf Durchlaufbetrieb umstellen (stark favorisiert)
- Sicherstellen eines genügend hohen Sunkabflusses, dass auch die Versickerungstrecke bei Sunk genügend benetzt ist, bzw. die Wasserwechselzone verkleinert wird.

Durch die Kanalisierung des Dorfbaches fallen auch bei Niederwasser nur geringe Flächenanteile trocken (vgl. Kap. 4.3). Im naturnahen Abschnitt nahe der Mündung würde die Erhöhung des Sunkabflusses jedoch einen grossen ökologischen Nutzen mit sich bringen. Gesamthaft betrachtet wird der ökologische Nutzen dieser Massnahmen als „mittel“ eingestuft.

7.4. Innertkirchen

Als definitive Sanierungsmassnahme wurde ein Gradientenbecken mit Speicherstollen zur Dämpfung der Pegeländerungsraten gewählt. Das zukünftige Rückhaltevolumen beträgt 80'000 m³. Die Anlage befindet sich bereits im Bau. Eine Teilrevitalisierung als weitere Massnahme befindet sich in Planung. Detaillierte Angaben zur gewählten Massnahme finden sich im Bericht von Limnex (2012).

8. Koordination

Die Koordination der Sanierungsmassnahmen im Bereich Schwall/Sunk mit den Bereichen Fischgängigkeit, Geschiebehaushalt, Revitalisierung und Hochwasserschutz sowie die Abstimmung von Massnahmen im Einzugsgebiet wird vom Kanton Bern durchgeführt. Die Planungs- und Umsetzungsfristen werden ebenfalls vom Kanton Bern festgelegt. Nähere Angaben dazu können noch nicht gemacht werden.

Bei der Ausarbeitung der Sanierungsmassnahmen wurden die Kraftwerksbetreiber noch nicht mit einbezogen. Die Angaben zu Machbarkeit, Verhältnismässigkeit und Kosten (vgl. Kap. 7) sind deshalb nur als Richtwerte zu interpretieren.

9. Literaturverzeichnis

- Aquarius (2003a): Stauraumentleerung Sanetsch 2003 – Gewässerökologische Erhebungen: Ist-Zustand Saane.
- Aquarius (2003b): Stauraumentleerung Sanetsch 2003 – Wirbellosenfauna der Saane vor bzw. nach der Stauraumentleerung. Kurzbericht.
- Aquarius (2003c): Stauraumentleerung Sanetsch 2003 – Gewässerökologische Erhebungen. Endbericht.
- AWA 2010. Gemeinde Kallnach, Wasserkraftrecht Nr. 13015, Aare – Gemeinden Niederried-Radelfingen, Wasserkraftrecht Nr. 13028 – Geringfügige Konzessionsänderung (Anpassung Stauregime). 29. März 2010.
- BAFU 2011: Liste der Nationalen Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr.1103: 132 S.
- BAFU 2013: Sanierung Wasserkraftanlagen – Finanzierung. Ein Modul der Vollzugshilfe „Renaturierung der Gewässer“. Version für die Anhörung, Oktober 2013. 37 S.
- Baumann, P., Kirchhofer, A., Schälchli, U. 2012: Sanierung Schwall/Sunk-Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1203: 126 S.
- BG & Pronat 2014: Assainissement des éclusées de Schiffenen: Etude de variantes - Rapport technique. Bericht zuhanden des Kantons Fribourg. 32S.
- Binderheim E., Göggel W. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- BKW 2010. WKW Kallnach und Niederried-Radelfingen Wasseraufteilung am Stausee Niederried. Betriebsweisung vom 15. Januar 2010.
- DIN 38 410 Teil 2 1989: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser und Schlammuntersuchung; Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung; Verfahren zur Bestimmung des Saprobienindex (M2). Beuth Verlag, Berlin.
- Dübendorfer Ch., Moser D., Kemptner T., Egloff L., Müller V., Wanner P., Baumann P., Kirchhofer A. 2011: Expertenbericht zu einem Modul Temperatur im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern.
- Dükelmann, H. 2001: Seehöhen-Biomassen-Beziehung des Makrozoobenthos in österreichischen Fliessgewässern. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien: 81 S. + Anhang.
- Energie Wasser Bern (EWB) 2005. Grundwasserfassungen Aaretal, Betriebszentrale und Pumpwerk Schönau, Reservoir Gurten. Art. Nr. 6862-a
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J.V., Fjeldstad, H.-P., Kohler, B. (2003). Factors Influencing Stranding of Wild Juvenile Brown Trout (*Salmo trutta*) 51 during Rapid and Frequent Flow Decreases in an Artificial Stream. *River Research and Applications* 19: 589 - 603.
- Huet, M. 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courants. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 11: 333–351.
- Hürlimann J., Niederhauser P. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- Hütte, M., Niederhauser, P. 1998: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. *Mitteilungen zum Gewässerschutz* Nr. 27. Bundesamt

- für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern. 49 S.
- Hunziker Betatech 2013. Hydraulische Begleitung Pumpwerk Schönau, Stadt Bern. Projektbeschreibung.
- Jungwirth, M., Moog, O., Winkler, H. 1980: Vergleichende Fischbestandaufnahmen an elf niederösterreichischen Fließgewässerstrecken. Jubiläumsschrift der Österreichischen Fischereigesellschaft, Wien, 81-104.
- Limnex 2012: Schwall-Sunk Bewertung der KWO-Zentralen in Innertkirchen. Bewertung des IST-Zustandes. Varianten zur Bewertung eines zukünftigen Zustandes nach Realisierung des Ausbauprojektes „KWO plus“ (mit und ohne Speichervolumen zur S/S-Dämpfung. Bericht im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli (KWO) AG, 129 S.
- Limnex 2014a: Makrozoobenthosuntersuchungen 2014 in verschiedenen Berner Restwasserstrecken. Entwurfversion. Bericht im Auftrag der BKW Energie AG. 26 S.
- Limnex 2014b: Analyse des Schwallinflusses des Kraftwerks Erlenbach auf die Simme. Bericht im Auftrag der BKW Energie AG. 11 S.
- Lubini, V., Knispel, S., Sartori, M., Vicentini, H., Wagner, A. 2012: Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.
- Pfaundler M. et al. 2011: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F (flächen- deckend). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1107: 113 S.
- Pfaundler M. et al. 2012: Schlussbericht zur Schwall/Sunk-Studie Schweiz: Schweizweite Übersicht zu potenziell Schwall/Sunk-verursachenden Wasserkraftanlagen und der betroffenen Fließgewässerstrecken.
- Schager, E., Peter, A. 2004: Fische Stufe F. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 44. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern: 63 S.
- Schälchli, U. (2002): Innere Kolmation. Methoden zur Erkennung und Bewertung. Bericht im Auftrag von Fischnetz c/o EAWAG, Dübendorf: 22 S.
- Schweder, H. 1992: Neue Indizes für die Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern, abgeleitet aus der Makroinvertebraten-Ernährungstypologie. In Lacombe (Ed.): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Limnologie aktuell, Bd. 3. Gustav Fischer Verlag.
- Sigmaplan 2012: Revitalisierungen Kanton Bern. GIS-Auswertungen. Juni 2012. 14 S.
- Strohmeier P., Bruckner G., Schlumprecht H. und Strätz C. (2005): Verschlammung und Versandung oberfränkischer Fließgewässer. Hrsg.: Bezirk Oberfranken, Bezirksfischereiverband Oberfranken, Landesfischereiverband Bayern.
- Stucki, P. 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.
- Vuille T. (1997): Fischereiliches Ertragsvermögen der Patentgewässer im Kanton Bern. Bericht des kantonalen Fischereiinspektorats, Bern.
- WFN 2008: Restwassersanierung GSchG Art. 80ff – Sanierungsbericht 2. Priorität. Bericht i. A. Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern: 78 S.
- Wilhm, J.L., Dorris, D.C. 1968: Biological parameters of water quality. Bioscience 18: 477-481.
- Zelinka, M., Marvan, P. 1961: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. Archiv für Hydrobiologie 57: 389-407.

10. Anhang

10.1. Anhang A1

Methodik zur Bestimmung des Schwall/Sunk-Verhältnisses ($V_{S/S}$)

Die Methode zur Bestimmung des Schwall/Sunk-Verhältnisses ($V_{S/S}$) orientiert sich am Modulstufenkonzept (MSK) Modul „Hydrologie“ (Pfaundler et al. 2011) und beschränkt sich auf das reine $V_{S/S}$ ohne Korrekturfaktoren.

Zur Bestimmung des Schwallabflusses wurden Betriebsdaten der Zentralen und Angaben des Kantons zu natürlichen Abflüssen verwendet. Es wurde grundsätzlich die empfohlene Berechnungsmethode nach Pfaundler et al. (2011) gewählt:

$$Q_{\text{Schwall}} = Q_{\text{Turbine}} + Q_{\text{Rest}}$$

Wobei Q_{Turbine} der maximal turbinierbaren Wassermenge (Ausbauwassermenge) in m^3/s oder l/s entspricht. Q_{Rest} ist die Restwassermenge bei der Wasserrückgabe (Summe aller Dotierwassermengen gemäss Konzessionen im Einzugsgebiet und Niederwasserabfluss Q_{347} des Zwischeneinzugsgebietes im Referenzzustand).

Der Sunkabfluss wurde ebenfalls aus Betriebsdaten, Daten des Kantons und dem berechneten natürlichen Q_{347} bestimmt. Er entspricht dem Abfluss, der sich aus der Restwasserdotation und dem natürlichen Niederwasserabfluss des Zwischeneinzugsgebietes ergibt.

$$Q_{\text{Sunk}} = Q_{\text{Rest}}$$

Das Schwall/Sunk-Verhältnis entspricht folglich: $V_{S/S} = (Q_{\text{Turbine}} + Q_{\text{Rest}}) / Q_{\text{Rest}}$

Die Niederwassermengen Q_{347} der Zwischeneinzugsgebiete wurden auf folgende Arten bestimmt:

- Modellierung des Q_{347} durch das BAFU (C. Kan) mit GIS-Verfahren ($Q_{347}\text{ModCH}$: Abschätzverfahren für Gesamtschweiz, $Q_{347}\text{ModQAlp}$: Abschätzverfahren für den Alpenraum)
- Q_{347} von nahegelegenen Fassungen der Restwasserkarte Schweiz (2007)
- Daten von hydrologischen Messstationen des Bundes und des Kantons Bern
- Grobe Abschätzung des Q_{347} anhand Einzugsgebietsgrösse und spezifischem q_{347} (vgl. Methode nach Pfaundler et al. 2011)

Es gilt zu beachten, dass die Einzugsgebietsflächen bei gewissen Zentralen (z. B. Alp Berzgumm) eigentlich zu klein sind um die GIS-Berechnungsverfahren einzusetzen. Bei anderen Anlagen hingegen sind sie zu gross für eine Berechnung (Information C. Kan, BAFU). Um für diese problematischen Punkte dennoch einen Wert zu bestimmen, wurden die entsprechenden Q_{347} von nahegelegenen Fassungen der Restwasserkarte oder von hydrologischen Messstationen abgeleitet. Zwischen den angegebenen Q_{347} -Werten auf der Restwasserkarte und den abgeschätzten Werten mit dem GIS, können Differenzen auftreten, die dadurch begründet sind, dass sie auf unterschiedliche Weise bestimmt wurden. Es handelt sich bei den Angaben des

Q_{347} also teilweise um grobe Schätzungen. Die realen Niederwassermengen können nur mit Messwerten belegt werden. Nach der Restwasserkarte gibt es unter den zu untersuchenden Kraftwerken keine, die Wasser in ein anderes Einzugsgebiet leiten, bzw. von einem anderen Einzugsgebiet Wasser erhalten. Daher sollte das berechnete Q_{347} direkt verwendbar sein.

10.2. Anhang A2

Methodik zur Bewertung der Indikatoren

Es wurden die folgenden Indikatoren der Grundbewertung gemäss Vollzugshilfe *Sanierung Schwall/Sunk* (Baumann et al. 2012) untersucht:

- *F2 - Stranden von Fischen*
- *B1 - Biomasse Makrozoobenthos*
- *B2 - MSK-Modul Makrozoobenthos Stufe F*
- *B3 - Längenzonation Makrozoobenthos*
- *B4 - Anzahl EPT Familien*
- *A1 - Mindestabfluss*
- *H1 - Innere Kolmation*

- *Wasserqualität (Nährstoffbelastung)*
- *Ökomorphologie*

Indikator F2 – Stranden von Fischen

Die Erhebungen für den Indikator F2 wurden im Rahmen eines Schwallmonitorings durchgeführt. Dabei wurden eine bis zwei Pegelsonden in der Schwallstrecke installiert und der Pegel in einem Intervall von 1 Minute aufgezeichnet. Auf diese Weise wurden die Pegeländerungsraten (massgebend: Pegelrückgangsrate) gemessen und allfällige Dämpfungseffekte flussabwärts erfasst.

Der Anteil trockenfallender Flächen wurde nach Möglichkeit durch das Messen der benetzte Breite bei Sunk und bei Schwall an mehreren Querprofilen erhoben. Bei schlechter Zugänglichkeit des Gewässers wurde der Flächenverlust bei Sunk geschätzt.

Nach dem Schwalldurchgang wurde auf einer Länge von 100 m nach gestrandeten Tieren gesucht. Wenn keine gestrandeten Jungfische entdeckt werden, heisst das jedoch nicht, dass Stranden nicht möglich ist. Es ist gut möglich, dass im untersuchten Abschnitt keine Jungfische vorkommen und somit auch nicht stranden können. Zudem ist aus der Literatur bekannt, dass gestrandete Jungfische sich ins Sediment zurückziehen können und daher schlecht nachweisbar sind (Halleraker et al. 2003). Aus diesem Grund wurde dieser Parameter nicht bewertet (Tab A2.1).

Für die Gesamtbewertung des Indikators F2 wurde das schlechtere Ergebnis der Teilaspekte „trockenfallende Flächen“ und „Pegelrückgangsrate“ verwendet.

Tabelle A2.1: Bewertung der Strandungsgefahr (Indikator F2).

Bewertung	Zustand	Trockenfallende Flächen [%]	Pegelrückgangsrate [cm/min]
sehr gut	sehr gut	< 10 %	< 0.3 cm/min
gut	gut	10-30 %	0.3-0.5 cm/min
mässig-schlecht	mässig-schlecht	> 30 %	> 0.5 cm/min

Indikator B1 – Makrozoobenthos Biomasse

Die Beprobung des Makrozoobenthos erfolgte nach MSK-Modul Makrozoobenthos Stufe F im vorgesehenen Zeitfenster (Stucki 2010). Die Biomasse der Proben wurde als Frischgewicht (Abtropfgewicht) mit einer Mikrowaage gewogen. Anschliessend wurde die Biomasse mit dem Sollwert für die jeweilige Höhenlage verglichen (Jungwirth et al. 1980; Dückelmann 2001; Tab. A2.2).

$$\text{Sollwert Biomasse} = 1 / [(0.000261 \times H) - 0.032]$$

H = Meereshöhe in m ü. M.

Tabelle A2.2: Bewertung der Makrozoobenthos-Biomasse nach Baumann et al. (2012).

Bewertung	Zustand	Anteil an der Soll-Biomasse
	sehr gut	> 80 %
	gut	> 60 - 80 %
	mässig	> 45 - 60 %
	unbefriedigend	> 30 - 45 %
	schlecht	< 30 %

Indikator B2 – MSK Makrozoobenthos Stufe F

Der IBCH beurteilt den Grad der Beeinträchtigung eines Gewässers anhand der Zusammensetzung des Makrozoobenthos auf Familienniveau. Der schweizerische IBCH entspricht zur Zeit noch dem französischen IBGN (Indice biologique global normalisé). Er soll in den kommenden Jahren den schweizerischen Verhältnissen angepasst werden. Die Berechnungsmethode wird detailliert in Stucki (2010) beschrieben (Tab. A2.3).

Tabelle A2.3: Bewertung des IBCH nach Stucki (2010).

Bewertung	Zustand	IBCH
	sehr gut	17-20
	gut	13-16
	mässig	9-12
	unbefriedigend	5-8
	schlecht	0-4

Indikator B3 – Längenzonation Makrozoobenthos

Um diesen Indikator zu bewerten, wurde die semi-quantitative Makrozoobenthosprobe (vgl. Indikator B1 und B2) auf Art- bzw. Gattungsniveau bestimmt. Bei Unsicherheiten in der Bestimmung wurden in einzelnen Fällen Experten für die jeweiligen Gruppen beigezogen (Eintagsfliegen: André Wagner, Köcherfliegen und Steinfliegen: Verena Lubini). Anhand dieser Daten wurde der Längenzonierungs-Index (LZI) nach Zelinka & Marvan (1961) berechnet. Dieser wird mit der erwarteten Bioregion verglichen, die anhand der abiotischen Parameter Gewässerbite, Gefälle und Temperatur berechnet wird (Huet 1949; Marrer 1981). Zudem konnte die Abweichung des LZI von einer schwallunbeeinflussten Referenzstelle für die Bewertung herangezogen werden. Abweichungen des LZI von der erwarteten Bioregion werden wie folgt bewertet (Tab. A2.4):

Tabelle A2.4: Bewertung des Längenzonierungsindex nach Zelinka & Marvan (1961).

Bewertung	Zustand	Abweichung vom Sollwert
	sehr gut	< ± 0.25 Einheiten
	gut	± 0.25 bis < ± 0.5 Einheiten
	mässig	± 0.5 bis < ± 0.75 Einheiten
	unbefriedigend	± 0.75 bis ± 1 Einheit
	schlecht	> 1 Einheit

Indikator B4 – Anzahl EPT-Familien

Für diesen Indikator wird dieselbe semi-quantitative Makrozoobenthosprobe wie für die Indikatoren B1-B3 verwendet und die Anzahl Eintags-, Stein- und Köcherfliegen-Familien (EPT-Familien) bestimmt (Tab. A2.5).

Tabelle A2.5: Bewertung der Anzahl EPT-Familien nach Baumann et al. (2012).

Bewertung	Zustand	Anzahl EPT-Familien
	sehr gut	> 12
	gut	8-12
	mässig	5-7
	unbefriedigend	2-4
	schlecht	< 2

Indikator A1 – Mindestabfluss

Bei diesem Indikator wird geprüft, ob der Sunkabfluss bei der Wasserrückgabe die Anforderungen an die gesetzlichen Restwassermengen nach Art. 31 – 33 GSchG erfüllt oder nicht. Hierzu wird das natürliche Q_{347} bei der Wasserrückgabe herangezogen. Dieses stammt entweder aus Messdaten oder wurde anhand der Einzugsgebietsfläche modelliert.

Tabelle A2.6: Restwassermenge gemäss Art. 31 GSchG.

Bewertung	Zustand	Restwassermenge Art. 31-33 GSchG
	gut	Anforderung erfüllt
	schlecht	Anforderung nicht erfüllt

Indikator H1 – Innere Kolmation

Abweichend von der Methode der Vollzugshilfe wurde die innere Kolmation nicht mittels GUS-Proben (gesamte ungelöste Stoffe) bewertet, da wir der Ansicht sind, dass diese Methode für kleinere Gewässer nicht geeignet ist. Die innere Kolmation wurde stattdessen anhand drei verschiedener Methoden bewertet:

- *Innere Kolmation nach Schälchli et al. (2002):* Bewertet die innere Kolmation am Ufer im trockenen Bereich der Gewässersohle mit einer 5-stufigen Skala (1 = keine Kolmation, 5 = vollständige Kolmation). Abweichend von der Standardmethode wurde eine Skala mit 0.5er-Schritten gewählt.
- *Innere Kolmation nach Strohmeier et al. (2005):* Im benetzten Bereich wird an einer Stelle mit Strömungen von 0.3 - 0.5 m/s ins Sediment gekickt und die Länge der Kickfahne anhand einer 5-stufigen Skala bewertet (1 = keine Kolmation, 5 = vollständige Kolmation).
- *Innere Kolmation gemäss MSK-Modul „Äusserer Aspekt“ (Binderheim & Göggel 2007):* Kraftaufwand für die Entfernung von Steinen aus dem benetzten Bereich des Bachbetts (Abpflästerung). Bewer-

tung in 3-Stufiger Skala: 1 = Steine können ohne Widerstand entfernt werden, 3 = Steine können nicht ohne Hilfsmittel entfernt werden.

Diese drei Indikatoren können je nach Gewässer zu unterschiedlichen Bewertungen der inneren Kolmation führen. Aus diesem Grund wurden die Bewertungen dieser drei Parameter zu einem einzigen Wert aggregiert. Dafür wurde aus den drei Bewertungen das gewichtete Mittel gebildet, um die Kolmation nach MSK Äusserer Aspekt gleich stark zu berücksichtigen, wie die anderen beiden Indikatoren. Die Bewertung des gewichteten Mittels ist in Tabelle A2.7 aufgelistet.

Tabelle A2.7: Bewertung der aggregierten inneren Kolmation.

Bewertung	Zustand	Aggregierte innere Kolmation
	sehr gut	1 - 1.9
	gut	2 - 2.9
	mässig	3 - 3.9
	unbefriedigend	4 - 4.9
	schlecht	5

Indikator Q1 – Temperatur

Die Temperatur wurde über einen bestimmten Zeitraum (3-6 Monate) in den Schwallstrecken und als Referenz jeweils oberhalb der Wasserrückgabe mit Temperaturdatenloggern (HOBO Data Loggers) gemessen. Diese zeichneten die Wassertemperatur in einem Intervall von 10 Minuten auf. Diese Messreihen wurden nach Dübendorfer et al. (2011) analysiert und die Temperaturänderungsraten wie folgt bewertet (Tab. A2.8):

Tabelle A2.8: Bewertung der Temperaturänderungsraten nach Vollzugshilfe Schwall/Sunk.

Bewertung	Zustand	Temperaturänderungsrate [°C/h]
	sehr gut	$\leq 1.25^{\circ}\text{C/h}$
	gut	$1.25^{\circ}\text{C/h} < \text{TR} \leq 2.5^{\circ}\text{C/h}$
	mässig	$2.5^{\circ}\text{C/h} < \text{TR} \leq 3.75^{\circ}\text{C/h}$
	unbefriedigend	$3.75^{\circ}\text{C/h} < \text{TR} \leq 5^{\circ}\text{C/h}$
	schlecht	$\text{TR} > 5^{\circ}\text{C/h}$

Korrekturfaktoren

Verschlechterung um 1 Klasse wenn: $TA_{\text{Schwall/Sunk}} > TA_{\text{Ref}}$ und $PM = 3-5$ sowie $P95 = 6-9$
 oder $TA_{\text{Schwall/Sunk}} > 1.5 * TA_{\text{Ref}}$
 oder $PM > 5$ sowie $P95 > 9$

Verschlechterung um 2 Klassen wenn: $TA_{\text{Schwall/Sunk}} > 1.5 * TA_{\text{Ref}}$ und $PM > 5$ sowie $P95 > 9$

Da eine Messreihe von mindestens einem Jahr (besser 5-Jahren) für die Bewertung notwendig ist, werden die Messungen weitergeführt.

Ökomorphologie

Die Ökomorphologie wurde basierend auf dem GIS-Layer „Ökomorphologie F – Abschnitte“, welcher auf dem Geoportal des Bundes heruntergeladen werden kann, bewertet.

Wasserqualität (Nährstoffbelastung)

Die Bewertung der Wasserqualität erfolgte durch die Beprobung von Kieselalgen. Die Kieselalgen wurden bei jeder Untersuchungsstelle durch Abschaben einer definierten Fläche auf drei bis fünf über das Bachbett verteilten Steinen gewonnen. Die vereinigte Probe wurde mit Formol fixiert und gemäss MSK im Labor weiterverarbeitet. Die Aufbereitung der Proben und Bestimmung der Arten erfolgte durch den Spezialisten Joachim Hürlimann (Aqua Plus, Zug) im Unterauftrag. Neben der Taxazahl und dem Diversitätsindex wurde der DI-CH (Diatomeen-Index Schweiz) bestimmt, welcher die Güte eines Fliessgewässers indiziert. Anhand des DI-CH wurde darauf jedes Gewässer in eine der fünf Zustandsklassen eingeteilt (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = mässig, 4 = unbefriedigend, 5 = schlecht; Tab. A2.9).

Weiter wurde für alle Untersuchungsstellen die Summe sauerstoffbeeinflusster Arten ermittelt. Sie zeigt an, ob sich viele Arten mit ausgeprägter Vorliebe für O₂-reiches Wasser in der Probe befinden. Steigt deren Anteil über 50 %, so kann eine bestehende Nähr- oder Schadstoffbelastung des Wassers durch die gute Belüftung „wettgemacht“ werden, die Wasserqualität könnte also zu gut indiziert sein.

Tabelle A2.9: Bewertung des Diatomeen-Index (DI-CH) nach Hürlimann & Niederhauser (2007).

Bewertung	Klasse	DI-CH	Zustand
	1	1.0 - 3.49	sehr gut
	2	3.5 - 4.49	gut
	3	4.5 - 5.49	mässig
	4	5.5 - 6.49	unbefriedigend
	5	6.5 - 8.0	schlecht

Zusätzlich zum DI-CH wurde der Saprobitäts-Index nach Zelinka & Marvan (1961) anhand der Makrozoobenthosproben berechnet. Der Saprobitäts-Index ist ein traditionelles Mass für die Beurteilung von Fliessgewässern. Je nach organischer Belastung eines Gewässers bildet sich eine spezielle Population von Makroinvertebraten aus, für die ein entsprechender Index berechnet wird. Den einzelnen Invertebratenarten wird dabei zuerst ein artspezifischer Index sowie ein Indikationsgewicht zugeordnet und daraus der Saprobitäts-Index der beprobten Population bestimmt. Der Index kann Werte zwischen 1 (unbelastete Gewässer) und 4 (übermässig belastetes Gewässer) annehmen (Tab. A2.10).

Tabelle A2.10: Saprobitätsstufe und Index (DIN, 1989).

Saprobitätsstufe	Saprobitäts-Index	Belastungsstufe
I oligosaprob	1.00 – 1.49	unbelastet
I-II oligo- bis betamesosaprob	1.50 – 1.79	gering belastet
II beta-mesosaprob	1.80 – 2.29	mässig belastet
II-III beta- bis alphamesosaprob	2.30 – 2.69	deutlich verschmutzt
III alphamesosaprob	2.70 – 3.19	stark verschmutzt
III-IV alphameso- bis polysaprob	3.20 – 3.49	sehr stark verschmutzt
IV polysaprob	3.50 – 4.00	übermässig verschmutzt

10.3. Anhang A3

Artenliste Kieselalgen

	Gewässer	Milibach		Horbach	Schw. Lütschine		Bunderlibächli	
	Art der Strecke	RW	S/S	Ref	Ref	S/S	Ref	S/S
	Stellenbezeichnung	Mi 3	Mi 4	Ho 0	SL 0	SL 1	Bu 0	Bu 1
	Höhe in m. ü. M.	1497	1033	1494	1025	985	1210	1200
	Koordinate X	646'754	646'845	648'083	646'987	646'643	610'645	610'584
	Koordinate Y	165'895	164'018	166'366	163'999	163'588	149'401	149'470
	Datum Probenahme	25.04.14	25.04.14	25.04.14	25.04.14	25.04.14	24.04.14	24.04.14
Zählliste								
	Achnanthes laevis OESTRUP	3.0		0.8				
	Achnantheidium affine (GRUNOW) CZARNECKI	3.6			0.6			
	Achnantheidium caledonicum (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT	6.0		1.4				
	Achnantheidium lineare sensu lato	4.6		0.6				
	Achnantheidium minutissimum var. jackii (RABENHORST) LANGE-BERTALOT	0.4	1.2				1.4	2.0
	Achnantheidium minutissimum var. minutissimum (KUETZING) CZARNECKY	41.4	24.2	28.8	30.8	45.3	1.6	1.0
	Achnantheidium pfisteri LANGE-BERTALOT				0.8			
	Achnantheidium pyrenaicum (HUSTEDT) KOBAYASI	19.6	70.1	56.6	14.0	13.0	91.8	89.6
	Cocconeis pediculus EHRENBERG	0.4						
	Cocconeis placentula var. euglypta sensu Krammer & Lange-Bertalot 1991 Fig 53/9, 5 und sensu Hofmann et al. 2011 Fig 19/7				0.4			
	Cymbella affinis KUETZING sensu KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986)						0.8	
	Cymbella excisa var. excisa KUETZING	1.2	0.2	1.2	2.0	0.8	2.2	3.8
	Delicata delicatula (KUETZING) KRAMMER			0.4				
	Denticula tenuis KUETZING							
	Diatoma problematica LANGE-BERTALOT	0.6					0.2	
	Diatoma tenuis C.AGARDH				0.2			
	Encyonema minutum (HILSE) D.G.MANN	1.4		0.8	3.2	3.0		
	Encyonema silesiacum var. silesiacum (BLEISCH) D.G.MANN			0.2	0.4	1.4		
	Encyonema ventricosum (AGARD) GRUNOW	0.6		1.0	1.4	2.4		
	Encyonopsis microcephala (GRUNOW) KRAMMER				0.4			
	Fragilaria arcus (EHRENBERG) CLEVE	0.2	0.2	0.4	1.0	0.2		
	Fragilaria brevistriata var. brevistriata GRUNOW			0.4				
	Fragilaria capucina var. austriaca (GRUNOW) LANGE-BERTALOT	2.8	0.4		0.2			
	Fragilaria capucina var. gracilis (OESTRUP) HUSTEDT	0.4			0.4			
	Fragilaria capucina var. vaucheriae (KUETZING) LANGE-BERTALOT	4.2	0.8	1.2	2.2	1.6		
	Fragilaria germaninii LANGE-BERTALOT & REICHARDT	0.4				0.2		
	Fragilaria incognita REICHARDT	7.0						
	Gomphonema angustivalva REICHARDT				2.2	0.6	0.4	
	Gomphonema angustum sensu LANGE-BERTALOT			0.6				
	Gomphonema cymbellicinum REICHARDT & LANGE-BERTALOT		0.2	1.8	11.4			
	Gomphonema elegantissimum REICHARDT & LANGE-BERTALOT		1.0		6.4	3.0		1.6
	Gomphonema lateripunctatum REICHARDT & LANGE-BERTALOT				0.6		0.2	
	Gomphonema micropus KUETZING				2.6	0.4		
	Gomphonema olivaceoides HUSTEDT						0.2	
	Gomphonema olivaceum var. olivaceum (HORNE MANN) BREBISSON	1.4		1.4	14.0	17.6	0.2	0.4
	Gomphonema pumilum (GRUNOW) REICHARDT & LANGE-BERTALOT		1.4		3.6	7.6	0.4	
	Gomphonema tergestinum FRICKE		0.4			0.6		0.2
	Gomphonema truncatum EHRENBERG	0.2						
	Gomphonema variostigmatum Arbeitsname E. Reichardt 2002					0.8		

	Gewässer Art der Strecke Stellenbezeichnung	Milibach		Horbach	Schw. Lütschine		Bunderlibächli	
		RW	S/S	Ref	Ref	S/S	Ref	S/S
		Mi 3	Mi 4	Ho 0	SL 0	SL 1	Bu 0	Bu 1
Zählliste								
	Mayamaea atomus (KUETZING) LANGE-BERTALOT	0.4						
	Meridion circulare var. circulare (GREVILLE) C.AGARDH			1.6				
	Navicula cryptocephala var. cryptocephala KUETZING	0.2						
	Navicula cryptotenella LANGE-BERTALOT			0.8				
	Navicula gregaria DONKIN					0.8		
	Navicula reichardtiana LANGE-BERTALOT				0.2			
	Navicula tripunctata (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT				0.4			
	Nitzschia dissipata (KUETZING) GRUNOW				0.6		0.6	1.4
	Nitzschia fonticola GRUNOW					0.8		
Statistik								
Zählliste	Anzahl gezählter Schalen	500	501	500	500	501	500	500
	Taxazahl	22	11	18	25	18	12	8
	Diversität (Log, Basis 2)	2.92	1.26	1.94	3.31	2.61	0.65	0.73
DI-CH	Zweiteichung							
	DI-CH Index (Zweiteichung)	1.50	1.68	1.80	2.27	2.29	1.52	1.53
	Zustandsklasse (Zweiteichung)	1	1	1	1	1	1	1
	sehr gut < 2.5	45.8	74.5	61.2	31.4	25.9	97.4	97.0
	sehr gut > 2.5	47.8	24.8	35.2	63.8	70.7	1.8	1.6
	gut	0.4	0.0	2.4	1.4	0.8	0.6	1.4
	mässig	0.6	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0
	unbefriedigend	5.0	0.8	1.2	2.2	2.4	0.0	0.0
	schlecht	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	nicht definiert	0.4	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0
Differentialartenanalyse								
	hypersensible Arten	23.6	4.0	3.2	14.0	11.4	3.2	3.6
	sensible bis hypersensible Arten	19.8	70.3	57.0	15.6	14.0	92.0	89.6
	sensible Arten	45.4	24.8	36.6	65.8	70.1	2.4	3.0
	sensible bis tolerante Arten	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	tolerante Arten	4.4	0.8	1.4	2.6	3.8	0.0	0.0
	resistente Arten	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	nicht definiert	5.8	0.2	1.8	2.0	0.8	2.2	3.8
VanDam Sauerstoff								
	ca. 100%	75.8	98.8	91.2	62.0	75.8	96.4	94.4
	> 75%	2.4	0.2	4.8	29.0	18.8	0.8	1.8
	> 50%	4.4	0.8	2.2	3.2	3.0	0.0	0.0
	> 30%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
	ca. 10%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	nicht definiert	17.4	0.2	1.8	5.8	1.6	2.8	3.8
O₂ sensible Arten								
	Summe sauerstoffbeeinflusster Arten	1.8	0.0	3.0	14.4	18.4	0.2	0.4
VanDam Stickstoff								
	N-autotroph (sensibel)	34.6	74.7	62.4	31.2	30.5	94.8	93.4
	N-autotroph (tolerant)	47.6	25.1	35.8	63.0	67.9	2.4	2.8
	fakultativ N-heterotroph	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	obligat N-heterotroph	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	nicht definiert	17.4	0.2	1.8	5.8	1.6	2.8	3.8
Trophie /Saprobie								
	Trophieindex Schmedtje	1.4	1.5	1.6	1.8	1.8	1.5	1.5
	Saprobieindex Östereich	1.4	1.4	1.5	1.8	1.8	1.4	1.4

Ref = unbeeinflusste Referenzstelle, RW = Restwasserstrecke, S/S = Schwallstrecke

Legende Qualitätsstufe BUWAL Modul Kieselalgen Stufe F (Zweiteichung)

1: sehr gut (DI-CH 1.0 bis 3.49)

2: gut (DI-CH 3.5 bis 4.49)

3: mässig (DI-CH 4.5 bis 5.49)

4: unbefriedigend (DI-CH 5.5 bis 6.49)

5: schlecht (DI-CH 6.5 bis 8.0)

10.4. Anhang A4

Artenliste Makrozoobenthos

Gewässer	Milibach		Horbach	Schwarze Lütschine		Bunderlibächli	
	RW-Strecke	SS-Strecke	Referenz	Referenz	SS-Strecke	Referenz	SS-Strecke
Stellenbezeichnung	Mi 3	Mi 4	Ho 0	SL 0	SL 1	Bu 0	Bu 1
Höhe in m ü. M.	1497	1033	1494	1025	985	1210	1200
Koordinate X	646'754	646'845	648'083	646'987	646'643	610'645	610'584
Koordinate Y	165'895	164'018	166'366	163'999	163'588	149'401	149'470
Datum Probenahme	25.04.14	25.04.14	25.04.14	25.04.14	25.04.14	24.04.14	24.04.14
	Ind./m2			Ind./m2		Ind./m2	
Steinfliegen (Plecoptera)							
Chloroperlidae							
<i>Leuctra</i> sp. *mit 1 ♀ ad.	138	98	558*	174	132	24	24
<i>Protonemura</i> sp. *mit 1 ♀ ad. <i>P. nimborum</i>	28	2	790*	164	76	1436	872
<i>Nemoura mortoni</i>		2				436	160
<i>Nemoura sinuata</i> ♀ ad. [NT; 4]			2				
<i>Nemoura</i> sp.							2
<i>Isoperla rivulorum</i>	4		2			20	4
<i>Perla grandis</i>						2	2
<i>Rhabdiopteryx</i> Gr. <i>harperi-alpina</i> [VU; 3/NT; 4]				12	22		
<i>Rhabdiopteryx neglecta</i>						80	82
Total Steinfliegen	170	102	4	350	230	1'998	1'146
Köcherfliegen (Trichoptera)							
Limnephilidae			24				
<i>Allogamus auricollis</i>						148	
<i>Drusus biguttatus</i>						6	
<i>Halesus rubricollis</i>						8	2
<i>Potamophylax cingulatus</i>						2	
<i>Metanoea flavipennis</i> [NT; 4]			2				
<i>Rhyacophila intermedia</i>			2				
<i>Rhyacophila torrentium</i>		4	16	8	18	14	78
<i>Rhyacophila</i> s.str. sp.		24	2				
<i>Sericostoma personatum</i>				2			
Total Köcherfliegen		28	46	10	18	178	80
Eintagsfliegen (Ephemeroptera)							
<i>Baetis alpinus</i>	16	160	102	358	200	2278	748
<i>Baetis rhodani</i>		6			12		2
<i>Rhithrogena puthzi</i>		4		46	238		
<i>Rhithrogena</i> Gr. <i>hybrida</i>						566	548
<i>Rhithrogena</i> sp.			26	88			
<i>Ecdyonurus</i> sp.	2	10	50	22	4	50	4
<i>Epeorus alpicola</i>			12				8
<i>Habroleptoides auberti</i>		2	4				
Total Eintagsfliegen	18	182	194	514	454	2'894	1'310
Zweiflügler (Diptera): Zuckmücken							
Tanytarsini	12	24	24			144	
Orthoclaadiinae u. Diamesinae	282	854	384	50	98	528	484
Tanypodinae	12						
Total Zuckmücken	306	878	408	50	98	672	484
Zweiflügler (Diptera): Kriebelmücken							
<i>Simulium</i> sp.	44	24	56	16	16	112	2
<i>Prosimulium</i> sp.	246	38	74		2		6
Total Kriebelmücken	290	62	130	16	18	112	8

Legende []

ad. = adult

Rote Liste: NT = potenziell gefährdet; VU = verletzlich; EN = stark gefährdet; CR = vom Aussterben bedroht

Liste Prioritäre Arten der Schweiz: 4 = mässig; 3 = mittel; 2 = hoch; 1 = sehr hoch

Gewässer	Milibach		Horbach
	RW-Strecke	SS-Strecke	Referenz
Stellenbezeichnung	Mi 3	Mi 4	Ho 0
Höhe in m ü. M.	1497	1033	1494
Koordinate X	646'754	646'845	648'083
Koordinate Y	165'895	164'018	166'366
Datum Probenahme	25.04.14	25.04.14	25.04.14
	Ind./m2		

Schwarze Lütschine	
Referenz	SS-Strecke
SL 0	SL 1
1025	985
646'987	646'643
163'999	163'588
25.04.14	25.04.14
Ind./m2	

Bunderlibächli	
Referenz	SS-Strecke
Bu 0	Bu 1
1210	1200
610'645	610'584
149'401	149'470
24.04.14	24.04.14
Ind./m2	

Zweiflügler (Diptera): Übrige			
<i>Atherix ibis</i>		2	112
<i>Liponeura cinerascens minor</i>	18		44
<i>Chelifera</i> sp.		2	
Clinocerinae			170
Limoniidae/Pediciidae			
<i>Molophilus</i> sp.			
<i>Pedicia</i> sp.		2	
<i>Antocha</i> sp.			2
<i>Dicranota</i> sp.	12	32	12
<i>Rhabdomastix</i> sp.			
(<i>Lispe</i> sp.)		2	
Psychodidae	12		2
<i>Tipula</i> sp.	2		
Total übrige Zweiflügler	44	40	342

2	2
2	2
10	8
4	
	4
20	16

10	4
124	324
52	54
10	12
6	4
202	398

Würmer (Oligochaeta)			
<i>Eiseniella tetraedra</i>	4	14	2
Lumbricidae			2
<i>Styolodrilus heringianus</i>		2	24
Lumbriculidae			4
Naididae		12	
Total Würmer	4	28	32

	42
	42

2	
2	

Übrige Taxa			
<i>Gammarus fossarum</i>			
<i>Hydraena</i> sp.	2		
<i>Pisidium</i> sp.	2		
Planariidae			
übrige Taxa	4		

	2
	2

2	
2	
2	
6	

TOTAL Individuendichte Ind./m²	836	1'320	2'504
Anzahl Taxa	17	22	28

960	878
16	17

6'064	3'426
26	22

Legende [] ad. = adult
 Rote Liste: NT = potenziell gefährdet; VU = verletzlich; EN = stark gefährdet; CR = vom Aussterben bedroht
 Liste Prioritäre Arten der Schweiz: 4 = mässig; 3 = mittel; 2 = hoch; 1 = sehr hoch