WFN – Wasser Fisch Natur AG
Winterfeldweg 49
3018 Bern

031 751 18 74
info@wfn.ch

Limnex AG
Neumarktplatz 18
5200 Brugg
044 313 13 00
info@limnex.ch
www.limnex.ch

Limnologie
Gewässerökologie
Hydrometrie

Strategische Planung zur Sanierung von Schwall/Sunk im Kanton Glarus

Schlussbericht

Brugg, 17. Dezember 2014

Impressum

Auftraggeber: Departement Bau und Umwelt
Abteilung Umweltschutz und Energie
Kirchstrasse 2
8750 Glarus

Auftragnehmer: Limnex AG
Neumarktplatz 18
5200 Brugg

WFN – Wasser Fisch Natur AG
Winterfeldweg 49
3018 Bern

Bearbeitung: David Tanno (Limnex AG)
Stephanie Schmidlin (Limnex AG)
Kurt Wächter (Limnex AG)
Arthur Kirchhofer (WFN)
Daniela Eichenberger (WFN)

Titelbild: Restwasserstrecke KW Cotlan bei Schwall und bei Sunk

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Zielsetzung 5

2. Vorhandene Datengrundlagen 6

3. Ausscheideverfahren von schwallerzeugenden Kraftwerkszentralen 7
3.1 Kein Schwall/Sunk im Sinne des GSchG 9
3.2 Prüfung Schwall/Sunk-Verhältnis 10
3.3.1 Notausgang 11
3.3.2 Abkürzung 11

4. Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung 12
4.1 Vorgehen 12
4.2 Kraftwerke Linth-Limmern (KLL) 14
4.2.1 Kraftwerksbetrieb 14
4.2.2 Grundbewertung 15
4.2.3 Zusammenfassung 20
4.3 SN Niederenbach, Niederenbachwerk, SN Sernf 22
4.3.1 Kraftwerksbetrieb 22
4.3.2 Grundbewertung 23
4.3.3 Zusammenfassung 24
4.4 Luchsingen 26
4.4.1 Kraftwerksbetrieb 26
4.4.2 Grundbewertung 26
4.4.3 Zusammenfassung 28
4.5 Am Löntsch 30
4.5.1 Kraftwerksbetrieb 30
4.5.2 Grundbewertung 30
4.5.3 Zusammenfassung 34
4.6 Oberseewerk 35
4.6.1 Kraftwerksbetrieb 35
4.6.2 Grundbewertung 35
4.6.3 Zusammenfassung 37

5. Definitiv Sanierungspflichtige und nicht sanierungspflichtige Kraftwerke ... 39
5.1 Definitiv nicht sanierungspflichtige Kraftwerke 39
5.2 Definitiv sanierungspflichtige Kraftwerke 41

6. Ökologisches Potenzial und Grad der Beeinträchtigung 42
6.1 Ökologisches Potenzial 42
6.2 Grad der Beeinträchtigung 44

7. Sanierungsmassnahmen 45
7.1 Linthal (Kraftwerke Linth-Limmern) 45
7.2 Am Löntsch 45

8. Koordination 48
8.1 Revitalisierung 48
8.2 Geschiebe 48

9. Literaturverzeichnis 49

Anhang **52**
ANHANG 1: Fische **53**
ANHANG 2: Einsatz Brutboxen in Glarner-Linth 2012/2013, im Auftrag von WFN **56**
ANHANG 3: Indikatoren B1 – B4: Makrozoobenthos **59**
ANHANG 4: Innere Kolmation **62**
ANHANG 5: Temperatur **64**
ANHANG 6: Schwallversuche **66**
ANHANG 7: Vorstudie zu Schwall/Sunk **66**
ANHANG 8: Wasserqualität anhand Kieselalgen **66**
ANHANG 9: Karten der Probestellen und Ökomorphologie **67**
ANHANG 10: Berechnungsmethodik Schwall/Sunk-Verhältnis ($V_{S/S}$) **73**

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 Glarus ein Zwischenbericht erstellt (Limnex & WFN 2013). Der Zwischenbericht wurde zuhanden des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) eingereicht und beurteilt. An einer bilateralen Besprechung zwischen dem BAFU und dem Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Glarus am 15.01.14 wurde der Zwischenbericht detailliert besprochen und Fragen im Hinblick auf den Schlussbericht geklärt. 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 erstellten *Limnex AG* und *WFN – Wasser Fisch Natur AG* den Schlussbericht zur strategischen Planung im Bereich Schwall/Sunk gemäss Stellungnahme des BAFU. Der Zwischenbericht floss dabei massgeblich in den vorliegenden Schlussbericht ein und wurde durch neue Erkenntnisse ergänzt.

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):

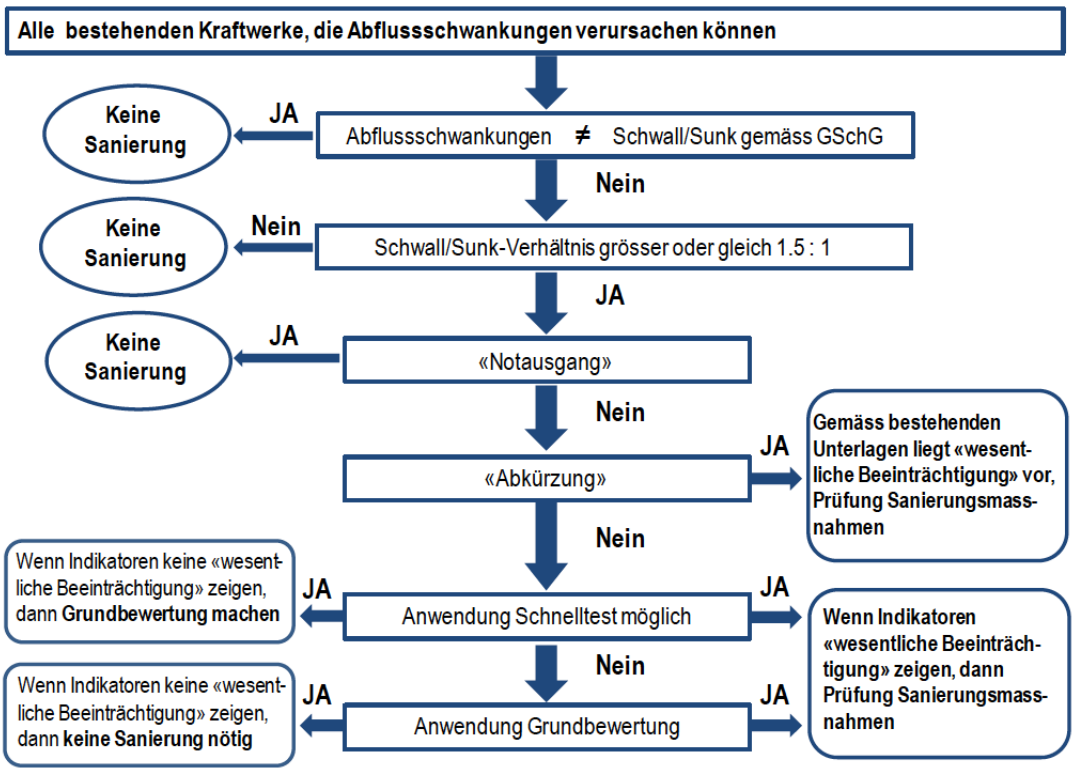


Abbildung 1: *Übersicht über die Bestimmung der wesentlichen Beeinträchtigungen durch Schwall/Sunk im Rahmen der kantonalen Planung (übernommen aus Baumann et al. 2012).*

2. Vorhandene Datengrundlagen

Folgende Grundlagen wurden für die Erstellung des Schlussberichts verwendet:

- Zwischenbericht Schwall/Sunk (Limnex & WFN 2013)
- Sitzungsprotokoll und Stellungnahme BAFU
- Vorstudie zu Schwall/Sunk an der Linth (Limnex & WFN 2012)
- Diverse Fachberichte (von den Kraftwerken Linth-Limmern (KLL) zur Verfügung gestellt)
- Schwallmonitoring Linth KLL (Limnex 2012)
- Restwasserkarte Schweiz (Kummer et al. 2007)
- Hydrologischer Atlas Schweiz (HADES)
- Geoportal des Kantons Glarus
- Geoportal des Bundes (swisstopo)

3. Ausscheideverfahren von schwallerzeugenden Kraftwerkszentralen

Der Kanton Glarus erstellte eine Liste mit 25 Kraftwerken, die Abflussschwankungen verursachen können (Tab. 1; Abb. 2). Dabei wurden zum Teil auch Kraftwerke berücksichtigt, deren Abflussschwankungen nach dem GSchG nicht als Schwall/Sunk-Phänomen gelten. Sie werden im Folgenden 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 < 1.5 : 1 aufwiesen schieden als **nicht sanierungspflichtig** aus der weiteren Untersuchung aus. Bei allen anderen Anlagen, 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 Modul-Stufen-Konzept (MSK) Modul Hydrologie (Pfaundler et al. 2011) und wird im Anhang 10 detailliert beschrieben.

Tabelle 1: *Liste der möglicherweise schwallerzeugenden Kraftwerkszentralen im Kanton Glarus mit Angaben zu Betreiber, Rückgabegewässer und Einzugsgebiet (EZG). Abkürzungen Werktyp: SKW=Speicherkraftwerk; LKW=Laufkraftwerk/Ausleitkraftwerk.*

Nr. Blatt	WASTA Nr.	Name der Zentrale	Betreiber	Rückgabe Gewässer	EZG	Werktyp
51	400500	Fätschbach	AXPO (ehem. NOK)	Linth	Linth	SKW
50/60	400400	Linthal (KLL)	Kraftwerke Linth-Limmern (KLL)	Linth	Linth	SKW
49	400600	Linthkraft-Stiftung	Linthkraft-Stiftung	Linth	Linth	LKW
45	400800	Brummbachwerk	Spinnerei Linthal AG (SKW)	Linth	Linth	SKW
48	400700	Spinnerei Linthal	Spinnerei Linthal	Linth	Linth	LKW
46	400900	Cotlan	Cotlan Textilfabriken (AG)	Linth	Linth	LKW
44		Bodmer	Bodmer AG	Linth	Linth	LKW
42	400950	Diesbach	Hiag (ehem. Legler)	Linth	Linth	LKW
41	401000	Hefti	Hefti & Co AG (FHC)	Linth	Linth	LKW
38	401100	Luchsingen	TB Glarus	Bächibach	Linth	SKW
35	401200	D. Jenny	Daniel Jenny & Co, (DJC)	Linth	Linth	LkW
40	401500	SN Niederenbach	SN Energie AG	Sernf	Linth	SKW
34	401600	Niederenbachwerk	TB Glarus Süd	Sernf	Linth	SKW
32	401400	SN Sernf	SN Energie AG	Sernf	Linth	SKW
29	401700	Textil AG	Textil AG - Sernf / SN Energie	Sernf/Linth	Linth	LKW
30	401225	Hydroelectra	Hydroelectra AG	Linth	Linth	LKW
28a		Seidendruckerei	-	Linth	Linth	LKW
27	401775	Mühlefuhr	-	Linth	Linth	LKW
25		Holenstein	-	Linth	Linth	LKW
26		Dorfbach Ennenda	-	Linth	Linth	LKW
21	401790	Walzmühle	-	Linth	Linth	LKW
24	401900	Am Löntsch	AXPO (ehem. NOK)	Löntsch	Linth	SKW
18	401800	Elggiskraft	Kalkfabrik Netstal AG (KFN)	Linth	Linth	LKW
17	402000	Linthkraft	Linthkraft AG	Linth	Linth	LKW
15	403800	Oberseewerk	TB Glarus Nord	Mülibach	Linth	SKW

Abbildung 2: *Geografische Skizze zu den möglicherweise schwallverursachenden Kraftwerkszentralen (Rote Dreiecke: Wasserrückgabe) im Kanton Glarus.*

3.1 Kein Schwall/Sunk im Sinne des GSchG

Ausleitwerke

Die 16 Ausleitkraftwerke an der Linth verursachen keinen Schwall/Sunk im Sinne des GSchG, da sie keine Möglichkeit zur Speicherung von Wasser besitzen. Sie werden daher als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden. Für die Massnahmenplanung müssen sie aber miteinbezogen werden, da sie die Situation durch Verringerung des Sunks verschärfen. Es handelt sich um die folgenden Kraftwerke:

- 49 Linthkraft-Stiftung
- 48 Spinnerei Linthal
- 46 Cotlan
- 44 Bodmer
- 42 Diesbach
- 41 Hefti
- 35 D. Jenny
- 29 Textil AG
- 30 Hydroelectra
- 28a Seidendruckerei
- 27 Mühlefuhr
- 25 Holenstein
- 26 Dorfbach Ennenda
- 21 Walzmühle
- 18 Elggiskraft
- 17 Linthkraft

Im Zwischenbericht zu Schwall/Sunk wurden die drei Kraftwerke Diesbach, Dorfbach Ennenda und Linthkraft stellvertretend für alle Ausleitwerke untersucht. Die Ergebnisse befinden sich im Zwischenbericht (Limnex und WFN 2013).

51 Fätschbach

Das Kraftwerk Fätschbach scheidet ebenfalls als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren aus. Sein Schwall wird in ein Ausgleichsbecken abgegeben und verursacht somit keinen Schwall im Sinne des GSchG.

Die Turbinen des KW Fätschbach liegen im gleichen Gebäude wie diejenigen der Zentrale Linthal (KLL), der Turbinenauslauf liegt allerdings weiter flussaufwärts als derjenige der KLL. Das KW

Fätschbach verfügt über ein kleines Ausgleichsbecken und die Wasserrückgabe erfolgt ungefähr 300 m oberhalb der Rückgabe aus dem grossen Ausgleichsbecken der KLL. Die beiden Becken sind nicht miteinander verbunden. Im Sommer wird das verarbeitete Wasser direkt in die Linth geleitet, im Winter über das kleine Ausgleichsbecken. Dabei wird eine Mindestdotierung von 2 m^3/s angestrebt, so dass in der Linth ab 2016 zusammen mit dem Zwischeneinzugsgebiet und der Wasserrückgabe der KLL ein Sunk von mindestens 2.5 m^3/s eingehalten wird.

Die für das KW Fätschbach geplante vorgezogene Neukonzessionierung mit 2-stufiger Umweltverträglichkeitsprüfung wurde 2012 sistiert. Bei den entsprechenden Arbeiten zeigte sich, dass das Ausgleichsbecken mit 10‘000 m³ Inhalt das ganze Speicherbecken auf dem Urnerboden mit einem nutzbaren Inhalt von 7‘000 m³ aufnehmen kann. Ein über variierende Turbiniermengen eventuell entstehender Schwall kann damit vollständig aufgefangen und eine konstante Abflussmenge eingehalten werden.

3.2 Prüfung Schwall/Sunk-Verhältnis

In Tabelle 2 sind die Abflussverhältnisse und daraus die resultierenden Schwall/Sunk-Verhältnisse ($V_{S/S}$) für die verbleibenden Kraftwerke aufgelistet. Von diesen 8 Werken, kann das Brummbachwerk als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden werden, da sein Schwall/Sunk-Verhältnis ($V_{S/S}$) kleiner als 1.5 : 1 ist und somit unter dem gesetzlichen Grenzwert liegt. Die restlichen 7 Kraftwerke weisen alle ein Schwall/Sunk-Verhältnis > 1.5 : 1 auf und müssen genauer untersucht werden (Grundbewertung, Kap. 4).

Tabelle 2: *Abflussverhältnisse, Betriebsweise und daraus resultierende Schwall/Sunk-Verhältnisse von Speicherkraftwerken. Der Sunkabfluss setzt sich aus dem dotierten Restwasser und dem Q_{347} aus dem Zwischeneinzugsgebiet zusammen. Ausnahme: KLL: Die 2 m^3/s Betriebssunk bei den KLL betrifft in diesem Fall nicht die Dotierung, sondern den Sunk im Gewässer nach dem Ausgleichsbecken.*

Nr. Blatt	Kraftwerk	Überlagerung	Ausbau-wasser-menge [m^3/s]	Dotierung [m^3/s]	Sunk im Gewässer [m^3/s]	Schwall/ Sunk-V.	Bemerkungen
45	**Brummbachwerk**	Überlagert mit Linth	0.73	0	2.8	**1.3**	Schwallrückgabe direkt in Linth
50/60	**Kraftwerke Linth-Limmern (KLL)**		32	2	2	**16**	seit 2006 verändertes Schwallregime
		ab 2011 (IST)	32	2	2	**10**	Seit 2011 max. Schwall gem. Konzession 2016
		ab 2016 (Zukunft)	32	2.5	2.5	**8**	Neue Dotierung teilweise heute schon erreicht. Ab Rückgabe Linthal werden 2.5 m^3/s garantiert.
38	**Luchsingen**		0.84	0	0.35	**3.4**	
		Überlagert mit Linth	0.84	0	3.7	**1.2**	
40/34/32	**SNN, NBW; SNS**		12.96	0.3	0.65	**11.1**	SN Sernf u. SN Niederenbach
		Überlagert mit Linth	12.96	0.3	4.4	**3.2**	SN Sernf u. SN Niederenbach
24	**Am Löntsch**		20	0.008	0.258	**78.5**	
		Überlagert mit Linth	20	0.008	7.5	**3.7**	
15	**Oberseewerk**		2.07	0	0.7	**4**	

3.3.1 Notausgang

Die Möglichkeit des "Notausgangs" (Schritt 4 in Abb. 1) wird für keine der aufgeführten Zentralen in Anspruch genommen.

3.3.2 Abkürzung

Die Möglichkeit der „Abkürzung“ (Schritt 5 in Abb. 1) wird für keine der aufgeführten Zentralen in Anspruch genommen.

4. Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung

4.1 Vorgehen

In Tabelle 3 sind die zum Thema Schwall/Sunk durchgeführten Untersuchungen und ihr Zeitpunkt aufgelistet.

Tabelle 3: *Übersicht über die erfolgten Untersuchungen zur Schwall/Sunk-Abklärung thematisch gegliedert.*

Untersuchung	Gewässer	Zeitpunkt/Periode	Bearbeiter	Anhang
Fische	Linth	12. - 15.10.13 07./08.04.14	WFN	**1**
Laichboxen	Linth	23.11.12 - 22.03.13	A. Zbinden	**2**
Makrozoobenthos	Linth	4.11.12; 07.04.13 17./18.03.14	Limnex	**3**
	Sernf	04.11.12 12.04.13	Limnex WFN	**3**
	Bächibach, Löntsch, Mühlibach Tränki	03.04.13 17./18.03.14	Limnex	**3**
Innere Kolmation	Linth	04.11.12 07.04.13	Limnex	**4, 6**
	Sernf	12.03.13	Limnex	**4**
	Bächibach, Löntsch, Mühlibach Tränki	03.04.13 17./18.03.14	Limnex	**4, 6**
Temperatur	Linth	22.10.12 - 14.3.14	WFN	**5**
Schwallversuche	Linth	13.12.12	Limnex	**6**
Schwallversuche	Bächibach, Löntsch	01.04.14		
Mindestabfluss	Linth	Betriebsdaten der Konzessionen	Limnex	**3, 7**
Vorstudie Schwall/Sunk	Linth	2012, basierend auf Daten von 2003-2007	WFN, Limnex	**7**
Kieselalgen	Linth, Löntsch	2001	AquaPlus	**8**

Indikatoren F1-F5

Die Ergebnisse der Fischfauna der Vorstudie (Limnex und WFN 2012) wurden mit weiteren Aufnahmen vom Herbst 2013 und Frühling 2014 ergänzt (Anhang 1), denn im Frühling 2013 konnten wegen hohen Abflüssen keine Aufnahmen durchgeführt werden. Für den Indikator *F2 – Stranden von Fischen* wurden die Resultate der einzelnen Probestrecken der Schwallversuche (SAH 2006, Limnex 2006, Limnex 2014b) verwendet. Der Indikator *F3 - Laichareale* wurde anhand der hydraulischen Mo-

dellrechnungen für die gesamte Schwallstrecke Linthal-Ennenda bewertet (SAH 2007). Die Berechnung des JHE (Indikator F5) wurde basierend auf den Makrozoobenthosdaten vom Frühling 2013 und Frühling 2014 ergänzt.

Indikatoren B1-B4

Die Indikatorbewertung des Makrozoobenthos erfolgte anhand der Aufnahmen vom November 2012, April 2013 und März 2014, wie es die Vollzugshilfe vorsieht. In den beiden Fachberichten zum Makrozoobenthos (Limnex 2013a, Limnex 2014a) in Anhang 3 wurden die Ergebnisse ausführlich diskutiert und mit den älteren Daten der Vorstudie verglichen (Anhang 3). In diesen Berichten ist auch die Methodik der Probenahme detailliert beschrieben.

Indikator H1

Für die Bewertung des Indikators H1 - Innere Kolmation wurde die Konzentration der Schwebstoffe bei Schwallanstieg gemessen (Schwallversuch Dez. 2012). Ergänzend dazu wurden im April 2013 und 2014 drei verschiedene Untersuchungsmethoden angewandt, um die innere Kolmation an den Untersuchungsstellen des Makrozoobenthos zu beurteilen (Anhang 3):

- Innere Kolmation nach Schälchli (2002)
- Innere Kolmation (Kickfahne) nach Strohmeier et al. (2005)
- Innere Kolmation nach MSK Äusserer Aspekt (Binderheim & Göggel 2007)

Diese drei Kolmationsindikatoren und die Schwebstoffkonzentration (Bewertung Indikator H1 nach Vollzugshilfe) wurden für jede Schwallstrecke zu einem einzigen Indikator aggregiert. Die Methodik ist in Anhang 4 ausführlich beschrieben.

Indikator A1

Die Daten zur Dotierwassermenge im IST-Zustand und dem natürlichen Niederwasserabfluss (Q_{347}) des Zwischeneinzugsgebietes wurden vom Kanton Glarus zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten wird geprüft, ob der Mindestabfluss bei der Wasserrückgabe die Anforderungen von Art. 31-33 GSchG erfüllt oder nicht (Anhang 7).

Indikator Q1

Die Wassertemperaturmessungen aus der Vorstudie wurden fortgesetzt und die Tabelle aus der Vorstudie ergänzt (Anhang 5).

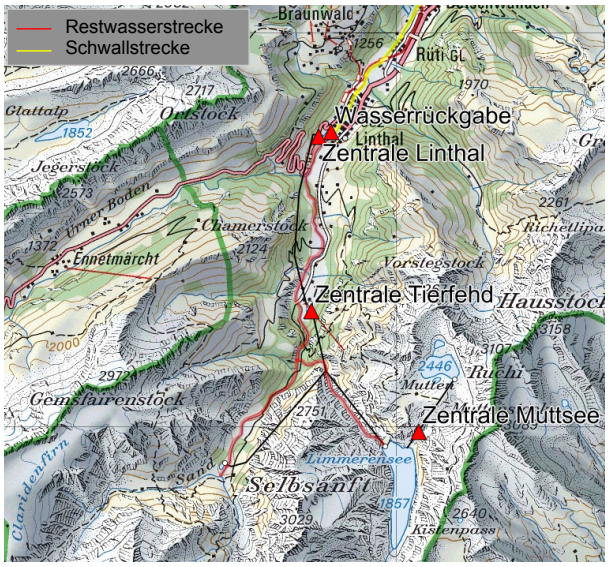
Die Bewertungskriterien der einzelnen Indikatoren finden sich im Anhang 7 der Vollzugshilfe zur Schwallsanierung (Baumann et al. 2012). Die verwendeten Berechnungsmethoden für die einzelnen Indikatoren gehen entweder direkt aus der Vollzugshilfe hervor (z. B. Indikator B1) oder sind in den jeweiligen Modulen (F1: Schager & Peter 2004; B2: Stucki 2010; Q1: Dübendorfer et al. 2011) des Modul-Stufen-Konzepts beschrieben. Abweichungen von diesen Methoden gab es bei der Bewertung der inneren Kolmation (Indikator H1). Sie wird im Anhang 4 beschrieben.

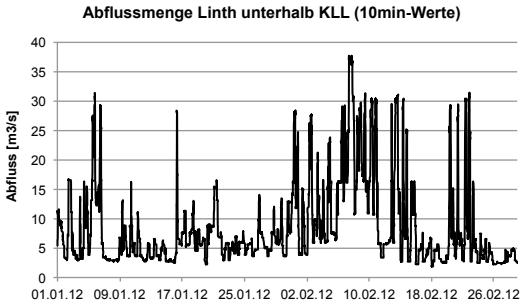
4.2 Kraftwerke Linth-Limmern (KLL)

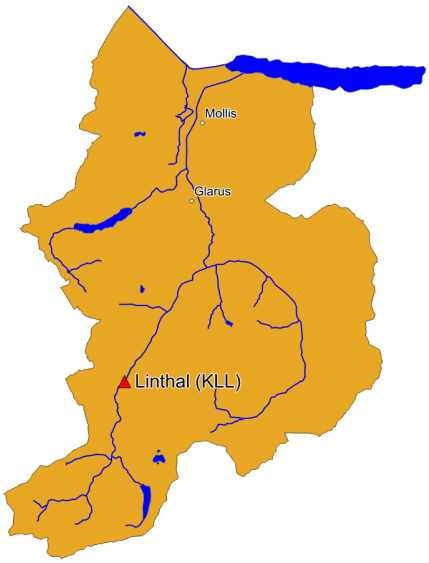
Kraftwerk	Kraftwerke Linth-Limmern (KLL)

Betreiber:	AXPO/Kraftwerke Linth Limmern
Gemeinde:	Linthal
Einzugsgebiet:	Linth
Rückgabegewässer:	Linth

WASTA Nummer:	400400
Werktyp:	Speicherkraftwerk
Koordinaten Anlageteil	718'408/197'397
Ausbauwassermenge [m^3/s]:	32
Sunk bei Schwallrückgabe [m^3/s]:	2.5
Schwall/Sunk-Verhältnis:	8 (Winterhalbj.), 13 (Sommerhalbj.)
Länge Schwallstrecke [km]:	30.2 (bis Walensee)







4.2.1 Kraftwerksbetrieb

Von der Zentrale in Linthal wird das Triebwasser in das Ausgleichsbecken Linthal geleitet. Dieses besitzt ein Volumen von 210‘000 m^3. Von hier wird das Wasser in die Linth eingeleitet. Dabei wird der Schwallanstieg und Rückgang gedämpft. Wie in Tabelle 4 dargestellt, hat sich das Betriebsregime in den letzten Jahren stetig verändert. Der Sunkabfluss von 2.5 m^3/s, der mit der neuen Konzession 2016 in Kraft tritt, ist jedoch heute schon grösstenteils umgesetzt. Das Schwall/Sunk-Verhältnis unterhalb des Ausgleichbeckens (AGB) Linthal beträgt somit schon heute 8:1.

Tabelle 4: *Übersicht über die sich verändernden Betriebsweisen der KLL in den letzten und zukünftigen Jahren (2006-2016).*

Zustand	Periode	Betriebsregime KLL
Zustand vor der Anpassung des Betriebsregimes	Seit 2006 bis 2011	Ausbauwassermenge: **max. 32 m^3/s** Sunk in der Linth nach AGB KLL: ca. 1-2 m^3/s Natürliches Q_{347} vor Rückgabe: 1.03 m^3/s **$V_{S/S}$: 16 : 1 bis 32 : 1** Besonderes: Hochwasser 2005; biologische Indikatoren sehr wahrscheinlich beeinträchtigt. Grafiken der Abflussganglinien zeigen ein verändertes Abflussregime ab 2006 (vgl. Anhang 3, Kapitel 1)
Ist-Zustand	Ab Herbst 2011 bis 2016	„Inbetriebnahme neues Becken Tierfehd Nord: Betriebsweise gemäss den Rahmenbedingungen der neuen Konzession, allerdings ohne den Maschineneinsatz einzuschränken. Solange das Volumen des Ausgleichsbecken Linthal reicht, wird der Schwall gedämpft“ (N. Semadeni, Axpo) max. Schwall im Winterhalbjahr **20 m^3/s** **$V_{S/S}$: 10 : 1** (Winterhalbjahr) Besonderes: Der Winter 2013/2014 wird annähernd ohne Speicherbetrieb laufen, weil ab April 2013 der Linth-Limmern-See entleert wird (fast natürlicher Zustand, etwa 7 m^3/s werden turbiniert). Das Management des Ausgleichsbeckens Linthal läuft automatisiert.
Zukünftiger Zustand (Neukonzession PSW Limmern)	Ab 2016	max. Schwall im Winterhalbjahr **20 m^3/s** Sunk in der Linth nach AGB KLL: **2.5 m^3/s** **$V_{S/S}$: 8 : 1** (Winterhalbjahr) Sunk im Gewässer: Der heutige Sunkabfluss wird angehoben. Das Ausgleichsbecken von der KLL wird dann so betrieben, dass nach dem Ausgleichsbecken ein Sunk von 2.5 m^3/s in der Linth garantiert wird.

4.2.2 Grundbewertung

Für die KLL wurden alle Indikatoren an verschiedenen Untersuchungsstellen in der Linth im Gewässerabschnitt vom Ausgleichsbecken Linthal bis Schwanden (Zufluss Sernf) bewertet. Auf dieser Strecke weist die Linth eine stark beeinträchtigte Ökomorphologie auf. Die Wasserqualität wird basierend auf Kieselalgenproben als unbelastet bis gering belastet eingestuft (Aqua Plus 2002). Die Voraussetzungen für die Bewertung der Breitbandindikatoren sind somit nur teilweise erfüllt.

Die Aggregation der Indikatorbewertung umfasste nur die ausschliesslich schwallbeeinflussten Stellen von Linthal bis Schwanden, ohne Restwasserstrecken der Ausleitkraftwerke (L3, L5, L8; vgl. Karten im Anhang 9). Grundsätzlich erfolgte sie nach dem *worst case* Prinzip: Jeweils der schlechteste Wert ging in die Bewertung ein. Eine Ausnahme bildeten die Indikatoren F1, F4 und F5, bei denen die Strecke Wyden Schwanden stärker gewichtet wurde.

Eine zusammenfassende Diskussion des Zustandes hinsichtlich des Schwall/Sunk-Problems **vor** der Anpassung des Betriebsregime durch die KLL ist dem Hauptbericht zur Umweltverträglichkeit 2. Stufe (WFN 2007, Axpo 2008) zu entnehmen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Vorstudie (vor Anpassung Betriebsregime) und den jüngsten Aufnahmen 2012-2014 (nach Anpassung des Betriebsregimes) behandelt.

F1-F5 Fische

Vorstudie:

Die Beurteilung des Fischbestandes stützt sich auf die Daten, die aus den Untersuchungen zum UVB der KLL vorliegen. Diese zeigen, dass der Fischbestand bezüglich Artenzusammensetzung und Populationsaufbau den Erwartungen einigermassen entspricht. Der Schwallbetrieb der KLL verursacht jedoch ein deutliches Defizit des Fischbestandes in der Linth zwischen Linthal und Schwanden. Insbesondere die Grösse des Fischbestandes ist im Vergleich zu ähnlichen Gewässern stark reduziert, da die Fortpflanzung der Bachforellen durch den Schwallbetrieb stark beeinträchtigt wird. Bei jedem Schwall gerät die Flusssohle grossflächig in Bewegung und dadurch werden die Eier oder Brütlinge der Bachforellen im Kies zerstört (WFN 2007). Bei den Versuchen zum Schwallbetrieb 2004 wurden auch gestrandete Fische festgestellt. Die unbefriedigende fischereiliche Ertragsfähigkeit ist auch eine Folge des geringen Angebotes an Fischnährtieren, das mindestens teilweise eine Folge des Schwallbetriebes der KLL ist. Wie verschiedene Feldaufnahmen und Begehungen in den letzten Jahren aber zeigten, führt die Linth bei Hochwasser unverhältnismässig grosse Geschiebemengen mit. Zum Teil wird das Defizit an Fischnährtieren auch durch diesen sehr starken Geschiebetrieb mitverursacht.

Untersuchungen Herbst 2012:

Im Schwallversuch vom Dezember 2012 wurde die Pegelrückgangsrate gemessen, die ein Teilkriterium des Indikators F2 (Stranden von Fischen) ist. Dabei wurde oberhalb der Fassung Cotlan eine Rückgangsrate von 0.7 cm/min festgestellt (Bewertung: schlecht). Ab Wyden Schwanden wurde ein Pegelrückgang von 0.4 cm/min gemessen, was unter dem kritischen Wert von 0.5 cm/min im grünen Bereich liegt (Anhang 5).

Untersuchungen 2013/2014:

Die Erhebungen von 2013/2014 zu Populationsaufbau und Fortpflanzungserfolg (F4) haben an der bisherigen Beurteilung nicht viel geändert (Anhang 1). Die Indikatoren F1 und F4 ergeben nach wie vor einen „mässigen“ Zustand der Fischpopulation und einen „unbefriedigenden“ bis „schlechten“ Fortpflanzungserfolg in der Linth bis Haslen (L2 – L7), allerdings auch oberhalb der Wasserrückgabe der KLL (L1). Zwischen Haslen und der Einmündung des Sernf (L8) werden Fischbestand und Fortpflanzungserfolg als „gut“ beurteilt.

Wie die neueren Erhebungen zeigen, nimmt die fischereiliche Produktivität (Indikator F5) von Rüti („mässig“) bis Schwanden („sehr gut“) deutlich zu, was primär auf die höhere Wirbellosenbiomasse zurückzuführen ist. Dies dürfte eine Folge des seit April 2013 ausbleibenden Schwallbetriebes sein. Oberhalb der Wasserrückgabe der KLL weist dieser Indikator allerdings einen „unbefriedigenden“ Zustand aus. Da auf diesem Abschnitt kein Schwall/Sunk-Regime herrscht, dürften andere Ursachen verantwortlich sein, möglicherweise durch Feinsedimenteinträge erhöhte Kolmation, die mindestens teilweise aus der Kiesausbeutung im Tierfehd stammen.

Gesamthaft wird der Linthabschnitt vom Tierfehd bis Schwanden nicht nur durch Schwall/Sunk beeinflusst. Die unbefriedigende Morphologie (Kanalisierung, teilweise durchgehender Hartverbau, keine Rückzugsmöglichkeiten bei Hochwasser) und der gestörte Geschiebehaushalt aufgrund verschiede-

ner Kiesentnahmen, verbunden mit streckenweise sehr starker Kolmation dürften wesentlich zur Beeinträchtigung der Fischfauna beitragen.

B1-B4 Makrozoobenthos

Untersuchungen November 2012/April 2013:

Die Beurteilung des Ist-Zustandes des Makrozoobenthos in der Linth von Linthal bis Schwanden basiert auf den jüngsten Aufnahmen vom November 2012 und April 2013 und ersetzt die Beurteilung aus der Vorstudie, die sich an Daten vor der Anpassung des Betriebsregimes der KLL orientierte (Anhang 3). Zur besseren Einordnung der Resultate wurden auch die Abschnitte der Linth ab Schwanden bis Mollis und die Nebengewässer vergleichend betrachtet.

Die Wirbellosen zeigten eine standorttypische Zusammensetzung (Forellenregion) sowohl im November 2012 als auch im April 2013. Im November 2012 lagen der IBCH und die Anzahl EPT-Familien im guten Bereich. Im April 2013 konnten diese Indikatoren nur noch mit „mässig“ beurteilt werden. Die Taxazahl lag im April auch tiefer. Alle parallel untersuchten Nebengewässer wiesen höhere Taxazahlen auf als die Linth. Verglichen mit den Aufnahmen des UVB in den Jahren 2005-2007 nahm die Vielfalt trotzdem vor allem im oberen Abschnitt (L3, Rüti) zu.

Die in der Vorstudie gemachte Annahme, dass bei den Aufnahmen 2013 die Biomasse höhere Werte aufweisen wird als bei früheren Proben, weil seit 2006 ein moderateres Schwall/Sunk-Regime besteht und sich die Biozönose nun mehrere Jahre vom Extremhochwasser im Herbst 2005 erholen konnte, hat sich bestätigt. Die Biomasse der Wirbellosen wies im November 2012 zwar ähnlich geringe Werte auf wie in den Untersuchungen 2005-2007, aber im Frühwinter haben die meisten Larven auch nicht die Körpergrösse und das Gewicht wie sie es im Spätwinter kurz vor der Flugphase erreichen. Im April 2013 hingegen wurde die höhenabhängige Sollbiomasse bei Rüti (L3) und Wyden Schwanden (L8) beinahe erreicht und daher mit „sehr gut“ beurteilt. Dennoch erreichte die Biomasse von Schwanden bis Mollis zum Teil 2-3 Mal höhere Werte.

Es gibt Hinweise aus Untersuchungen verschiedener schwallunbeeinflusster Seitenbäche, dass die Biomasse stark vom natürlichen Geschiebetrieb in der Linth (hoher Flyschanteil) beeinflusst wird. Es ist möglich, dass der Geschiebetrieb die Biomasse reduziert, doch nicht in dem Ausmass, wie es in der Vorstudie vermutet wurde.

Die Stelle Uschenriet (L9) mit dem morphologisch naturnahen rechten Uferbereich wies bis auf die dreifache Sollbiomasse keinen nennenswerten Unterschied zur morphologisch stark beeinträchtigten Schwallstrecke auf. Der erwartete positive Einfluss einer naturnahen Morphologie auf die Vielfalt konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Reduktion des Maximalschwalls von 32 auf 20 m^3/s hat mit grosser Wahrscheinlichkeit dazu geführt, dass sowohl die Vielfalt als auch die Biomasse der Wirbellosen in der Linth von Linthal bis Schwanden zugenommen haben. Da aber der IBCH und die Anzahl EPT-Familien im November in einem guten Zustand waren und im darauffolgenden April nicht mehr, führt der Schwalleinfluss der KLL während der winterlichen Niederwasserperiode immer noch zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Wirbellosen in der Linth, wenn auch einer mässigen.

Untersuchungen März 2014:

Im März 2014 wurden im Nachgang zur Entleerung des Limmernsees in der Schwallstrecke zwischen Linthal und Glarus (L3, L8,L9) im Sinne einer Wirkungskontrolle nochmals Makrozoobenthosproben

entnommen (Limnex 2014a). Im Vorfeld fand in der Linth wegen der Seeentleerung seit Mitte April 2013 kein Schwallbetrieb mehr statt. Einzig der Eintrag von Feinablagerungen aus dem Stausee am 16. Januar 2014 könnte eine Störung der Wirbellosenfauna darstellen. Die Ergebnisse zeigten, dass sich der Zustand des Makrozoobenthos in diesem Jahr ohne Schwalleinfluss deutlich verbesserte. Sowohl der IBCH als auch die Anzahl EPT-Familien waren an allen Stellen höher und lagen im guten oder an der Grenze zum guten Bereich (vgl. Anhang 3). Auch die gesamte Anzahl gefundener Taxa war in der Schwallstrecke deutlich höher als im Vorjahr. Diese Ergebnisse zeigen einerseits, dass das heutige Betriebsregime immer noch einen negativen Einfluss auf das Makrozoobenthos hat. Andererseits kann anhand dieser Daten abgeschätzt werden, welche Verbesserungen in der Schwallstecke im sanierten Zustand möglich sind.

H1 - Innere Kolmation

Die Beeinflussung der Schwebstoffe und somit auch der potenziellen inneren Kolmation wurde im Hauptbericht zur UVB 1. Stufe der KLL, Gewässerökologie (S. 41, Limnex 2006a) wie folgt zusammengefasst:

"Die Ergebnisse der Schwallversuche (Limnex, 2006), wie auch jene des online-Trübstoffmonitorings zwischen dem 29. November 2005 und dem 21. Januar 2006 bei den Stellen Fassung KW Legler und Fischtreppe Fassung KW Mühlefuhr in Ennenda zeigen, dass der Schwall-Sunk-Betrieb der KLL Zentrale Linthal die Trübung bzw. die Konzentration der suspendierten Feststoffe in der Linth erheblich beeinflussen."

Bei erhöhtem Abfluss ist auch bei natürlichen Verhältnissen die Trübung erhöht. Im Gegensatz zum Schwall/Sunk, der täglich stattfindet, sind winterliche Hochwasser aber natürlicherweise viel seltener (vgl. Abb. 6.1 in Limnex 2006a)[1].

Schwebstoffkonzentration

Für die Beurteilung und Abschätzung der schwallbedingten Kolmation gemäss Vollzugshilfe dienen die im Winter 2005/06 in der Linth bei Rüti durchgeführten Trübungs- und GUS-Messungen (Gesamte ungelöste Schwebstoffe) sowie die im gleichen Zeitraum durchgeführten Schwallversuche und die im Dezember 2012 erhobenen Daten (Anhang 6).

Für die Beurteilung des Zustandes mit Schwallspitzen von 32 m^3/s wird Szenario 1 der Schwallversuche mit moderatem Schwallanstieg und -rückgang betrachtet. Gemäss Analogieschluss aus den Schwallversuchen würden somit in der Linth bei Rüti kurzfristige Trübstoffspitzen von 35 mg/l sowie mittlere Konzentrationen während des gesamten Schwalls von ca. 15-20 mg/l resultieren.

Eine grobe Statistik der Messergebnisse im Zeitraum vom 29.11.05 bis 21.01.06 bei Rüti im Winter 2005/05 ergab: Der Grenzbereich der Bewertung von „gut“ zu „mässig“ für die kanalisierte Strecke beim KW Diesbach liegt bei 11 mg/l (vgl. Abbildung A14 in Baumann et al. 2012). Dieser Wert wurde in 23 % aller Messwerte überschritten, 16 % über 15 mg/l und 7 % über 30 mg/l. Die mittlere GUS-Konzentration in der Beobachtungsperiode in der Linth bei Rüti lag bei 9 mg/l. In Einzelfällen wurden Konzentrationen von 80 mg/l erreicht.

Im Vorfeld des Schwallversuchs vom 13. Dezember 2012 wurden Trübungsmessungen durchgeführt, um die normale Schwebstofffracht bei winterlichem Niederwasser zu messen. Dabei zeigte sich, dass sich die Trübung der Messsonde bei der Fassung Diesbach im niedrigen Bereich bewegte. Einzig

[1] Vor dem Bau der KLL wurde bei Schwanden oberhalb der Sernfmündung von 1904 und 1921 eine Messstelle betrieben. Von 11 untersuchten Wintern in dieser Zeitspanne wurde in Schwanden die 15 m^3/s Marke insgesamt 16 Mal erreicht oder überschritten. Beim Schwall/Sunkregime wie noch 2006 wäre dies im gleichen Zeitraum rund 1'000 Mal passiert (Limnex 2006a).

beim deutlich erhöhten Schwall vom 13.12.2012 stieg die Trübung erheblich an. Doch die Schwebstoffkonzentrationen bei der Fassung Diesbach lagen mit Maximalwerten von 12 mg/l deutlich unter jenen, die bei allen Schwallszenarien im Winter 2006 an der selben Stelle gemessen wurden. Bei Wyden Schwanden und Uschenriet wurden allerdings höhere GUS-Konzentrationen gemessen, die im unbefriedigenden bis mässigen Bereich liegen (21.1 und 15.2 mg/l; Anhang 6).

Die Senkung des Maximalschwalls von 32 auf 20 m^3/s hat also zu einer geringeren Schwebstofffracht während der Schwallphase geführt.

Innere Kolmation (alternative Indikatoren)

Nebst den Schwebstoffkonzentrationen wurde die innere Kolmation anhand der Indikatoren nach Schälchli (2002), Strohmeier et al. (2005) und MSK Äusserer Aspekt beurteilt, um auch die tatsächlich vorgefundene Verdichtung der Sohle zu beschreiben.

In den Untersuchungen vom November 2005 und März 2006 wiesen die meisten Stellen in der Schwallstrecke der Linth eine schwache bis mittlere Kolmation auf (Limnex 2006a).

Im Herbst 2012 wurde bei Rüti und Wyden Schwanden, aber auch bei Uschenriet (morphologisch naturnah) eine mittlere bis starke Kolmation festgestellt (Anhang 3: Limnex 2013a). Bei beiden Stellen war der Uferbereich von starker, äusserer Kolmation betroffen. Bei Uschenriet war keine äussere Kolmation feststellbar. Die Steine waren aber wie bei Rüti und Wyden Schwanden stark mit dem Untergrund verbacken mit kaum vorhandenem Porenraum.

Im darauffolgenden April 2013 zeigten die gleichen Stellen kaum mehr äussere Kolmation und auch die innere Kolmation nach Schälchli (2002) war weniger ausgeprägt (Anhang 3). Die äusseren Ablagerungen wurden mit einem erhöhten Abfluss wie er beispielsweise am 13.12.12 während eines Schwallversuchs herrschte, abgeschwemmt. Die Sohle wurde dabei vermutlich leicht umgelagert, was die innere Kolmation reduzierte.

Grundwasseraustausch

Aus dem Grundlagenbericht zur Schwall/Sunk-Problematik der UVB 1 geht hervor, dass im Raum Schwanden sowie im Raum Mollis der Austausch zwischen dem Oberflächen- und dem Grundwasser *nicht* durch Kolmation der Linthsohle unterbunden ist. Dies ist mit Schwallspitzen > 20 m^3/s zu erklären, die zu einer regelmässigen Dekolmation durch bedeutende Geschiebeumlagerungen führen (vgl. Absatz Fischfauna)[2]. Es ist davon auszugehen, dass das auch auf der Strecke von Linthal bis Schwanden der Fall ist.

Gesamthafte Bewertung der Kolmation

Für die Bewertung des Indikators H1 - innere Kolmation, wurde der Mittelwert aus den einzelnen Kolmationsindikatoren berechnet (Anhang 4). Die am schlechtesten bewertete Stelle wurde dabei zur Bewertung der gesamten Schwallstrecke von Linthal bis Schwanden verwendet (*worst case*). Die innere Kolmation liegt demnach im mässigen bis guten Bereich (Anhang 4). Der Vergletscherungsgrad der Linth von ca. 10 % ist bei der Bewertung der inneren Kolmation ebenfalls zu berücksichtigen. Aufgrund der Daten lässt sich festhalten, dass durch die innere Kolmation keine wesentliche Beeinträchtigung der Biozönose der Wasserwirbellosen zu erwarten ist.

[2] Diese Geschiebeumlagerungen treten in der Linth ab einem Abfluss von 20 m^3/s auf (NOK 2006, SAH 2006).

A1 - Mindestabfluss

Bei der Rückgabe KLL ist der Mindestabfluss ausreichend. Ab Inkrafttreten der Neukonzession werden mit 2.5 m^3/s Sunk im Gewässer also mehr als das Doppelte der gesetzlich verlangten Mindestrestwassermenge garantiert. Der Indikator A1 kann deshalb als „gut“ bewertet werden kann.

Q1 - Temperatur

Zur Beurteilung des Indikators Q1 wurden die Werte verschiedener Messstellen für den UVB1 der KLL (WFN 2007) mit dem elektronischen Hilfsmittel des BAFU für die Kurzzeiteffekte (MSK_Temp_1_Kurzzeit.xlsm) des Moduls Temperatur (Dübendorfer et al. 2011) analysiert. Dabei ergaben die Messwerte für die verschiedenen Probestellen und Messzeiträume unterschiedliche Bewertungen (Anhang 5).

Die Referenzstelle oberhalb der Wasserrückgabe der KLL im Fätschli wird als sehr gut beurteilt, die Restwasserstecke des KW Diesbaches als gut bis sehr gut. Für die weiter unten liegende und durch Schwall/Sunk der KLL und des Sernf beeinflusste Strecke Schwanden-Mitlödi ergab die Beurteilung für den Winter 2005/06 „sehr schlecht“, für die Winter 2006/07 und 2012/2013 dagegen „gut“.

Als Vergleich wurden die Detailwerte der BAFU-Messstation Mollis Linthbrücke (2372) für den Zeitraum 2001 – 2011 analysiert. Diese sind jedoch nicht ausschliesslich durch die KLL beeinflusst. Beide Beurteilungsperioden von je 5 Jahren ergaben die Beurteilung „gut“.

Von Herbst 2012 bis Frühling 2014 wurden zwei weitere Temperaturlogger bei der Wasserfassung der Spinnerei Linthal (unterhalb L2) und in Wyden-Schwanden (L8) installiert. Die Kurzzeitanalyse dieser Daten ergab bis 19.10.2013 für beide Messstellen die Bewertung „gut“. Für die Periode 20.10.2013 – 14.3.2014 wird für die untere Stelle die Bewertung „sehr schlecht“ ausgewiesen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Januar und Februar an einzelnen Tagen sehr grosse Temperaturschwankungen registriert wurden, deren Ursache nicht klar ist (evt. Trockenfallen der Logger).

Gesamthaft kann der Temperaturindikator Q1 für die Strecke Linthal bis Schwanden als „gut“ bis „sehr gut“ zusammengefasst werden.

4.2.3 Zusammenfassung

Wie die Bewertungen in Tabelle 5 zeigen, besteht auch nach der Anpassung des Betriebsregimes eine wesentliche Beeinträchtigung. Mit der Annäherung des Schwallregimes an die Bedingungen der KLL-Neukonzession hat sich die Fortpflanzung der Fischfauna in der Linth leicht, der Zustand der Wirbellosenfauna aber deutlich verbessert. Es bleibt aber eine mässige Belastung des Makrozoobenthos durch Schwall/Sunk bestehen. Die Kraftwerke Linth-Limmern sind aufgrund von einem mit „schlecht“ beurteiltem Indikator nach Vollzugshilfe, nach heutigem Wissensstand, als **sanierungspflichtig** einzustufen.

Tabelle 5: *Bewertung der Schwallindikatoren für den Ist-Zustand der* ***Kraftwerke Linth-Limmern (KLL)****. Die Voraussetzungen zur Verwendung der Indikatoren sind erfüllt. Datengrundlage bilden die zitierten Berichte und Erhebungen. Die Anhänge beziehen sich auf die Untersuchungen in Tabelle 3.*

Indikatoren	Datengrundlage	Anhang	Vorstudie	Aufnahmen 2012-2014
Wasserqualität: Kieselalgen (Chemie)	AquaPlus 2002	**8**	✔	✔
Ökomorphologie	Kanton Glarus	**9**	✔	✔
F1: MSK-Modul Fische	WFN 2007, 2013, 2014	**1**		
F2: Stranden von Fischen	SAH 2007, WFN 2007, Limnex 2006a	**1**		
F3: Laichareale von Fischen	WFN 2007, SAH 2007	**1**		
F4: Reproduktion der Fischfauna	WFN 2006, 2007, 2013, 2014	**1, 2**		
F5: Fischereiliche Produktivität	WFN 2006, 2007, 2013, 2014	**1**		
B1: Biomasse des Makrozoobenthos	Limnex 2007a; Limnex 2013a, 2014a	**3**		
B2: MSK-Modul Makrozoobenthos	Limnex 2007a; Limnex 2013a, 2014a	**3**		
B3: Längenzonation des Makrozoobenthos	Limnex 2007a; Limnex 2013a, 2014a	**3**		
B4: EPT-Familien Makrozoobenthos	Limnex 2007a; Limnex 2013a, 2014a	**3**		
H1: Innere Kolmation	Limnex 2006b; Limnex 2013a	**4, 6**		
A1: Mindestabfluss	Limnex & WFN 2012			
Q1: Temperatur	WFN 2007; WFN 2012-2014	**5**		

✔ Vorausetzung für Indikator-bewertung erfüllt

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

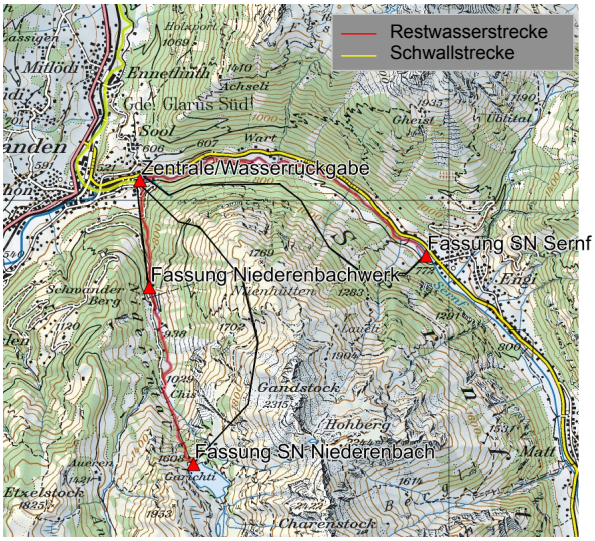
4.3 SN Niederenbach, Niederenbachwerk, SN Sernf

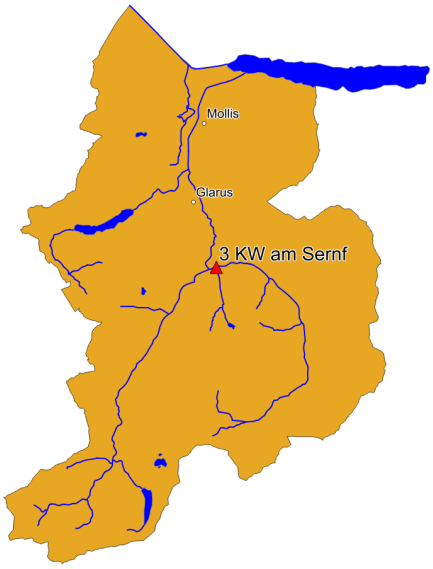
Kraftwerk	**SN Niederenbach; Niederenbachwerk; SN Sernf**

Betreiber:	SN Energie AG; TB Glarus Süd
Gemeinde:	Schwanden
Einzugsgebiet:	Linth
Rückgabegewässer:	Sernf

WASTA Nummer:	401500/401600/401400
Werktyp:	Speicherkraftwerke
Koordinaten Anlageteil	725'348/206'280
Ausbauwassermenge [m^3/s]:	SN Niederenbach: 3.6 Niederenbachwerk: 0.56 SN Sernf: 8.8 **Total: 12.96**
Dotiermenge [m^3/s]	0.3
Sunk bei Schwallrückgabe [m^3/s]:	0.65
Schwall/Sunk-Verhältnis:	11.1 (Sernf); 3.2 (Linth)
Länge Schwallstrecke [km]:	0.620 (Sernf); 18.6 (Linth)

Sernf uh. Zentrale (rechts) bei Sunk (Foto: WFN)





4.3.1 Kraftwerksbetrieb

Bei den Kraftwerken Sernf-Niederenbach (inkl. Niederenbachwerk) handelt es sich um 3 separate Kraftwerke, die ihr Triebwasser an der gleichen Stelle in den Sernf zurückgeben. Das Niederenbachwerk wird dabei als reines Laufkraftwerk betrieben. Das Kraftwerk SN Niederenbach produziert hingegen Schwall/Sunk, durch die Bewirtschaftung des Garichtisees. Das Kraftwerk SN Sernf wird grösstenteils als Laufkraftwerk betrieben, verfügt aber über ein Ausgleichsbecken mit einem geringen Speichervolumen. Das Schwall/Sunk-Verhältnis beträgt im Sernf maximal 11.1 bzw. 3.2 in der Linth. Dieser Wert wird aber nur im *worst case* erreicht, wenn sowohl das KW SN Niederenbach als auch das KW SN Sernf Schwall produzieren würden. Der maximale Schwall beträgt dabei 13.6 m^3/s[3]. Im Rahmen des Projektes „Doppelpower“ wird nun ein rund 1.7 km langer Stollen unter der Gemeinde Sool gebaut, der das Triebwasser der 3 Kraftwerke zu der Zentrale in Mitlödi führt, wo es dann in die Linth zurückgegeben wird. Seit Herbst 2013 befindet sich dieses Projekt im Bau. Mit dieser neuen Situation findet im Sernf somit kein Schwall/Sunk-Betrieb mehr statt und der Sernf selbst kann als saniert betrachtet werden. Gemäss dem Bericht zur Umweltverträgichkeit des Kraftwerks „Doppelpower“ liegt

[3] Es ist nicht zu erwarten, dass diese Situation häufig auftritt. Es handelt sich also um einen theoretischen Wert.

das Schwall/Sunk-Verhältnis bei der Rückgabe der Zentrale Mitlödi in der Linth unter 1.5:1. Es wird davon ausgegangen, dass durch den Betrieb dieses neuen Kraftwerks keine wesentliche Beeinträchtigung in der Linth entsteht (B+S AG 2012).

4.3.2 Grundbewertung

Die Schwallstrecke weist eine stark beeinträchtigte bis naturferne Ökomorphologie auf.

Die Wasserqualität kann basierend auf den Kieselalgenaufnahmen von Aqua Plus (2002) als unbelastet bis gering belastet eingestuft werden.

Die Voraussetzungen für die Bewertung der Breitbandindikatoren sind somit nur teilweise erfüllt.

F1-F5 Fische

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Fischfauna (Indikatoren F1 – F5) sind in Anhang 1 zusammengestellt. Diese zeigen, dass der Fischbestand 2013 (F1) in der Restwasserstrecke oberhalb der Wasserrückgabe (S1, S2) sowie unterhalb der Rückgabe (S0) als „mässig“ bewertet wurde. Der Fortflanzungserfolg (F4) wurde nur 2014 in S2 untersucht und ergab das Resultat „schlecht“. Auch bei einer zweiten Elektroabfischung durch den kantonalen Fischereiaufseher zwei Wochen später wurden 0 Brütlinge festgestellt. Dieser Befund war ziemlich irritierend, da in dieser Strecke im Herbst 2013 mehrere grössere Bachforellen vorhanden waren und aufgrund der weitgehend fehlenden Kolmation eigentlich ein guter Fortpflanzungserfolg erwartet werden konnte. Die Ursachen dieses Ausbleibens natürlicher Fortpflanzung der Bachforelle sind unbekannt, haben jedoch nichts mit dem Schwall/Sunk-Regime der untenliegenden Werke zu tun.

Die Indikatoren F2 und F3 wurden nicht untersucht. Der JHE (F5) dagegen konnte aufgrund der Makrozoobenthoserhebungen im Frühling 2013 und mehrerer Begehungen berechnet werden. Die Resultate zeigen, dass in der Restwasserstrecke (S1 und S2) ein „mässiger“, nach der Wasserrückgabe jedoch ein „guter“ JHE erwartet werden darf.

Gesamthaft wird die Fischfauna in der Schwallstrecke als „mässig“ beurteilt.

B1-B4 Makrozoobenthos

Die Makrozoobenthoserhebungen wurden im April 2014 durchgeführt. Alle vier Indikatoren (B1-B4) wurden in der Schwallstrecke (S0) mit „gut“ bis sehr gut“ bewertet und geben keine Anhaltspunkte für eine wesentliche Beeinträchtigung durch den Schwall der Kraftwerke Sernf-Niederenbach. Detailliertere Angaben zu den Untersuchungen und den Indikatorbewertungen finden sich in Anhang 3.

Die Indikatoren zum Makrozoobenthos werden gesamthaft als „gut“ beurteilt.

H1 - Innere Kolmation

Die innere Kolmation wurde anlässlich der verschiedenen Feldarbeiten bestimmt. In der Schwallstrecke wird der Indikator H1 als „erheblich“ beurteilt. Trübungsmessungen wurden keine durchgeführt.

A1 - Mindestabfluss

Der Indikator Mindestabfluss (A1) wird nicht erfüllt. Aufgrund einer Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) nach GSchV, wurde die Restwasserdotierung zwischen Fassung Engi und Rückgabe Schwanden tiefer angesetzt, als dies nach Art. 31 GSchG notwendig gewesen wäre.

Q1 - Temperatur

Die Wassertemperatur wurde im Winter 2005/06 in der Restwasserstrecke beim Soolsteg gemessen. Die Auswertung nach MSK-Temperatur ergibt die Bewertung „sehr gut“ (Anhang 5). Unterhalb der Wasserrückgabe fanden keine Temperaturmessungen statt, so dass zu diesem Indikator keine Aussage gemacht werden kann.

4.3.3 Zusammenfassung

Aus den vorliegenden Resultaten der Untersuchungen im Sernf lassen sich keine Anhaltspunkte für eine wesentliche Beeinträchtigung der vom Schwall/Sunk-Betrieb der Kraftwerke Sernf-Niederenbach beeinflussten Gewässerstrecke finden. Zwei Indikatoren sind gelb, drei weitere grün und zwei sind blau. Einzig der Mindestabfluss (A1) wird als „schlecht“ (rot) ausgewiesen (Tab. 6).[4]. Mit dem Projekt „Doppelpower“ werden künftig nur noch in der Linth Schwälle aus den Kraftwerken Sernf-Niederenbach auftreten. Der Sernf ist somit also bereits saniert und in der Linth liegt das Schwal/Sunk-Verhältnis unter 1.5 : 1 (s.o.). Die Kraftwerke Sernf-Niederenbach werden deshalb als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden.

[4] Die Restwassermenge wurde durch eine SNP legalisiert. Hier gibt es einen Konflikt mit den Anforderungen der Vollzugshilfe zu Schwall/Sunk. Dieser Konflikt führt aus rein ökologischer Sicht zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Schwallstrecke. Vom Verfahrensablauf betrachtet dürfte dieser Indikator nicht zum tragen kommen.

Tabelle 6: *Bewertung der Schwallindikatoren für den Ist-Zustand der* ***Kraftwerke Sernf-Niederenbach****. Die Voraussetzungen zur Verwendung der Indikatoren sind erfüllt. Datengrundlage bilden die zitierten Berichte und Erhebungen. Die Anhänge beziehen sich auf die Untersuchungen in Tabelle 3.*

Indikatoren	Datengrundlage	Anhang	Aufnahmen 2013-2014
Wasserqualität: Kieselalgen (Chemie)	AquaPlus 2002	**8**	✔
Ökomorphologie	Kanton Glarus	**9**	
F1: MSK-Modul Fische	WFN 2014	**1**	
F2: Stranden von Fischen			
F3: Laichareale von Fischen			
F4: Reproduktion der Fischfauna			
F5: Fischereiliche Produktivität	WFN 2013	**1**	
B1: Biomasse des Makrozoobenthos	WFN 2013	**3**	
B2: MSK-Modul Makrozoobenthos	WFN 2013	**3**	
B3: Längenzonation des Makrozoobenthos	WFN 2013	**3**	
B4: EPT-Familien Makrozoobenthos	WFN 2013	**3**	
H1: Innere Kolmation	WFN 2013, 2014		
A1: Mindestabfluss			
Q1: Temperatur		**5**	

✔ Vorausetzung für Indikatorbewertung erfüllt

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

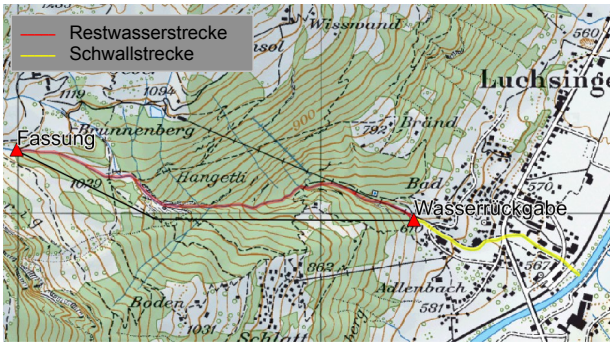
4.4 Luchsingen

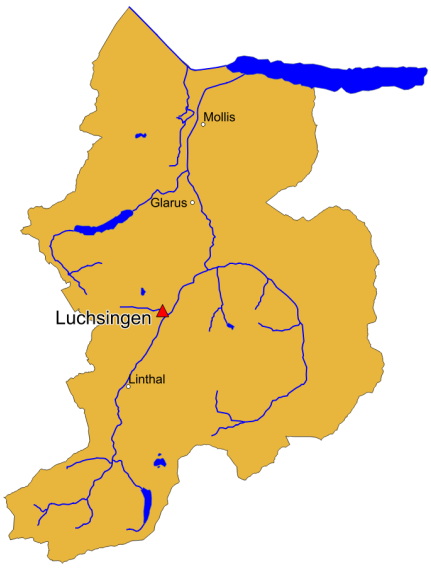
Kraftwerk	Luchsingen

Betreiber:	TB Glarus
Gemeinde:	Luchsingen
Einzugsgebiet:	Linth
Rückgabegewässer:	Bächibach

WASTA Nummer:	401100
Werktyp:	Speicherkrafterk
Koordinaten Anlageteil	721'475/202'880
Ausbauwassermenge [m^3/s]:	0.84
Dotiermenge [m^3/s]	0
Sunk bei Schwallrückgabe [m^3/s]:	0.35
Schwall/Sunk-Verhältnis:	3.4 (Bächibach); 1.2 (Linth)
Länge Schwallstrecke [km]:	0.626

Schwallstrecke Bächibach (Foto: Limnex AG)





4.4.1 Kraftwerksbetrieb

Das KW Luchsingen verursacht Schwall/Sunk im Bächibach. Bei Schwall können maximal 840 l/s turbiniert werden. Bei Sunk wird nur die grosse Turbine ausgeschaltet, die kleine Turbine läuft kontinuierlich auf 1'100 kW weiter, was etwa 250 l/s entspricht. Diese Turbine wird kaum abgestellt, da im Winter sonst die Druckleitung gefrieren würde. Der Abfluss, der aus dem Zwischeneinzugsgebiet stammt, beträgt ungefähr 100 l/s. Der eigentliche Sunk-Abfluss beträgt somit 350 l/s. Ungefähr 620 m nach der Wasserrückgabe mündet der Bächibach in die Linth. Dort beträgt das Schwall/Sunk-Verhältnis lediglich 1.2 : 1.

4.4.2 Grundbewertung

Die Schwallstrecke weist eine wenig beeinträchtigte bis naturfremde Ökomorphologie auf. Die Probenahmestelle befindet sich nach Karte im Abschnitt mit einer stark beeinträchtigten Ökomorphologie. Die punktuelle Bewertung nach MSK im Frühjahr 2013 ergab allerdings die Bewertung „wenig beeinträchtigt“. Diese punktuelle Bewertung wird für die Bewertung stärker gewichtet. Die Referenzstrecke

oberhalb der Zentrale weist hingegen eine naturnahe Morphologie auf. Die Referenzstrecke ist eine Restwasserstrecke.

Die Wasserqualität kann basierend auf dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961) als unbelastet bis gering belastet eingestuft werde (Limnex 2013a).

Die Voraussetzungen für die Bewertung der Breitbandindikatoren sind somit erfüllt.

F1-F5 Fische

Im Herbst 2013 wurde eine Elektroabfischung nach Methode MSK-Fische durchgeführt, um den Indikator F1 bewerten zu können. Dabei wurde eine Referenzstrecke B1 oberhalb der Zentrale und eine Strecke B2 unterhalb der Wasserrückgabe beprobt. Beide Strecken wurden mit „mässig“ bewertet (Anhang 1).

Für die Bewertung des Indikators F2 wurde am 01. April 2014 ein Schwallversuch im Bächibach durchgeführt (Anhang 6). Dabei wurden die Pegeländerungsraten an zwei Stellen in der Schwallstrecke aufgezeichnet. Es zeigte sich, dass der Schwallanstieg und der Rückgang moderat verlaufen. Die Pegelrückgangsrate lag an der oberen Stelle bei 0.49 cm/min, an der unteren Stelle bei 0.39 cm/min. Es findet also eine Dämpfung des Schwalles flussabwärts statt. Der Sunkabfluss betrug 360 l/s wobei etwa 95 % der Sohle benetzt war. Wir gehen davon aus, dass beim minimalen Sunkabfluss von 250 l/s weniger als 30 % der Sohle trockenfallen, weshalb dieser Teilindikator mit der Bewertungstiefe „gut“ bewertet wird. Allerdings ist zu erwarten, dass bei vollständig abgeschalteten Turbinen bei Sunk mehr als 30 % der Sohle trockenfallen. Die Gesamtbewertung für den Indikator F2 ergibt unter dem heutigen Betriebsregime die Bewertungstiefe „gut“. Falls sich der Betrieb ändern würde, so dass die Turbinen bei Sunk komplett abgeschaltet werden, wird dieser Indikator mit schlecht bewertet (vgl. Indikator A1).

Der Indikator F5 konnte mithilfe der Makrozoobenthosdaten bestimmt werden. Oberhalb der Wasserrückgabe weist F5 eine „mässige“, unterhalb der Rückgabe eine „unbefriedigende“ Bewertung auf.

Die Fischfauna wird aufgrund dieser Resultate gesamthaft als „unbefriedigend“ beurteilt.

B1-B4 Makrozoobenthos

Der IBCH betrug in der Schwallstrecke 12 Punkte („mässig“), in der Restwasserstrecke 13 Punkte („gut“). Allerdings wird der Unterschied auf methodische Artefakte zurückgeführt, da an beiden Stellen Familien mit höchstem Indikatorwert auftraten (Limnex 2013a). Die Bewertung dieses Indikators ist deshalb schwach zu gewichten. Die Anzahl EPT-Familien lag in der Schwallstrecke mit 8 im guten Bereich. Beide Stellen wurden der oberen Forellenregion (Epirithral) zugeordnet (LZI). Die Schwallstrecke wies im Vergleich zur Referenzstrecke mehr Elemente aus dem Meta- und Hyporhithral auf. Eine Rhithralisierung, wie sie in Schwallstrecken oft beobachtet wird, wurde nicht indiziert.

Die Biomasse in der Schwallstrecke erreichte gute Werte, lag aber deutlich unter jener der Referenzstrecke. Dieser Unterschied könnte auf den Schwallbetrieb der Zentrale Luchsingen zurückgeführt werden (mögliche Organismendrift bei Schwall)[5].

[5] Wenn die Referenzstrecke eine Restwasserstrecke ist, wie im vorliegenden Fall, ist davon auszugehen, dass die hydrologische Dynamik im Vergleich zum natürlichen Zustand deutlich gedämpft ist.

Die Wirbellosen in der Schwallstrecke des Bächibachs werden gemäss Indikatorbewertung gesamthaft nicht als wesentlich beeinträchtigt eingestuft.

H1 - Innere Kolmation

Bei den Aufnahmen 2013 wird die Kolmation mit „sehr gut“ bewertet. Die Kickfahnen-Methode (Strohmeier et al. 2004) zeigte kaum Feinstoffaufwirbelungen und die Steine liessen sich gut aus dem Untergrund entfernen (Methode nach MSK Äusserer Aspekt). Die Schwebstoffkonzentration, die während des Schwallversuches im April 2014 erhoben wurde, liegt mit maximal 13.1 mg/l im „mässigen“ Bereich (Methode nach Vollzugshilfe). Aggregiert man diese beiden, erhält die innere Kolmation die Bewertung „gut“. Es ist aus unserer Sicht nicht mit einer Beeinträchtigung der Biozönose durch Kolmation zu rechnen.

A1 - Mindestabfluss

Der Sunkabfluss bei der Wasserrückgabe beträgt ca. 350 l/s. Er setzt sich aus dem Q_{347} des Zwischeneinzugsgebietes (ca. 100 l/s) und den 250 l/s, die im Laufbetrieb turbiniert werden, zusammen. Das dotierte Restwasser versickert in der Steilstrecke zwischen Fassung und Rückgabe (Dotierpflicht gemäss Q_{347} beträgt 54 l/s). Gemäss Art. 31 Abs.1 GSchG muss bei der Wasserrückgabe demnach ein Sunkabfluss von 82 l/s fliessen, um den Anforderungen des Indikators A1 zu genügen. Diese Anforderung wird schon allein durch die 250 l/s aus der kleinen Turbine erfüllt, weshalb der Indikator A1 mit „gut“ bewertet wird. Es wird angestrebt die Restwasserfrage bei diesem Kraftwerk über eine SNP zu regeln. Dieses Verfahren ist aber noch nicht abgeschlossen.

Q1 - Temperatur

Temperaturmessungen wurden keine durchgeführt.

4.4.3 Zusammenfassung

Das Kraftwerk Luchsingen weist einen mit „unbefriedigend“ und einen mit „mässig“ bewerteten Indikator auf (Tab. 7). Der Indikator B2 wurde aufgrund von methodischen Artefakten mit „mässig“ bewertet und wird für die Gesamtbewertung nicht berücksichtigt. Somit lässt sich keine wesentliche Beeinträchtigung durch das KW Luchsingen feststellen weshalb es als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren auszuscheiden ist.

Tabelle 7: *Bewertung der Schwallindikatoren für den Ist-Zustand des* ***Kraftwerks Luchsingen****. Die Voraussetzungen zur Verwendung der Indikatoren sind erfüllt. Datengrundlage bilden die zitierten Berichte und Erhebungen. Die Anhänge beziehen sich auf die Untersuchungen in Tabelle 3.*

Indikatoren	Datengrundlage	Anhang	Aufnahmen 2013/2014
Wasserqualität: Kieselalgen (Chemie)	AquaPlus 2002	8	✔
Ökomorphologie	Kanton Glarus, Limnex 2013a	9	✔
F1: MSK-Modul Fische	WFN 2014		
F2: Stranden von Fischen			
F3: Laichareale von Fischen			
F4: Reproduktion der Fischfauna			
F5: Fischereiliche Produktivität	WFN 2014		
B1: Biomasse des Makrozoobenthos	Limnex 2013a	3	
B2: MSK-Modul Makrozoobenthos	Limnex 2013a	3	
B3: Längenzonation des Makrozoobenthos	Limnex 2013a	3	
B4: EPT-Familien Makrozoobenthos	Limnex 2013a	3	
H1: Innere Kolmation	Limnex 2013a, 2014b		
A1: Mindestabfluss			
Q1: Temperatur			

✔ Vorausetzung für Indikatorbewertung erfüllt

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

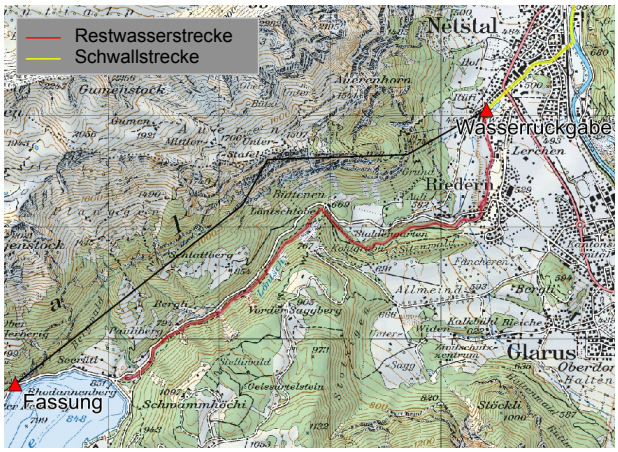
4.5 Am Löntsch

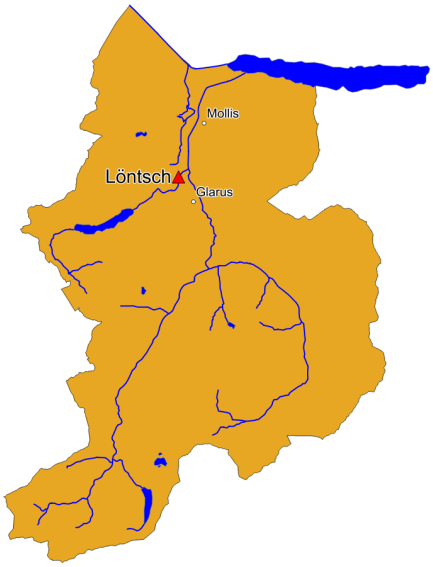
Kraftwerk	Am Löntsch

Betreiber:	AXPO
Gemeinde:	Netstal
Einzugsgebiet:	Linth
Rückgabegewässer:	Löntsch, Linth

WASTA Nummer:	401900
Werktyp:	Speicherkraftwerk
Koordinaten Anlageteil	718'200/210'610
Ausbauwassermenge [m^3/s]:	20
Dotiermenge [m^3/s]	0.008
Sunk bei Schwallrückgabe [m^3/s]:	0.258
Schwall/Sunk-Verhältnis:	78.5 (Löntsch); 3.7 (Linth)
Länge Schwallstrecke [km]:	0.737 (Löntsch); 9.37 (Linth)

Wasserrückgabe Löntsch
(Foto: Limnex AG)





4.5.1 Kraftwerksbetrieb

Das KW Löntsch nutzt das Wasser aus dem Klöntalersee, welcher als Speicher bewirtschaftet wird. Ab Klöntalersee besteht keine Dotierpflicht, weil der Löntsch auch natürlicherweise im Winterhalbjahr oft trocken fällt.

4.5.2 Grundbewertung

Die Ökomorphologie ist im revitalisierten Bereich oberhalb der Rückgabe wenig, unterhalb der Rückgabe jedoch stark beeinträchtigt.

Die Wasserqualität ist als unbelastet bis gering belastet einzustufen (Aqua Plus 2002).

Die Voraussetzungen für die Bewertung der Breitbandindikatoren sind somit nur teilweise erfüllt.

Wegen Umbauarbeiten wurde im Winter 2012/2013 beim KW Löntsch kein Schwall erzeugt. Somit sind die Makrozoobenthos Aufnahmen vom April 2013 für die Beurteilung der Schwallauswirkungen nicht repräsentativ. Allfällige Beeinträchtigungen müssen deshalb auf die Morphologie zurückgeführt werden. Um den Einfluss des Schwallbetriebes auf die Wasserwirbellosen zu untersuchen, wurde im

April 2014 erneut eine Probenahme an je einer Stelle oberhalb und unterhalb der Wasserrückgabe durchgeführt.

F1-F5 Fische

Die Erhebungen zur Fischfauna für den Indikator F1 konnten nur in der Referenzstrecke oberhalb des KW Löntsch (Restwasserstrecke) durchgeführt werden. Diese ergaben einen relativ grossen, gut strukturierten Fischbestand (121 Bachforellen, 1 Seeforelle und 8 Groppen) und resultierten in der Bewertung „gut“.

Für die Bewertung des Indikators F2 – Stranden von Fischen - wurde am 01. April 2014 ein Schwallversuch im Löntsch durchgeführt (Limnex 2014b). Dabei wurden die Pegeländerungsraten an einer Stelle in der Schwallstrecke aufgezeichnet. Zusätzlich standen die Pegeldaten bei der Station Linth-Mollis (2372) zur Verfügung, um die Auswirkungen in der Linth zu untersuchen. Es zeigten sich im Löntsch sehr hohe Pegeländerungsraten sowohl beim Anstieg als auch beim Rückgang des Schwalles. Die für die Bewertung wichtige Pegelrückgangsrate lag bei 5.3 cm/min. In der Linth wurde der Schwall zwar deutlich gedämpft, die Pegelrückgangsrate lag mit 1.4 cm/min jedoch immer noch im problematischen Bereich.

Wegen der erschwerten Zugänglichkeit konnte der Anteil trockenfallender Flächen nur abgeschätzt werden. Wie aus dem Foto in Abbildung 3 ersichtlich ist beträgt die Benetzungsänderung ca. 50 %.

Abbildung 3: *Sunkabfluss (vorne) und ankommende Schwallwelle vom KW Löntsch. Bei Schwall wird der Böschungsfuss vollständig erreicht, im Gegensatz zum Sunk.*

Aufgrund der hohen Pegelrückgangsrate und dem grossen Anteil an trockenfallenden Flächen, wird der Indikator F2 mit schlecht beurteilt.

Der Jahreshektarertrag (F5) wurde in der Restwasserstrecke als „gut“, in der Schwallstrecke dagegen als „schlecht“ bewertet.

Gesamthaft wird die Fischfauna der Schwallstrecke des KW Löntsch als „schlecht“ beurteilt.

B1-B4 Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos erreichte im April 2014 in der Schwallstrecke eine mässige und in der Restwasserstrecke eine gute Gesamtvielfalt (Indikatoren B2-B4). Dieser Unterschied wird hauptsächlich

auf die Morphologie zurückgeführt, da im Winter 2012/2013 kein Schwallbetrieb herrschte. An beiden Stellen lagen die Individuenzahlen leicht unter der Erwartung, die Biomasse erfüllte den Sollwert an beiden Stellen, war jedoch bei der Referenzstrecke anderthalb Mal so hoch wie in der Schwallstrecke (Limnex 2013).

Bei der Probenahme im März 2014 (unter Schwalleinfluss) zeigten sich in der Schwallstrecke deutliche Unterschiede im Vergleich zum Vorjahr:

- Individuenzahl 3-4 mal weniger
- Indikator B1 - Biomasse etwa um knapp die Hälfte reduziert
- Veränderte Zusammensetzung der Artengemeinschaft
    - Starke Abnahme strömungsexponierter Kriebelmücken auf grossen Steinen
    - Starke Abnahme der Eintagsfliegen, vor allem von *Baetis alpinus*
    - Beobachtung der strömungsobligaten Lidmückenlarve *Liponeura* sp.

Diese Unterschiede werden auf den Schwallbetrieb zurückgeführt.

Der Indikator B1, Biomasse, wird nach Vollzughilfe zwar noch in die Klasse „gut“ eingeordnet (an der Skalagrenze zu „mässig“). Mit der Abnahme um etwa die Hälfte und mit knapp 62 % der Sollbiomasse, die hauptsächlich auf Bachflohkrebse (*Gammarus fossarum*) zurückzuführen ist, scheint uns diese Klassifizierung tendenziell überbewertet. Aus diesem Grund wird der Indikator B1 in die Klasse „mässig“ eingeteilt.

Der Indikator B2, der allgemeine Zustand des Makrozoobenthos, verbleibt auch unter Schwalleinfluss in der Klasse „mässig“ (IBCH 11). Ebenso der Indikator B4: Wie schon im Vorjahr wurden 7 EPT-Familien gefunden.

Der Längenzonierungsindex LZI (Indikator B3) ist in der Schwallstrecke hingegen von „mässig“ (2013) auf „sehr gut“ (2014) angestiegen. Die Schwallstrecke wird anhand von Gewässerbreite und Gefälle der unteren Forellenregion (Metarhithral) zugeordnet.

H1 - Innere Kolmation

Bei den Aufnahmen 2013 wurde die innere Kolmation mit „mässig“ bewertet. Die Kickfahnen-Methode (Strohmeier et al. 2004) zeigte dabei erhöhte Feinstoffaufwirbelungen. Die Steine liessen sich aber gut aus dem Untergrund entfernen (Methode nach Bindenheim & Göggel 2007). Bei den wiederholten Aufnahmen 2014 war die Kickfahne nur minim vorhanden und die Steine liessen sich gut aus dem Bachbett entfernen. Dieser Unterschied kann dadurch erklärt werden, dass im Winter 2012/2013 wegen Umbauarbeiten nicht turbiniert wurde und Feinpartikel sich so besser ablagern konnten. 2014 war das Kraftwerk wieder in Betrieb und die täglichen Schwälle führten regelmässig zu partieller Dekolmation der Sohle. Die Schwebstoffkonzentration, die während des Schwallversuches im April 2014 gemessen wurde, liegt mit maximal 11.1 mg/l im „mässigen“ Bereich (Methode nach Vollzugshilfe). Aggregiert man die Kolmationsindikatoren von den Aufnahmen 2014 mit den gemessenen Schwebstoffwerten, erhält die innere Kolmation die Bewertung „gut“. Die Aufnahmen von 2013 werden dabei nicht berücksichtigt, da sie nicht repräsentativ für den Schwallbetrieb am Löntsch sind.

A1- Mindestabfluss

Es gibt für das KW am Löntsch keine gesetzliche Dotierpflicht, weil das natürliche Q_{347} bei der Rückgabestelle bei Null liegt. Der Indikator A1 wurde deshalb nicht in die Indikatorbewertung miteinbezogen.

Q1 - Temperatur

Für die Bewertung der Wassertemperatur wurden Daten aus der Linth (Station 2372 Linth-Mollis) von April 2013 bis April 2014 ausgewertet (Messintervall 10 Minuten). Da sowohl die KLL als auch die Kraftwerke Sernf-Niederenbach in diesem Zeitraum nicht in Betrieb waren, sind allfällige Temperatureffekte auf das KW Löntsch zurückzuführen. Die Bewertung erfolgte nach MSK Temperatur (Dübendorfer et al. 2011). Die Pegeländerungsrate liegt für den betrachteten Zeitraum bei 3.1 °C/h, weshalb der Indikator Q1 mit „mässig“ bewertet wird. Abbildung 4 zeigt Ausschnitte aus der Temperaturganglinie im Winter (oben) und im Sommer (unten). Sowohl im Winter als auch im Sommer kann der Schwall des KW Löntsch zu einem abrupten Temperatursturz in der Linth führen (*cold thermopeaking*, Zolezzi et al. 2011). Der Einfluss des KW Löntsch ist dabei aber abhängig von der Tageszeit. Findet der Schwall in der Nacht oder am Morgen statt, ist kein Effekt auf die Temperatur ersichtlich. Findet der Schwall jedoch am Nachmittag bzw. Abend statt, lässt sich der Temperatursturz gut erkennen (Abb. 4 unten). In vielen Fällen lässt sich aber kein deutlicher Schwalleinfluss auf die Temperaturganglinie erkennen.

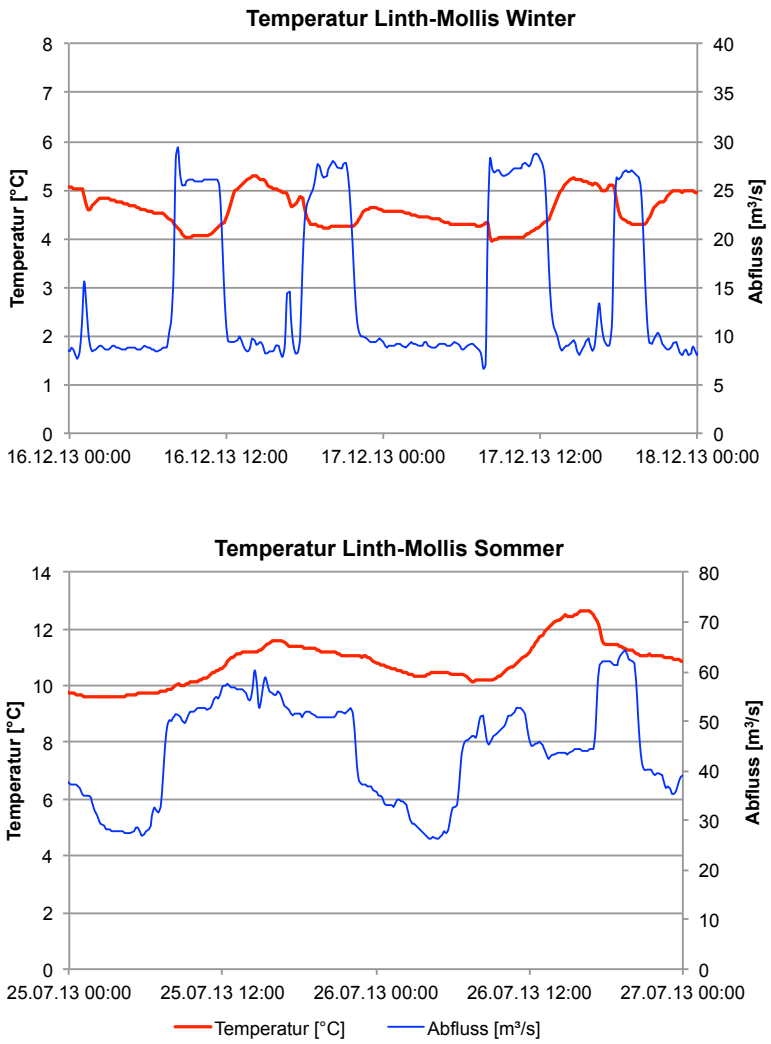


Abbildung 4: *Temperatur- und Abflussganglinie in der Linth bei der Station Linth-Mollis (2372), ca. 4.5 km unterhalb der Mündung des Löntsch. Oben: Situation im Winter 2013/2014, Unten: Situation im Sommer 2013.*

4.5.3 Zusammenfassung

Die Schwallstrecke des Löntsch zeigt mit einem roten Indikator (schlecht) und drei bis vier mit „mässig“ bewerteten Indikatoren deutlich eine wesentliche Beeinträchtigung an (Tab. 8). Diese ist teilweise auch auf die stark verbaute Ökomorphologie zurückzuführen. Der Indikator F2 zeigt aber klar eine schwallbedingte Beeinträchtigung an. Zusammenfassend ist das Kraftwerk am Löntsch nach Vollzugshilfe als **sanierungspflichtig** einzustufen.

Tabelle 8: *Bewertung der Schwallindikatoren für den Ist-Zustand des **Kraftwerks am Löntsch**. Die Voraussetzungen zur Verwendung der Indikatoren sind nur teilweise erfüllt. Datengrundlage bilden die zitierten Berichte und Erhebungen. Die Anhänge beziehen sich auf die Untersuchungen in Tabelle 3. Die Aufnahmen 2013 fanden nach einem Winter ohne Schwallbetrieb, die Aufnahmen 2014 nach einem Winter mit Schwallbetrieb satt.*

Indikatoren	Datengrundlage	Anhang	Aufnahmen 2013	Aufnahmen 2014
Wasserqualität: Kieselalgen (Chemie)	AquaPlus 2002	8	✔	✔
Ökomorphologie	Kanton Glarus	9		
F1: MSK-Modul Fische	WFN 2014	1		
F2: Stranden von Fischen	Limnex 2014b	6		
F3: Laichareale von Fischen				
F4: Reproduktion der Fischfauna				
F5: Fischereiliche Produktivität	WFN 2014, Limnex 2014a	1		
B1: Biomasse des Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a	3		
B2: MSK-Modul Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a	3		
B3: Längenzonation des Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a	3		
B4: EPT-Familien Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a	3		
H1: Innere Kolmation	Limnex 2014a, 2014b	4, 6		
A1: Mindestabfluss	nicht beurteilbar			
Q1: Temperatur	Station Linth-Mollis (2372)			

✔ Vorausetzung für Indikatorbewertung erfüllt

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

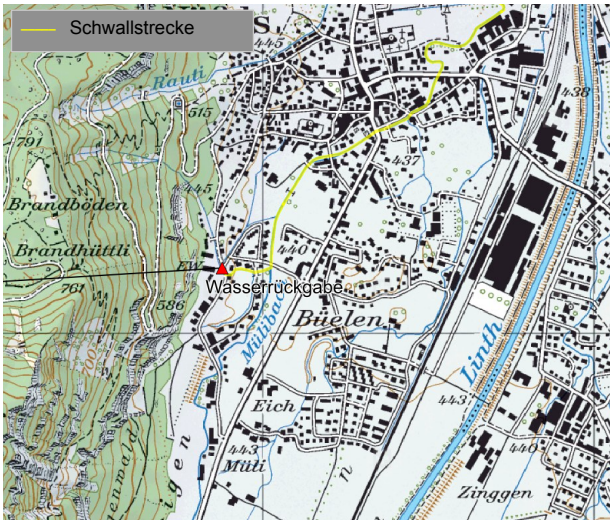
4.6 Oberseewerk

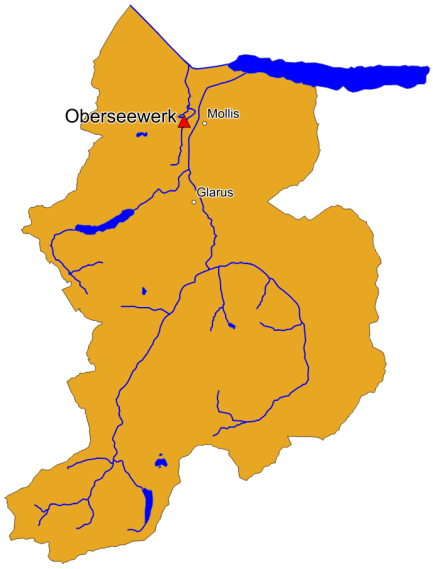
Kraftwerk	Oberseewerk

Betreiber:	TB Glarus Nord
Gemeinde:	Näfels
Einzugsgebiet:	Linth
Rückgabegewässer:	Tränki, Mülibach

WASTA Nummer:	403800
Werktyp:	Speicherkraftwerk
Koordinaten Anlageteil	722'850/217'230
Ausbauwassermenge [m^3/s]:	2.07
Dotiermenge [m^3/s]	0
Sunk bei Schwallrückgabe [m^3/s]:	0.05 (Tränki); 0.7 (Mülibach)
Schwall/Sunk-Verhältnis:	42.4 (Tränki); 4.0 (Mülibach)
Länge Schwallstrecke [km]:	0.210 (Tränki); 5.71 (Mülibach)

Schwallstrecke Mülibach
(Foto: Limnex AG)





4.6.1 Kraftwerksbetrieb

Die Zentrale Risi nutzt unter anderem das Wasser aus dem Obersee, welcher als Speicher bewirtschaftet wird. Die Ausbauwassermenge der Zentrale Risi beträgt 2.07 m^3/s. Das turbinierte Wasser wird über einen Kanal („Tränki“) in den Mülibach geleitet. Wegen der darin vorhandenen Fischpopulation wird die Tränki auf freiwilliger Basis mit 50 l/s dotiert. Nach ca. 200 m mündet die Tränki in den Mülibach. Dieser wird oberhalb Näfels zusätzlich mit Wasser aus der Linth gespiesen (Erlenkanal) und ist somit hydrologisch stark beeinflusst.

4.6.2 Grundbewertung

Die Ökomorphologie des Mülibachs ist stark beeinträchtigt. Unterhalb der Rückgabestelle ist das Gewässer mit Betonschalen hart verbaut. Weiter flussabwärts staut ein Wehr den Mülibach ein. Auch die Tränki weist auf der ganzen Strecke eine naturferne Ökomorphologie auf.

Die Wasserqualität kann im Mülibach als unbelastet bis gering belastet eingestuft werden (Aqua Plus 2002). In der Tränki sind keine Kieselalgenproben erhoben worden. Der Saprobienindex nach Zelinka & Marvan deutet aber auf ein unbelastetes Gewässer hin (Limnex 2014a).

Die Voraussetzungen für die Bewertung der Breitbandindikatoren sind somit nur teilweise erfüllt.

F1-F5 Fische

Zur Beurteilung der Fischfauna wurden im Herbst 2013 eine Referenzstrecke im Mülibach oberhalb der Fischzucht Mettlen (M0), sowie der Kanal unterhalb der Wasserrückgabe des KW Risi (Tränki) abgefischt. Im April 2014 wurden Abfischungen 100 m oberhalb (M1) und 100 m unterhalb (M2) der Wasserrückgabe im Mülibach nach der Methode MSK-Fische elektrisch abgefischt. Die Bewertungen des Indikators F1 reichen von „gut“ (M0, M1, M2) bis „mässig“ (Tränki T1) (Anhang 1). Der schlechtere Zustand der Fischfauna in der Tränki ist neben dem Schwall/Sunk-Betrieb auch auf die mangelhafte Morphologie (Kanal, harte Ufer, fehlende Unterstände, kein Strömungsschutz) und die bei Schwall hohen Fliessgeschwindigkeiten zurückzuführen.

Der Jahreshektarertrag (F5) wird für beide Strecken M1 und M2 als „sehr gut“ beurteilt.

Gesamthaft ist die Fischfauna für das KW Risi als „mässig“ beeinträchtigt zu bewerten.

B1-B4 Makrozoobenthos

Die einzige Probenahme im April 2013 ergab für das Makrozoobenthos im Mühlibach vor und nach dem Zufluss der Tränki eine „mässige“ bis „gute“ Gesamtvielfalt. Der IBCH wurde mit „mässig“ beurteilt, doch hätte aufgrund methodischer Artefakte (z. B. Einzelfund mit hohem Indikatorwert) auch die Klasse „gut“ erreicht werden können. Die Dominanz von Flohkrebsen sorgte für hohe Individuenzahlen und Biomassewerte. Beim Vergleich des LZI mit den abiotischen Bedingungen ist an beiden Stellen eine leichte Rhithralisierung festzustellen (Anhang 3). Sie könnte auf das Einleiten des kühleren Linthwassers zurückzuführen sein.

Im März 2014 wurde zusätzlich in der Tränki noch eine Probe genommen, um das direkte Rückgabegewässer der Zentrale Risi beurteilen zu können. Die Individuendichte war mit dem Mülibach vor dem Zusammenfluss vergleichbar. Die Anzahl Taxa war ebenfalls vergleichbar mit dem Mülibach (21-23 Taxa). Während die Biozönosen im Mülibach sehr ähnlich waren (Soerensen-Index: 0.7) unterschied sich die Taxa-Zusammensetzung in der Tränki von derjenigen im Mülibach (Soerensen-Index: 0.45 und 0.53). Vor allem die Anteile der Grossgruppen waren anders verteilt: In der Tränki kamen nur halb so viele Flohkrebse vor wie im Mülibach. Dafür war die Gruppe der Zuckmücken in der Tränki gut vertreten und der Anteil der EPT war etwas grösser. Die Biomasse übertraf den Sollwert bei weitem (rund 600 %) und der IBCH wurde mit 14 Punkten mit der Klasse „gut“ bewertet. Die Anzahl EPT-Familien übertraf diejenige aus dem Mülibach und wurde ebenfalls mit „gut“ bewertet. Der LZI entsprach dem standortgerechten Metarhithral.

Das Makrozoobenthos wird demnach durch Schwall/Sunk im Mülibach und in der Tränki nicht wesentlich beeinträchtigt. Die beobachteten Defizite bei den Wirbellosen im Mülibach gehen nicht zu Lasten von Schwall/Sunk, da sie gleichermassen vor und nach der Schwallrückgabe beobachtet wurden. Als weitere Ursachen kommen die sehr stark beeinträchtigte Ökomorphologie, das Einleiten von Linth-Wasser und der Wehrrückstau infrage.

H1 - Innere Kolmation

Der Mühlibach ist durch ein Wehr in Näfels eingestaut. Entsprechend bestand das Sohlensubstrat nach der Wasserrückgabe hauptsächlich aus Feinsedimenten (Sand und Schluff). Allerdings lag keine

Abpflästerung vor. Die Kickfahnenmethode ist hier nicht aussagekräftig, und die Methode nach Schälchli (2002) ist nicht anwendbar.

In der Tränki lag die innere Kolmation im guten Bereich, im Vergleich zum Mülibach aber leicht höher. Das ist jedoch auf die unterschiedlichen Substratzusammensetzungen in den beiden Gewässern zurückzuführen. In der Tränki dominierten Kies und Steine zwischen 2-20 cm und folglich war der Kickwiderstand erhöht (Methode nach MSK).

Die Aggregation der einzelnen Kolmationsindikatoren ergibt für beide Gewässer den Zustand „gut". Somit kann die Kolmation in der Tränki und im Mülibach mit „gut" bewertet werden. (Anhang 4).

A1 - Mindestabfluss

Der Mindestabfluss für den Mülibach ist nicht beurteilbar, da er keine Restwasserstrecke ist. In der Tränki ist der Mindestabfluss von 50 l/s ausreichend, denn natürlicherweise fällt dieses Gewässer zeitweise trocken.

Q1 - Temperatur

Temperaturmessungen wurden keine durchgeführt.

4.6.3 Zusammenfassung

Sowohl in der Tränki als auch im Mülibach lässt sich keine durch Schwall/Sunk verursachte wesentliche Beeinträchtigung erkennen (Tab. 9). Die im Müliach beobachteten Defizite beim Makrozoobenthos können nicht auf den Schwallbetrieb zurückgeführt werden, da sie gleichermassen vor und nach der Einmündung der Tränki auftreten. Mögliche Ursachen sind hier das Einleiten von trübem Linthwasser, der Wehrrückstau in Näfels und die stark beeinträchtigte Ökomorphologie. Das Oberseewerk wird deshalb als **nicht sanierungspflichtig** aus dem Verfahren ausgeschieden. Eine Umgestaltung der Tränki – linksufrig flachere Ufer mit Unterständen und strömungsberuhigten Stellen – könnte die negativen Auswirkungen auf die Fischfauna reduzieren.

Tabelle 9: *Bewertung der Schwallindikatoren für den Ist-Zustand des* ***Oberseewerks (Zentrale Risi)****. Die Voraussetzungen zur Verwendung der Indikatoren sind nur teilweise erfüllt. Datengrundlage bilden die zitierten Berichte und Erhebungen. Die Anhänge beziehen sich auf die Untersuchungen in Tabelle 3. In der Tränki sind keine Kieselalgendaten vorhanden, aber der Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961) deutet auf ein unbelastetes Gewässer hin (Limnex 2014a).*

Indikatoren	Datengrundlage	Anhang	Tränki	Mülibach
Wasserqualität: Kieselalgen (Chemie)	AquaPlus 2002		?	✔
Ökomorphologie	Kanton Glarus			
F1: MSK-Modul Fische	WFN 2013, 2014			
F2: Stranden von Fischen				
F3: Laichareale von Fischen				
F4: Reproduktion der Fischfauna				
F5: Fischereiliche Produktivität	WFN 2013, 2014			
B1: Biomasse des Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a			
B2: MSK-Modul Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a			
B3: Längenzonation des Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a			
B4: EPT-Familien Makrozoobenthos	Limnex 2013a, 2014a			
H1: Innere Kolmation	Limnex 2013a, 2014a			
A1: Mindestabfluss	nicht beurteilbar			
Q1: Temperatur				

✔ Vorausetzung für Indikatorbewertung erfüllt

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

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

49	Linthkraft-Stiftung
48	Spinnerei Linthal
46	Cotlan
44	Bodmer
42	Diesbach
41	Hefti
35	D. Jenny
29	Textil AG
30	Hydroelectra
28a	Seidendruckerei
27	Mühlefuhr
25	Holenstein
26	Dorfbach Ennenda
21	Walzmühle
18	Elggiskraft
17	Linthkraft
51	Fätschbach
Total	**17**

Schwall/Sunk-Verhältnis < 1.5:1

45	Brummbachwerk
Total	**1**

Grundbewertung (nicht alle Indikatoren erhoben)

40/34/32	Kraftwerke Sernf-Niederenbach (SN Niedernbach, Niederenbachwerk, SN Sernf)
38	Luchsingen
15	Oberseewerk (Risi)

Total 5

Total 23 nicht sanierungspflichtige Kraftwerke.

5.2 Definitiv sanierungspflichtige Kraftwerke

Grundbewertung (teilweise nicht alle Indikatoren erhoben)

50/60 Kraftwerke Linth-Limmern (KLL)

24 Am Löntsch

Total 2

Total 2 sanierungspflichtige Kraftwerke.

6. Ökologisches Potenzial und Grad der Beeinträchtigung

6.1 Ökologisches Potenzial

Das ökologische Potenzial wurde anhand der in Tabelle 10 aufgelisteten Kriterien bewertet. Jedes Kriterium hat dabei zwei bis drei Bewertungsklassen, die mit 0 bis 2 Punkten bewertet werden. Durch aufsummieren der Punkte ergibt sich das ökologische Potenzial (Tab. 10).

Tabelle 10: *Kriterien und Bewertungsmethodik für das ökologische Potenzial in den Schwallstrecken im Kanton Glarus.*

Kriterien	Klassen	Punkte
naturnahe Ökomorphologie (> 50 %)	Ja	1
	Nein	0
hydrologische Beeinträchtigung (Restwasserproblematik und Schwall-Sunk)	sehr stark	0
	stark	1
	mittel	2
Seeforellen Laichgewässer	Ja	1
	Nein	0
Biodiversität Makrozoobenthos (Diversitätsindex nach Wihlm & Dorris 1968)	sehr gross (> 3)	2
	gross (2-3)	1
	klein-mittel (< 2)	0
Rote Liste Arten (Gefährdungsstufen: VU, EN, CR)	vorhanden	1
	nicht vorhanden	0
Vernetzungsfunktion longitudinal (z. B. mit Walensee)	gross	1
	gering	0

Punkte	ökol. Potenzial
6-8	gross
3-5	mittel
0-2	gering

In Tabelle 11 ist die Bewertung des ökologische Potenzials für den IST und den SOLL-Zustand in den betroffenen Gewässern aufgeführt. Das ökologische Potenzial für den zukünftigen Zustand (SOLL-Zustand) kann zu diesem Zeitpunkt erst grob abgeschätzt werden. In der Linth und im Löntsch stehen allerdings Daten zur Verfügung, die in einer Periode ohne Schwallbetrieb erhoben wurden. Anhand dieser Daten kann das ökologische Potenzial im sanierten Zustand verlässlicher bewertet werden.

Tabelle 11: *Bewertung des ökologischen Potenzials nach den in Tabelle 10 aufgeführten Kriterien für den IST- und den SOLL-Zustand (zukünftiger Zustand nach der Sanierung Schwall/Sunk).*

Kraftwerk	**KLL**		**KLL/Sernfw./ tw. Löntsch**		**am Löntsch**	
Gewässer	**Linth**		**Linth**		**Löntsch**	
Abschnitt	**Linthal bis Schwanden**		**Von Schwanden bis Walensee**		**Rückgabe bis Mündung in Linth**	
Länge [km]	**ca. 12**		**ca. 13**		**0.737**	
ökol. Potenzial IST/SOLL-Zustand	**ökol. Pot. IST-Zustand**	**ökol. Pot. SOLL-Zustand**	**ökol. Pot. IST-Zustand**	**ökol. Pot. SOLL-Zustand**	**ökol. Pot. IST-Zustand**	**ökol. Pot. SOLL-Zustand**
naturnahe Ökomorphologie (> 50 %)	0	0	0	0	0	0
hydrologische Beeinträchtigung	0	2	1	2	0	2
Seeforellen Laichgewässer	0	1	1	1	0	1
Biodiversität (Wihlm & Dorris 1968)	1	2	1	2	1	1
Rote Liste Arten	0	1	1	1	0	1
Vernetzungsfunktion	1	1	1	1	0	0
Total	**2**	**7**	**5**	**7**	**1**	**5**
ökologisches Potenzial	**gering**	**gross**	**mittel**	**gross**	**gering**	**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“*

Für die Bewertung in der Linth wurden die aktuellsten Indikatorbewertungen verwendet, um möglichst die Situation unter dem heutigen Betriebsregime zu bewerten. Pro Gewässerabschnitt wurde jeweils der am schlechtesten bewertete Indikator verwendet (*worst case*). Beim Löntsch war keine Aggregierung notwendig, da es sich um einen kurzen Abschnitt handelt, der relativ homogen bezüglich Ökomorphologie ist.

In Tabelle 12 ist der Grad der Beeinträchtigung, basierend auf den Indikatorbewertungen, für jedes Kraftwerk und die betroffenen Gewässerabschnitte angegeben. Er wird für beide sanierungspflichtigen Kraftwerke als „sehr stark“ eingestuft.

Tabelle 12: *Herleitung des Grades der Beeinträchtigung für die Kraftwerke KLL und Löntsch.*

Kraftwerk	Gewässer	Abschnitt	Indikatoren							Grad der Beeinträchtigung
KLL	Linth	Linthal-Schwanden	F1	F3	F4	F5	B2	B4	Q1	sehr stark
KLL/Sernfw./ tw. Löntsch	Linth	Schwanden-Walensee	F1	F2	F5	B2	B4			sehr stark
Löntsch	Löntsch	Rückgabe-Mündung in Linth	F2	F5	B1	B2	B4	Q1		sehr stark

7. Sanierungsmassnahmen

Die nachfolgend aufgelisteten Vorschläge für Sanierungsmassnahmen wurden in Zusammenarbeit mit dem Kanton Glarus erarbeitet. Die Betreiberin AXPO wurde in diesen Prozess miteinbezogen, verzichtete jedoch auf eine Stellungnahme zu den Vorschlägen (siehe Schreiben AXPO vom 03.12.2014). Gemäss Vollzugshilfe wurde zu jeder der vorgeschlagenen Massnahmen eine Abschätzung zur Machbarkeit, Verhältnismässigkeit, dem ökologischen Nutzen und den Kosten gemacht. Die Machbarkeit bezieht sich unter anderem auf die Platzverhältnisse sowie die Topographie. Die Abschätzung zur Verhältnismässigkeit basiert auf der Länge des betroffenen Abschnitts sowie dem voraussichtlichen Aufwand. Der ökologische Nutzen einer Massnahme kann ohne gezielte Untersuchungen bzw. Modellierungen nicht verlässlich bewertet werden. Wenn aber eine Massnahme ein Gewässer komplett von Schwall/Sunk befreit, wie zum Beispiel eine Direktableitung in einen See, kann davon ausgegangen werden, dass ein grosser Nutzen besteht. Zum jetzigen Zeitpunkt basiert die Bewertung des ökologischen Nutzens auf den bisher gewonnenen Erkenntnissen und der Einschätzung der Bearbeiter. Die Gliederung der 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.

Die Kostenschätzung bezieht sich auf die reinen Baukosten, ohne Planungskosten, Landbedarf oder betriebliche Auswirkungen. Betriebliche Massnahmen sind nur auf Antrag des Betreibers möglich.

7.1 Linthal (Kraftwerke Linth-Limmern)

Der Kanton Glarus erwägt den Sanierungsentscheid bei den Kraftwerken Linth-Limmern zu verschieben. Aus diesem Grund sind noch keine Vorschläge für Sanierungsmassnahmen vorhanden. Die Kontaktaufnahme mit den Betreibern hat aber bereits stattgefunden.

7.2 Am Löntsch

Bauliche Massnahmen

Vorschläge für bauliche Massnahmen beim KW am Löntsch sind in Tabelle 13 dargestellt. In dieser ersten Abschätzung wird der Bau eines Rückhaltevolumens (Becken oder Stollen) als Massnahme mit einem grossen ökologischen Nutzen erachtet. Durch die Dämpfung des Schwalls werden die Pegel- und Temperaturänderungsraten im Löntsch und in der Linth verringert, was zu einer Verbesserung der Indikatoren F2 und Q1 führen würde. Das Ableiten des ungedämpften Schwalls in die Linth, wird nur eine Verbesserung im Löntsch bewirken, jedoch nicht in der Linth. Die Ableitung des Schwalls in das bestehende Kanalsystem (Erlenkanal, Rautibachsystem) könnte die Linth allerdings entlasten. Es würde dann aber Schwall/Sunk in den künstlichen Kanälen entstehen, was sicherheitstechnische Fra-

gen aufwirft ist. Die morphologische Aufwertung des Löntsch zur Dämpfung des Schwalls wird als Massnahme mit geringem Nutzen erachtet. Dafür ist die Schwallamplitude zu gross. Kombiniert mit einer Teilableitung des Schwalls in die Linth, könnte im Löntsch jedoch von einem grösseren Nutzen ausgegangen werden. Dafür wären genauere Abklärungen notwendig. Die Direktableitung des Schwalls in den Walensee hätte vermutlich den grössten ökologischen Nutzen aller genannten Massnahmen, da sowohl der Löntsch als auch die Linth komplett vom Schwall des KW am Löntsch befreit würden. In Anbetracht des dafür nötigen Aufwandes wird diese Massnahme aber als nicht verhältnismässig erachtet.

Tabelle 13: *Vorschläge für bauliche Massnahmen beim KW am Löntsch. *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 (Becken/Stollen)	machbar	verhältnismässig	gross (v.a. in der Linth)	10-25 Mio.
2	Ableitung des Schwalls in die Linth	machbar	verhältnismässig	gering	2-10 Mio.
3	Einbau einer Dotierturbine zwecks Erhöhung Sunkabfluss	machbar	verhältnismässig	gering	< 2 Mio.
4	Ableitung des Schwalls in bestehendes Kanalsystem (Erlenkanal, Rautibachsystem)	machbar	verhältnismässig	mittel	2-10 Mio.
5	Morphologische Aufweitungen im Mündungsbereich des Löntsch	machbar	verhältnismässig	gering	< 2 Mio.
6	Morphologische Aufwertung des Löntsch zur Dämpfung des Schwalls	machbar	nicht verhältnismässig	gering	< 2 Mio.
7	Ableitung des Schwalls in den Walensee	kaum machbar	nicht verhältnismässig	gross	> 50 Mio.

Betriebliche Massnahmen

Vorschläge für betriebliche Massnahmen sind in Tabelle 14 dargestellt. Das langsamere oder stufenweise An- bzw. Zurückfahren der Turbinen hat vor allem in der Linth einen grossen ökologischen Nutzen, da dadurch die Pegel- und Temperaturänderungsraten verringert werden. Im Löntsch ist aufgrund der stark beeinträchtigten Ökomorphologie jedoch nur mit einer geringen Verbesserung zu rechnen. Weitere Massnahmen sehen die Erhöhung des Sunkabflusses durch Erhöhung der Restwassermenge oder den Dauerbetrieb der Turbinen auf einer minimalen Wassermenge vor. Im Löntsch ist dabei mit einer geringen Verbesserung zu rechnen. Die Harmonisierung von Schwallverursachern wird als kaum machbar erachtet. Allerdings könnte die Situation in der Linth dadurch deutlich verbessert werden. Auf den Löntsch hätte diese Massnahme aber keinen Einfluss.

Die Kosten für die betrieblichen Massnahmen können zum jetzigen Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden.

Tabelle 14: *Vorschläge für betriebliche Massnahmen beim KW am Löntsch.*

	Betriebliche Massnahme	Machbarkeit	Verhältnismässig-keit	Ökologischer Nutzen	geschätzte Kosten [CHF]
1	Langsameres oder stufenweises An- und Zurückfahren der Turbinen	machbar	verhältnismässig	gross (v.a. in der Linth)	unbekannt
2	Erhöhung Sunkabflusses durch Erhöhung der Restwassermenge (von Art. 80 auf Art. 31 GSchG)	machbar	verhältnismässig	mittel (Löntsch) gering (Linth)	unbekannt
3	Erhöhung Sunkabflusses durch Dauerbetrieb der Turbinen mit minimaler Wassermenge (z. B. 10 % der Ausbauwassermenge)	machbar	verhältnismässig	mittel (Löntsch) gering (Linth)	unbekannt
4	Harmonisierung mit anderen Schwallverursachern (v.a. KLL)	kaum machbar	verhältnismässig	gross (Linth) kein Nutzen im Löntsch	unbekannt

Ausblick 2. Phase

Die hier aufgelisteten Massnahmen sind als Vorschläge zu interpretieren. Im Rahmen der 2. Planungsphase (Variantenstudium) werden detaillierte Abklärungen zu verschiedenen Varianten und allenfalls auch zu Kombinationen von Massnahmen durch den Betreiber getroffen. Verlässliche Aussagen zur Machbarkeit, dem ökologischen Nutzen und den anfallenden Kosten werden erst dann möglich sein.

8. Koordination

Die Koordination zwischen den einzelnen Sanierungspaketen wird vom Kanton Glarus durchgeführt. Im Folgenden sind die Planungen und Vorhaben in den Bereichen Revitalisierung und Geschiebehaushalt kurz beschrieben.

8.1 Revitalisierung

Revitalisierungen sind in der Schwallstrecke der Linth und an anderen Gewässern geplant. Im Bereich der Schwallstrecke des Löntsch sind jedoch keine vorgesehen. Bei den Revitalisierungen handelt es sich um punktuelle Aufweitungen. Sie werden im Rahmen von Hochwasserschutzprojekten und der Revitalisierungsplanung durchgeführt. Die geplanten Massnahmen umfassen:

- Aufweitung des Gerinnes
- Aufwertung der Sohlenstruktur
- Reaktivierung von Prallhängen
- Uferstrukturierung
- Aufwertung des Mündungsbereichs von Seitenbächen
- Optimierung/Wiederherstellung Längsvernetzung
- Revitalisierung von Auen

Die detaillierten Angaben zu der Lage der einzelnen Strecken und den geplanten Massnahmen finden sich in der Revitalisierungsplanung des Kantons Glarus.

8.2 Geschiebe

Der Geschiebehaushalt ist in der Linth zu einem grossen Teil durch die Wehranlagen der zahlreichen Ausleitkraftwerke gestört. Weitere Eingriffe wie Kiesentnahmen (Kieswerke) und in Geschiebesammlern zurückgehaltenes Geschiebe von Seitenbächen beeinträchtigen den natürlichen Geschiebehaushalt zusätzlich. Als Massnahme wird hier vor allem der Umbau von Wehranlagen angestrebt, um die Weitergabe des Geschiebes zu ermöglichen. Details zu den sanierungspflichtigen Anlagen und den vorgesehenen Massnahmen finden sich im Zwischenbericht zur Sanierungsplanung Geschiebehaushalt (Flussbau AG 2013).

9. Literaturverzeichnis

AquaPlus 2002. Kieselalgenflora und Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität an 33 Fliessgewässerstellen des Kanton Glarus. Amt für Umweltschutz des Kanton Glarus (AFU). 32 S.

Axpo (NOK) 2008. Kraftwerke Linth-Limmern AG. Bericht zur Umweltverträglichkeit 2. Stufe - Bestehende Anlagen. Hauptbericht. 49 S.

Axpo 2012: Kraftwerk Fätschbach - Bericht zur Umweltverträglichkeit, Voruntersuchung und Pflichtenheft. Bericht: 72 S.

BAFU 2008. Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2007. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 08: 576 S.

BAFU 2013. Minimales Geodatenmodell. Geobasisdaten des Umweltrechts. Planung und Berichterstattung der Sanierung Wasserkraft. Identifikator 192. Version 1.1.

BFE 2012. Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz. Stand 1. Januar 2012. Bundesamt für Energie, Sektion Wasserkraft.

Baumann P., Kirchhofer A., Schälchli U. 2012: Sanierung Schwall/Sunk – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1203: 126 S.

Binderheim E., Göggel W. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.

B + S AG 2012. Kraftwerk Doppelpower, KWD Kraftwerk Doppelpower AG – Bericht zur Umweltverträglichkeit. Hauptuntersuchung 2. Stufe, Bauprojekt.

BUWAL (Hrsg) 1998. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern. Umwelt-Vollzug, 49 S.

Dübendorfer C., Moser D., Kempter T., Egloff L., Müller V., Wanner P., A. Kirchhofer., P. Baumann 2011. Expertenbericht zu einem Entwurf Modul Temperatur im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts. Expertenbericht vom Dezember 2011 zuhanden des BAFU. Entwurf

Flussbau AG 2013. Sanierungsplan Geschiebehaushalt – Strategische Planung. Zwischenbericht; im Auftrag des Kantons Glarus.

Hürlimann J., Niederhauser P. 2007. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 0740: 130 S.

Kummer M., Baumgartner M., Devanthéry D. 2007. Restwasserkarte Schweiz. Wasserentnahmen und –rückgaben. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 0715: 90 S.

Liechti P. 2010. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1005: 44 S.

Limnex 2006a. Kraftswerkanalgen Linth-Limmern - Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe. Fachbericht Gewässerökologie Schwallstrecke zwischen Linthal und Schwanden. Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 82 S. und Anhang

Limnex 2006b. Schwallversuche in der Linth: Ökologische Auswirkungen von schwalldämpfenden Massnahmen. Grundlagen zur Beurteilung und Verbesserung des Schwallbetriebs aus der Zentrale Linthal der Krakftwerke Linthal-Limmern. Amt für Umweltschutz des Kanton Glarus (AFU). 50 S. und Anhang

Limnex 2007a. Kraftswerkanalgen Linth-Limmern - Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe. Fachbericht Phyto- und Zoobenthosorganismen auf der Schwallstrecke zwischen Linthal und Ennenda. Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 17 S. und Anhang

Limnex 2007b. Kraftswerkanalgen Linth-Limmern - Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe. Fachbericht Phyto- und Zoobenthosorganismen im Sandbach bei Sandrisi, im Limmerenbach bei Üeli und in der Linth bei Auengüter. Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 9 S.

Limnex 2012. Linth KLL Schwallmonitoring 2.5 – 20 m^3/s vom 13.12.2012. Im Auftrag des Kantons Glarus. 12 S.

Limnex 2013a. Untersuchungen zum Makrozoobenthos in der Linth und vier Nebengewässern 2012/2013. Berict i Auftrag des Kantons Glarus und der AXPO Power AG, 73 S.

Limnex 2013b. Projekt KW Cotlan AG. Beurteilung der Wasserentnahme aus der Linth mit HYDMOD – Berechnungen und Kurzbeurteilung. 13 S.

Limnex 2014a. Ergänzende Untersuchungen zum Makrozoobenthos in der Linth und zwei Nebengewässern im Frühjahr 2014. Bericht im Auftrag des Kantons Glarus, 32 S.

Limnex 2014b. Schwallmonitoring am Löntsch und am Bächibach 01.04.2014. Bericht im Auftrag des Kantons Glarus, 8 S.

Limnex und WFN 2012. Schwallsanierung GschG Artikel 39a. Vorarbeiten und Pflichtenheft für die strategische Planung des Kantons Glarus. 37 S. und Anhang.

Limnex und WFN 2013. Schwallsanierung GSchG Artikel 39a. Zwischenbericht für die strategische Planung des Kantons Glarus. 45 S. und Anhang.

Margii W. CARFAUNA 2006. Kraftswerkanalgen Linth-Limmern - Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe. Fachbericht zum Nachtrag Schwall/Sunk. Uferbewohnende Laufkäfer an der Linth. Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 14 S. und Anhang

NOK 2006. Kraftwerksanlagen Linth-Limmern. Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe. Grundlagenbericht zur Schwall/Sunk-Problematik. Nordostschweizerische Kraftwerke AG; Kraftwerke Linth-Limmern. 44 S. und Anhang.

Pfaundler M. et al. 2011. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1107: 113 S.

Schager E., Peter A. 2004. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Fische Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 44: 62 S.

Schälchli, Abegg & Hunzinger (SAH) 2002. Kolmation – Methoden zur Erkennung und Bewertung. 22 S.

Schälchli, Abegg & Hunzinger (SAH) 2004. Geschiebestudie Linth Direktion für Landwirtschaft, Wald und Umwelt; Baudirektion des Kanton Glarus und Linthwerk Linthverwaltung: 46 S. und Anhang

Schälchli, Abegg & Hunzinger (SAH) 2006. Linth, Linthal bis Schwanden. Auswirkungen des Schwallbetriebs auf den Geschiebehaushalt. Direktion für Landwirtschaft, Wald und Umwelt; Baudirektion des Kanton Glarus und Krakft Linth - Limmern. 38 S. und Anhang

Schälchli, Abegg & Hunzinger (SAH) 2007. Kraftwerksanlagen Linth-Limmern. Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe. Fachbericht zum Nachtrag: Schwall/Sunk - Schwallbetrieb im Abschnitt Linthal - Schwanden. Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 26 S. und Anhang.

Strohmeier P., Bruckner G., Schlumprecht H., Strätz C. 2005. Verschlammung und Versandung oberfränkischer Fliessgewässer. Hrsg: Bezirk Oberfranken, Bezirksfischereiverband Oberfranken, Landesfischereiverband Bayern. 205 S.

Stucki P. 2010. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026, 1 – 61.

WFN 2006. Kraftwerksanlagen Linth-Limmern Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe: Fachbericht Fischökologie. Krakftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 45 S.

WFN 2007. Kraftwerksanlagen Linth-Limmern Konzessionsprojekt 2006. Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe: Fachbericht Gewässerökologie - Nachtrag Schwall-Sunk. Krakftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 23 S.

WFN 2011: Monitoreing Sernf – Zwischenbericht zur Fischfauna. i.A. SN Energie AG: 7 S.

WFN & NOK 2006. Kraftwerksanlagen Linth-Limmern Konzessionsprojekt 2006. Schutz- und Nutzungsplanung. Krakftwerke Linth-Limmern AG (KLL). 47 S.

Zelinka, M., Marvan, P. 1961: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. Archiv für Hydrobiologie 57: 389-407.

Zolezzi, G., Annunziato, S., Toffolon, M., Maiolini, B. 2011. Thermopeaking in Alpine streams: event characterization and time scales. Ecohydrology 4, 564-576.

Anhang

Dokumentation und Nachweis der wesentlichen Beeinträchtigung

ANHANG 1: Fische

Die Beurteilung des Ist-Zustandes der Fischfauna in der Linth und den Nebengewässern basiert auf bestehenden Daten aus dem UVB 1. Stufe (WFN 2006, 2007) und den neuen Aufnahmen von 2012-2014. Ein Kommentar dazu findet sich in Kapitel 4.2 des Schlussberichts.

Tabelle A1.1: *Probestrecken Fischfauna in der Linth und den Nebengewässern. Stellenbeschreibung aus WFN 2006,2007.*

RW:	Restwasserstrecke
Ref:	Referenzstrecke ohne S-S
S-S:	Schwallstrecke
S-S; RW:	Restwasserstrecke in der Schwallstrecke (Sunk in der Regel noch tiefer als bei reiner Schwallstrecke)

Gewässer	Stellenbezeichung		Koordinaten		Höhe	Fliess-
	Name	Stelle	x	y	[m.ü.M]	regime
Linth	Reitimatt	L0	718'109	194'472	787	Ref., RW
Linth	Fätschli	L1	717'708	196'173	734	Ref., RW
Linth	oberhalb Brücke Linthal	L2	718'588	197'669	662	S-S, RW
Linth	oberhalb Brücke Rüti	L3	719'953	199'575	620	S-S
Linth	Hiac Betschwanden	L4	720'413	200'225	605	S-S. RW
Linth	Hätzingen	L5	721'675	202'673	570	S-S, RW
Linth	Leuggelbach	L6	722492	203935	550	S-S; RW
Linth	Haslen	L7	723260	203040	535	S-S; RW
Linth	Wyden Schwanden	L8	723654	250385	530	S-S
Linth	Uschenriet Mitlödi/Ennenda	L9	725090	208930	502	S-S + Sernf
Linth	RW-Strecke Dorfbach Ennenda	L10	724162	211251	470	S-S; RW + Sernf
Linth	oberhalb Löntsch	L11	723300	213275	460	S-S + Sernf
Linth	unterhalb Löntsch vor Linthkraft	L12	723203	214111	457	S-S+ Sernf +Löntsch
Linth	RW-Strecke Linthkraft	L13	723237	214558	455	S-S; RW + Sernf +Löntsch
Linth	nach Linthkraft Militärflugplatz	L14	723205	215519	447	S-S + Sernf + Löntsch

Gewässer	Stellenbezeichung		Koordinaten		Höhe	Fliess-
	Name	Stelle	x	y	[m.ü.M]	regime
Sernf	Soolsteg	S2	726536	206622	590	RW
Sernf	oberhalb Zentrale	S1	725503	206346	540	RW
Sernf	unterhalb Zentrale	S0	725219	206292	530	S-S

Gewässer	Stellenbezeichung		Koordinaten		Höhe	Fliess-
	Name	Stelle	x	y	[m.ü.M]	regime
Bächibach	Oberhalb Zentrale Luchsingen	B1	721260	203012	630	Ref., RW
Bächibach	Unterhalb Zentrale Luchsingen	B2	721570	202907	580	S-S
Löntsch	Oberhalb Zentrale Löntsch	LO1	722391	212936	480	Ref., RW
Löntsch	Unterhalb Zentrale Löntsch, ob Brücke	LO2	722571	213204	475	S-S
Mülibach	oberhalb Fischzucht Mettlen	M0	722610	215394	447	Ref
Mülibach	Oberhalb Einleitung in Mülibach	M1	723023	217173	440	Ref
Mülibach	Unterhalb Einleitung in Mülibach	M2	723054	217376	440	S-S
Tränki	Kanal unterhalb KW Risi	T1	722913	217196	442	S-S

Tabelle A1.2: *Schwall/Sunk-Bewertung pro untersuchte Strecke in der Linth gemäss Vollzugshilfe zur Schwallsanierung (Baumann et al. 2012). Nebst den beobachteten Werten sind die Mindestsollwerte für die Erfüllung der Vorgaben (untere Grenze der Bewertungsklasse „gut“) angegeben. Die detaillierte Bewertungsmethodik ist in Anhang 7 der Vollzugshilfe zu finden.*

Indikator		Linth													
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14
F1	*Mindestsollwert*	*5*													
	Anz. Punkte MSK 2007	7.0	8.0	7.0	8.0				4.0	4.0					
	Bewertung 2007	mässig	mässig	mässig	mässig				gut	gut					
	Anz. Punkte MSK 2013	8.0	8.0	8.0	8.0				3.0	6.0	7.0	5.0	5.0	8.0	8.0
	Bewertung 2013	mässig	mässig	mässig	mässig				gut	mässig	mässig	gut	gut	mässig	mässig
	Anz. Punkte MSK 2014	6.0			8.0				5.0						
	Bewertung 2014	mässig			mässig				gut						
F2	*Mindestsollwert*	*30%*													
	Trocken %			20%	28%				30%	43%					
	Bewertung			gut	gut				gut	schlecht					
F3	*Mindestsollwert*	*60%*													
	Laichareale %		41%												
	Bewertung		mässig												
F4	*Mindestsollwert*	*0.6*													
	CPUE Brütlinge2007	0	0	0.03	0	0.16	0.09	1.4	0.16	0					
	Bewertung 2007	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	unbefriedigend	schlecht	sehr gut	unbefriedigend	schlecht					
	CPUE Brütlinge 2013			0.11	0	0	0	0	0.98						
	Bewertung 2013			schlecht	schlecht	unbefriedigend	schlecht	schlecht	gut						
	CPUE Brütlinge 2014		0	0		0.1	0	0.06							
	Bewertung 2014		schlecht	schlecht		unbefriedigend	schlecht	schlecht							
F5	*Mindestsollwert*	*30*									*40*				
	JHE kg/ha 2007	5.4	1.2	4.6	1.8				14.2	12.8					
	Bewertung 2007	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht				unbefriedigend	unbefriedigend					
	JHE kg/ha 2013	15		16.2	5.1				25.6	72.6	42.5	30.3	47.2	35.8	40.2
	Bewertung 2013	unbefriedigend		unbefriedigend	schlecht				mässig	sehr gut	gut	mässig	gut	mässig	gut
	JHE kg/ha 2014	15		27					64	91					
	Bewertung 2014	unbefriedigend		mässig					sehr gut	sehr gut					

Tabelle A1.3: *Schwall/Sunk-Bewertung pro untersuchte Strecke in den Nebengewässern der Linth gemäss Vollzugshilfe zur Schwallsanierung (Baumann et al. 2012). Nebst den beobachteten Werten sind die Mindestsollwerte für die Erfüllung der Vorgaben (untere Grenze der Bewertungsklasse „gut“) angegeben. Die detaillierte Bewertungsmethodik ist in Anhang 7 der Vollzugshilfe zu finden.*

Indikator		Sernf			Bächibach		Löntsch		Mülibach/Tränki			
		S2	**S1**	**S0**	**B1**	**B2**	**LO1**	**LO2**	**M0**	**M1**	**M2**	**T1**
F1	*Mindestsollwert*	*5*			*5*		*5*	*5*	*5*			
	Anz. Punkte MSK 2007	7.0										
	Bewertung 2007	mässig										
	Anz. Punkte MSK 2013				6	8	4		2			7
	Bewertung 2013				mässig	mässig	gut		gut			mässig
	Anz. Punkte MSK 2014	6.0	8.0	8.0						2	2	
	Bewertung 2014	mässig	mässig	mässig						gut	gut	
F2	*Mindestsollwert*	*30%*			*30%*		*30%*	*30%*	*30%*			
	Trocken %					5%						
	Bewertung					gut		schlecht				
F3	*Mindestsollwert*	*60%*										
	Laichareale %											
	Bewertung											
F4	*Mindestsollwert*	*0.6*			*0.6*		*0.6*	*0.6*	*0.6*			
	CPUE Brütlinge2007	0.02										
	Bewertung 2007	schlecht										
	CPUE Brütlinge 2013											
	Bewertung 2013											
	CPUE Brütlinge 2014	0										
	Bewertung 2014	schlecht										
F5	*Mindestsollwert*	*30*			*40*		*40*		*40*			
	JHE kg/ha 2007	16.4										
	Bewertung 2007	unbefriedigend										
	JHE kg/ha 2013	22.97	25.09	30.42	34	26.2	45.1	10.8		66.2	77.2	
	Bewertung 2013	mässig	mässig	gut	mässig	unbefriedigend	gut	schlecht		sehr gut	sehr gut	
	JHE kg/ha 2014											
	Bewertung 2014											

ANHANG 2: Einsatz Brutboxen in Glarner-Linth 2012/2013, im Auftrag von WFN

Eingelegtes Eimaterial: BF-Eier 0.5 Tage nach Befruchtung, die Einsatzorte der Brutboxen wurden mit A. Kirchhofer vor Ort besprochen (exkl. Standort 4).

Standort 1: „Uschenriet“, Ennenda, rechte Flussseite

Einsatz zwei Brutboxen à 200 Eier: Fr. 23. Nov. 2012, 9.30 Uhr, Wassertemperatur 5°C, keine Wassertrübung.

Hebung der zwei Brutboxen: Fr. 22. März 2013, 15.00 Uhr, Wassertemperatur 7.5 °C, leichte Wassertrübung (verursacht durch Baustelle KW Weseta, im Sernf, Engi)

Befund: Brutboxen oben nicht mehr mit Kies bedeckt, jedoch noch am selben Ort. Brutboxen gefüllt mit gepresstem mittelkörnigem Sand, keine Brütlinge festgestellt, teilweise verfaulte Eier.

Wasserbaustelle ca. 100m oberhalb der Einsatzstelle, seit Ende Febr. 2013

Köcherfliegenlarven vorhanden.

Freigespülte Brutbox, vor Hebung	**„moderat“ gefüllte Brutbox**

Standort 2: „Sandschöpfi“, Schwanden, linke Flussseite

Einsatz zwei Brutboxen à 200 Eier: Fr. 23. Nov. 2012, 9.30 Uhr, Wassertemperatur 5°C, keine Wassertrübung.

Hebung der zwei Brutboxen: Fr. 22. März 2013, 14.00 Uhr, Wassertemperatur 7.5 °C, keine Wassertrübung.

Befund: Keine äusserliche Veränderung der Lage der Brutboxen festgestellt. Brutboxen gefüllt mit gepresstem mittelkörnigem Sand, in der Brutbox näher zum Ufer wurden ca. 10 – 20 lebende Brütlinge festgestellt, zweite Brutbox keine Brütlinge festgestellt, teilweise verfaulte Eier in beiden Brutboxen.

Keine Köcherfliegenlarven festgestellt.

Brutbox, frisch vergraben	**mit Sand vollgepresste Brutbox**

Standort 3: Restwasserstrecke unter dem Überlauf KW-Legler, Betschwanden, rechte Flussseite

Einsatz zwei Brutboxen à 200 Eier: Do. 6. Dez., 9.00 Uhr, keine Wassertrübung.

Hebungsversuch: Fr. 22. März 2013, 14.30 Uhr, Wassertemperatur 6.5 °C, keine Wassertrübung.

Die zwei Brutboxen waren nicht mehr auffindbar obwohl das Gebiet grossflächig mit dem “Kräuel“ durchkämmt wurde. Beim Dezemberhochwasser wurden durch den Überlauf des OW-Kanales grosse Wassermengen abgelassen, dadurch wurden die zwei Boxen vermutlich abgeschwemmt.

Keine Köcherfliegenlarven festgestellt, Wasserstand bei Hebung tiefer als bei dem Einsatz.

Verfaulte Eier in Brutbox	**Lebender Brütling aus Brutbox**

Standort 4: Linthal, oberhalb neuer FAH

Kein Einsatz der Brutboxen, Zugänglichkeit nicht möglich (Ufermauer, Wasserstand, Strömung, Schnee).

Standort Brutboxen März 2013	**Mündung Entlastungskanal oberhalb Einsatzort**

Einschätzung Wasserführung Linth Winter 2012/2013:

Gemäss meiner Einschätzung punkto Hochwasser, Trübung, Bautätigkeit als durchschnittliches Jahr oder als leicht darüber zu bezeichnen.

Netstal, 28.03.2013

FA. A. Zbinden

ANHANG 3: Indikatoren B1 – B4: Makrozoobenthos

Die Beurteilung des Ist-Zustandes des Makrozoobenthos in der Linth und ihren Nebengewässern basiert auf den Aufnahmen vom November 2012, April 2013 und März 2014 und ist in zwei separaten Berichten detailliert beschrieben:

Limnex 2013a. Untersuchungen zum Makrozoobenthos in der Linth und vier Nebengewässern 2012/2013. Im Auftrag des Kantons Glarus und der Kraftwerke Linth-Limmern.

Limnex 2014a. Ergänzende Untersuchungen zum Makrozoobenthos in der Linth und zwei Nebengewässern im Frühjahr 2014. Im Auftrag des Kantons Glarus.

Eine Zusammenfassung dazu findet sich in Kapitel 4 und in folgenden Tabellen:

Tabelle A3.1: *Bewertungszustand verschiedener Indices und deren Beurteilungskriterien. B1 bis B4 sind die von der Vollzugshilfe vorgeschlagenen Schwallindikatoren für das Makrozoobenthos.*

Indikator	B1	B2	B3	B4	weiter Indices	
Zustand	Anteil Soll-Biomasse	IBCH	LZI-Abweichung	EPT-Familien	Saprobitäts-Index	Diversitäts-Index
Sehr gut	> 80 %	17 - 20	< ± 0.25	> 12	< 1.0 - 1.79	> 3
Gut	61 bis 80 %	13 - 16	0.25 bis < ± 0.	8 - 12	1.80 - 2.3	2-3
Mässig	46 bis 60 %	9 - 12	0.5 bis < ± 0.7	5 - 7	2.31 - 2.7	1-2
Unbefriedigend	30 bis 45 %	5 - 8	: 0.75 bis < ± 1	2 - 4	2. 71 - 3.2	
Schlecht	< 30 %	0 - 4	> 1	< 2	3.21 - 3.5	<1

Beurteilung Ökomorphologie

0-1	natürlich/naturnah
2-5	wenig beeinträchtigt
6-9	stark beeinträchtigt
10-12	naturfremd/künstlich

Beurteilung Äusserer Aspekt

keine Beeinträchtigung
leichte Beeinträchtigung
mittlere Beeinträchtigung
starke Beeinträchtigung

Tabelle A3.2: *Übersicht die Beurteilung der Ergebnisse aus der Vorstudie und aus den Makrozoobenthos Aufnahmen im November 2012, April 2013 und März 2014 in der Linth.*

Stelle	Stellenbezeichnung	Untersuchugen 2006/ 2007 (vgl. Vorstudie Limnex und WFN 2012)				Untersuchungen November 2012							Untersuchungen April 2013							Untersuchungen März 2014						
		Schwall-Indikatoren Makrozoobenthos				Schwall-Indikatoren Makrozoobenthos				weitere Indices Makro-zoobenthos			Schwall-Indikatoren Makrozoobenthos				weitere Indices Makro-zoobenthos			Schwall-Indikatoren Makrozoobenthos				weitere Indices Makro-zoobenthos		
		B1: Biomasse	B2: IBCH	B3: LZI	B4: EPT-Familien	B1: % an Sollbiomass	B2: IBCH	B3: LZI (Differenz)	B4: EPT-Familien	Anzahl Taxa	Diversitäts-Index	Saprobitäts-Index	B1: % an Sollbiomass	B2: IBCH	B3: LZI (Differenz)	B4: EPT-Familien	Anzahl Taxa	Diversitäts-Index	Saprobitäts-Index	B1: % an Sollbiomass e	B2: IBCH	B3: LZI (Differenz)	B4: EPT-Familien	Anzahl Taxa	Diversitäts-Index	Saprobitäts-Index
L1	Fätschli, Linthal					20	12	-0.14	8	18	3.4	1.1	57	7	-0.51	4	9	0.9	1.2	32	12	-0.3	8	15	2.7	1.2
L3	oberhalb Brücke Rüti					39	13	-0.02	8	19	2.0	1.5	97	11	-0.28	5	11	1.8	1.3	100	12	0.0	9	18	3.1	1.4
L4	Restwasser KW Hiag, Betschwanden												11	6	-0.39	5	7	2.0	1.2							
L8	Wyden Schwanden					34	14	0.33	10	23	3.3	1.2	98	12	-0.32	7	14	2.6	1.2	310	13	-0.2	9	23	3.0	1.2
L9	Uschenriet Mitlödi / Ennenda					24	13	-0.30	9	23	2.9	1.1	305	10	-0.44	7	12	1.8	1.3	252	14	0.2	10	24	3.2	1.6
L10	Restwasser KW Dorfbach Ennenda												231	12	-0.43	7	16	2.0	1.2							
L11	Oberhalb Löntsch Zufluss												108	9	-0.23	5	11	2.8	1.4							
L12	Unterhalb Löntsch vor KW Linthkraft												183	10	-0.15	7	18	2.4	1.4							
L13	Restwasser KW Linthkraft												244	9	-0.49	6	10	1.3	1.2							
L14	Nach KW Linthkraft, Militärflugplatz												115	10	-0.38	6	17	2.4	1.3							

Tabelle A3.3: *Übersicht die Beurteilung der Ergebnisse aus den Makrozoobenthos Aufnahmen im April 2013 und März 2014 in den Nebengewässern der Linth: Sernf, Bächibach, Löntsch, Mühlibach und Tränki.*

			Untersuchungen April 2013							Untersuchungen März 2014						
			Schwall-Indikatoren Makrozoobenthos				weitere Indices Makro-zoobenthos			Schwall-Indikatoren Makrozoobenthos				weitere Indices Makro-zoobenthos		
Gewässer	**Stelle**	**Stellenbezeichnung**	**B1: % an Sollbiomass**	**B2: IBCH**	**B3: LZI (Differenz)**	**B4: EPT-Familien**	**Anzahl Taxa**	**Diversitäts-Index**	**Saprobitäts-Index**	**B1: % an Sollbiomass e**	**B2: IBCH**	**B3: LZI (Differenz)**	**B4: EPT-Familien**	**Anzahl Taxa**	**Diversitäts-Index**	**Saprobitäts-Index**
Sernf	S2*	Restwasser Soolsteg	159	11	0.10	7	19									
	S1*	Restwasser oberhalb KW Schwanden	240	13	0.20	9	25									
	S0*	Unterhalb KW Schwanden	404	14	0.00	8	21									
Bächibach	B1	Oberhalb Rückgabe	196	13	0.17[-]	7	17	2.4	1.2							
	B2	Unterhalb Rückgabe	78	12	0.11[-]	8	16[-]	2.3[-]	1.2							
Löntsch	LO1	Oberhalb Rückgabe	166	13	0.00	9	17	1.8	1.4	250	12[+]	0.14	12	32	2.6	1.6
	LO2	Unterhalb Rückgabe	106	11	-0.54	7	15	2.6	1.3	62[+]	11	0.14	7	20	2.3	1.5
Mülibach	M1	Oberhalb Einleitung Tränki	352	12	-0.31	9	21	1.1	1.6							
	M2	Unterhalb Einleitung Tränki	500	12	-0.31	8	22	1.4	1.6							
Tränki	T1	UnterhalbZentrale Risi								609	14	0.12	11	23	2.07	1.5

[+] Indikator nicht nach Vollzugshilfe, sondern nach Expertenmeinung bewertet (vgl. Limnex 2014a)
[-] Aufgrund von Nachbestimmungen einzelner Eintagsfliegen ergaben sich Änderungen der Indices gegenüber dem Zwischenbericht
* Untersuchungen wurden von WFN durchgeführt (vgl. Limnex 2013)

ANHANG 4: Innere Kolmation

Vorgehen:

Die innere Kolmation wurde anhand von vier verschiedenen Methoden bewertet. Auf diese Weise wurde die Kolmation nicht nur anhand der Schwebstofffracht abgeschätzt (wie von der Vollzugshilfe vorgeschlagen), sondern auch in den betroffenen Gewässerabschnitten erhoben. Die verwendeten Methoden sind:

- *Innere Kolmation nach Vollzugshilfe:* Die innere Kolmation wird anhand der Schwebstoffkonzentration (gesamte ungelöste Stoffe) während des Schwalls bewertet. Zur Bewertung wurde hier die maximale Konzentration beim Schwallanstieg verwendet. Anhand einer Korrelation zwischen der Schwebstoffkonzentration und der inneren Kolmation, wird die Kolmation abgeschätzt und bewertet (Baumann et al. 2012).

- *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 hier 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 Enfernung von Steinen aus dem benetzten Bereich des Bachbetts (Abpflästerung). Bewertung in 4-Stufiger Skala: 1 = Steine können ohne Widerstand entfernt werden, 4 = Steine können nicht ohne Hilfsmittel entfern werden.

Diese vier Indikatoren können je nach Gewässer zu unterschiedlichen Bewertungen der inneren Kolmation führen. Aus diesem Grund wurden die Bewertungen dieser vier Parameter (sofern vorhanden) zu einem einzigen Wert aggregiert. Dafür wurde aus den vier Bewertungen das gewichtete Mittel gebildet, um die Kolmation nach MSK Äusserer Aspekt, welche nur vier anstatt fünf Klassen besitzt, gleich stark zu berücksichtigen, wie die anderen drei Indikatoren.

An der Linth, wurden jeweils die Kolmationswerte der am schlechtesten bewerteten Stelle zwischen Linthal und Schwanden verwendet (worst case).

Tabelle A4.1: *Übersicht die Beurteilung der inneren Kolmation im November 2012, April 2013 und März 2014 in der Linth und den Nebengewässern: Sernf, Bächibach, Löntsch, Mühlibach und Tränki. Die innere Kolmation wurde auf vier verschiedene Arten bewertet und zu einem Wert aggregiert. In der Linth wurden die Werte der am schlechtesten bewerteten Stelle (Linthal-Schwanden) verwendet (worst case)*

	Linth		Sernf	Bächibach		Löntsch		Mülibach	Tränki
Untersuchungsjahr	**2012**	**2013**	**2012**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**
Schwebstoffkonzentration [mg/l]	21.1	-	-	-	13.1	-	11.1	-	-
Innere Kolmation nach MSK	3	2	2	1	-	2	2	1	3
Innere Kolmation nach Schälchli	4.5	3	3	-	-	-	-	-	3
Innere Kolmation nach Strohmeier	3	2	2	2	-	4	1.5	3.5	2
Innere Kolmation Aggregiert	3.8	2.5	2.5	1.6		3.3	2.3	2.4	2.9

Innere Kolmation

Vollzugshilfe	MSK	Schälchli	Strohmeier	Kolmation aggregiert	
0-2	keine	1	1	1-1.9	*sehr gut*
3-5	leicht	2	2	2-2.9	*gut*
6-8	mittel	3	3	3-3.9	*mässig*
9-11	stark	4	4	4-4.5	*unbefriedigend*
12-14		5	5	4.5-5	*schlecht*

ANHANG 5: Temperatur

Der Temperatur-Indikator wurde mit der Berechnungshilfe des Moduls Temperatur (Dübendorfer et al. 2011) berechnet. Die Resultate mit den einzelnen Parametern sind in Tabelle A4.1 zusammengefasst. Da anlässlich der starken Hochwassern 2006 ein Teil der Temperaturlogger an einzelnen Messstellen verloren gingen, sind die Daten z.T. lückenhaft (vgl. WFN 2007).

Bewertungskriterien gemäss Vollzugshilfe:

Bewertung	Zustand	Temperaturänderungsrate [°C/h]
	sehr gut	≤ 1.25°C/h
	gut	1.25°C/h < TR ≤ 2.5°C/h
	mässig	2.5°C/h < TR ≤ 3.75°C/h
	unbefriedigend	3.75°C/h < TR ≤ 5°C/h
	schlecht	TR > 5°C/h

Korrekturfaktoren

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

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

Tabelle A4.1: *Berechnungsgrundlagen und Resultate der Temperaturanalysen für die verschiedenen Messstellen. Zusammenfassung der Bewertung des Kurzzeit-Ansatzes rechts.*

MSK Temp1 Kurzzeit | **Zusammenfassung Bewertung Kurzzeit-Ansätze**

Messreihe				Berechnete Parameter			
Messstellen-Nr:	**L1 - 2005-06**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Fätschli (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	0.2
Erster Tag Auswertungsreihe:	24.11.05	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	0
Letzter Tag Auswertungsreihe:	03.03.06	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	0.22
Anzahl Auswertungstage [d]:	100	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	1
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				1	0	sehr gut	
Messstellen-Nr:	**L2 2012-13**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Spinnerei Linthal (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	2.4
Erster Tag Auswertungsreihe:	22.10.12	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	1.68
Letzter Tag Auswertungsreihe:	19.10.13	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	1.95
Anzahl Auswertungstage [d]:	363	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	4
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				2	0	gut	
Messstellen-Nr:	**L4 - 2005-06**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth RW Legler (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	0.2
Erster Tag Auswertungsreihe:	05.11.05	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	0
Letzter Tag Auswertungsreihe:	03.03.06	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	0.18
Anzahl Auswertungstage [d]:	119	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	1
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				1	0	sehr gut	
Messstellen-Nr:	**L4 - 2006-07**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth RW Legler (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	0
Erster Tag Auswertungsreihe:	22.07.06	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	5.1
Letzter Tag Auswertungsreihe:	04.05.07	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	3.94
Anzahl Auswertungstage [d]:	285	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	9
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				1	1	sehr gut	
Messstellen-Nr:	**L8 - 2012-14**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Schwanden-Wyden (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	2.4
Erster Tag Auswertungsreihe:	22.10.12	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	2.9
Letzter Tag Auswertungsreihe:	19.10.13	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	2.28
Anzahl Auswertungstage [d]:	363	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	4
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				2	0	gut	
Messstellen-Nr:	**L8 - 2012-14**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Schwanden-Wyden (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	9.6
Erster Tag Auswertungsreihe:	20.01.00	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	3.9
Letzter Tag Auswertungsreihe:	14.03.14	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	3.23
Anzahl Auswertungstage [d]:	146	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	6
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				5	0	sehr schlecht	
Messstellen-Nr:	**L9 - 2005-06**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Schwanden-Mitlödi (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	8
Erster Tag Auswertungsreihe:	04.11.05	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	6.9
Letzter Tag Auswertungsreihe:	04.03.06	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	3.61
Anzahl Auswertungstage [d]:	121	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	9
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				5	1	sehr schlecht	
Messstellen-Nr:	**L9 - 2006-07**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Schwanden-Mitlödi (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	0
Erster Tag Auswertungsreihe:	17.12.06	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	4.2
Letzter Tag Auswertungsreihe:	04.05.07	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	4.06
Anzahl Auswertungstage [d]:	138	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	10
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				1	1	gut	
Messstellen-Nr:	**2372**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth Mollis (BAFU)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	3
Erster Tag Auswertungsreihe:	01.10.05	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	3.1
Letzter Tag Auswertungsreihe:	31.12.06	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	2.57
Anzahl Auswertungstage [d]:	458	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	5
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				3	0	mässig	
Messreihe				Berechnete Parameter			
Messstellen-Nr:	**2372**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Linth-Mollis (BAFU)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	1.8
Erster Tag Auswertungsreihe:	01.01.06	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	3.4
Letzter Tag Auswertungsreihe:	31.12.10	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	2.422782
Anzahl Auswertungstage [d]:	1826			Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	5
				Klassierung Schwall-/Sunk			
				Grund- bewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				2	0	gut	
Messstellen-Nr:	**S1 2005-06**						
Messstellen-Bezeichnung:	**Sernf Soolsteg (WFN)**			Temperaturänderungsrate Schwall/Sunk [°C/h]		TRSchwall/Sunk	0.2
Erster Tag Auswertungsreihe:	23.11.05	Gewässertyp:	MRk	Temperaturamplitude Schwall/Sunk [°C]		TASchwall/Sunk	0
Letzter Tag Auswertungsreihe:	03.03.06	Referenz-Temperaturamplitude TARef:	4.1	Anzahl Temperaturpeaks (Mittelwert) [-]		PM	0.04
Anzahl Auswertungstage [d]:	101	Achtung, Messreihe mit Lücken oder <5 Jahre!		Anzahl Temperaturpeaks (95%-Quantil) [-]		P95	0
				Klassierung Schwall/Sunk			
				Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	
				1	0	sehr gut	

ANHANG 6: Schwallversuche

Limnex 2012: Linth KLL Schwallmonitoring 2.5 – 20 m3/s vom 13.12.2012. Provisorische Einschätzung. Im Auftrag des Kantons Glarus.

Limnex 2014b: Schwallmonitoring am Löntsch und am Bächibach 01.04.2014. Im Auftrag des Kantons Glarus.

ANHANG 7: Vorstudie zu Schwall/Sunk

Limnex und WFN 2012. Schwallsanierung GschG Artikel 39a. Vorarbeiten und Pflichtenheft für die strategische Planung des Kantons Glarus. 37 S. und Anhang

ANHANG 8: Wasserqualität anhand Kieselalgen

AquaPlus 2002. Kieselalgenflora und Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität an 33 Fliessgewässerstellen des Kanton Glarus. Amt für Umweltschutz des Kanton Glarus (AFU). 32 S.

ANHANG 9: Karten der Probestellen und Ökomorphologie

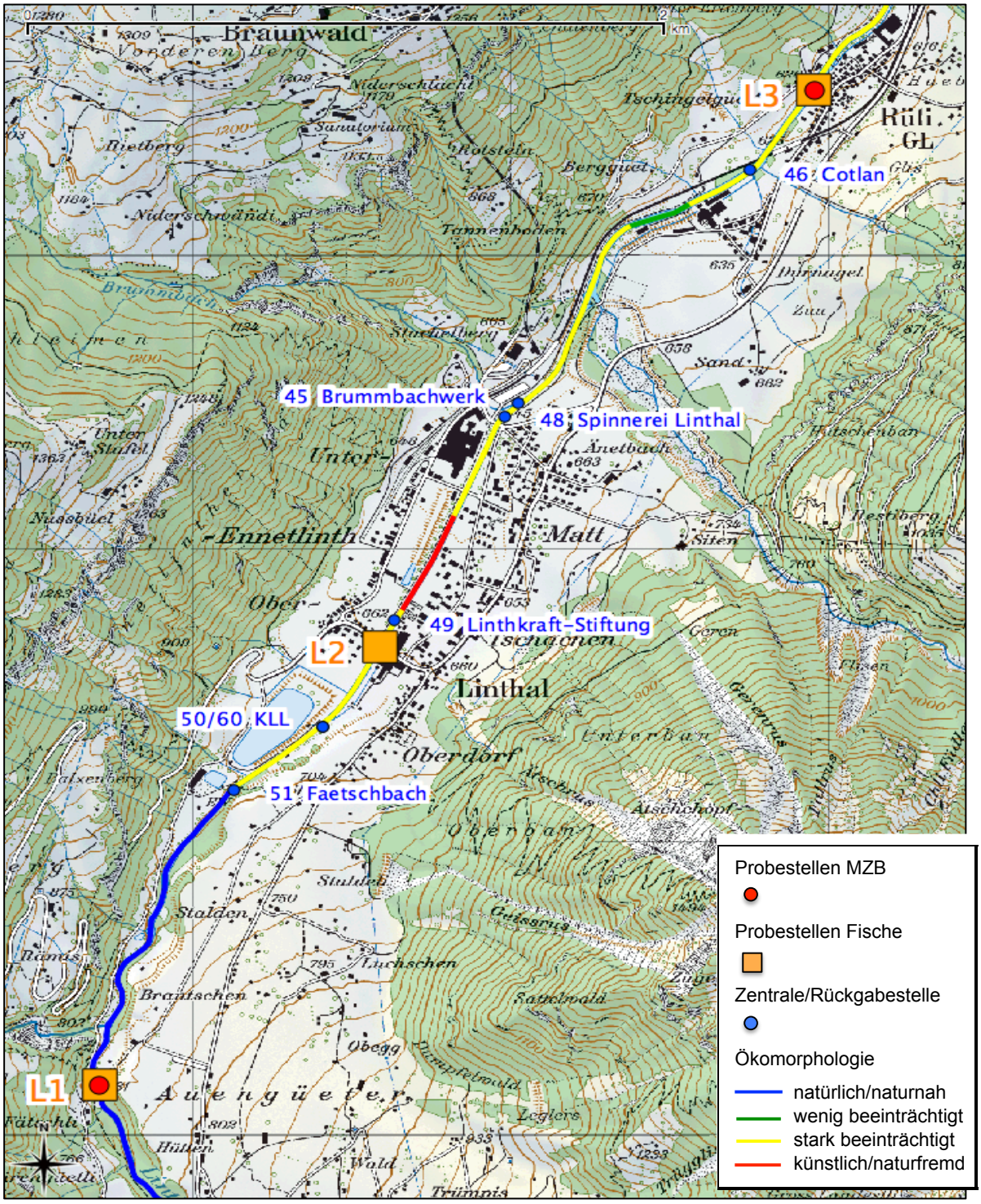


Abbildung A9.1: Probestellen für Fische und Makrozoobenthos in der Linth von Fätschli bis Rüti und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

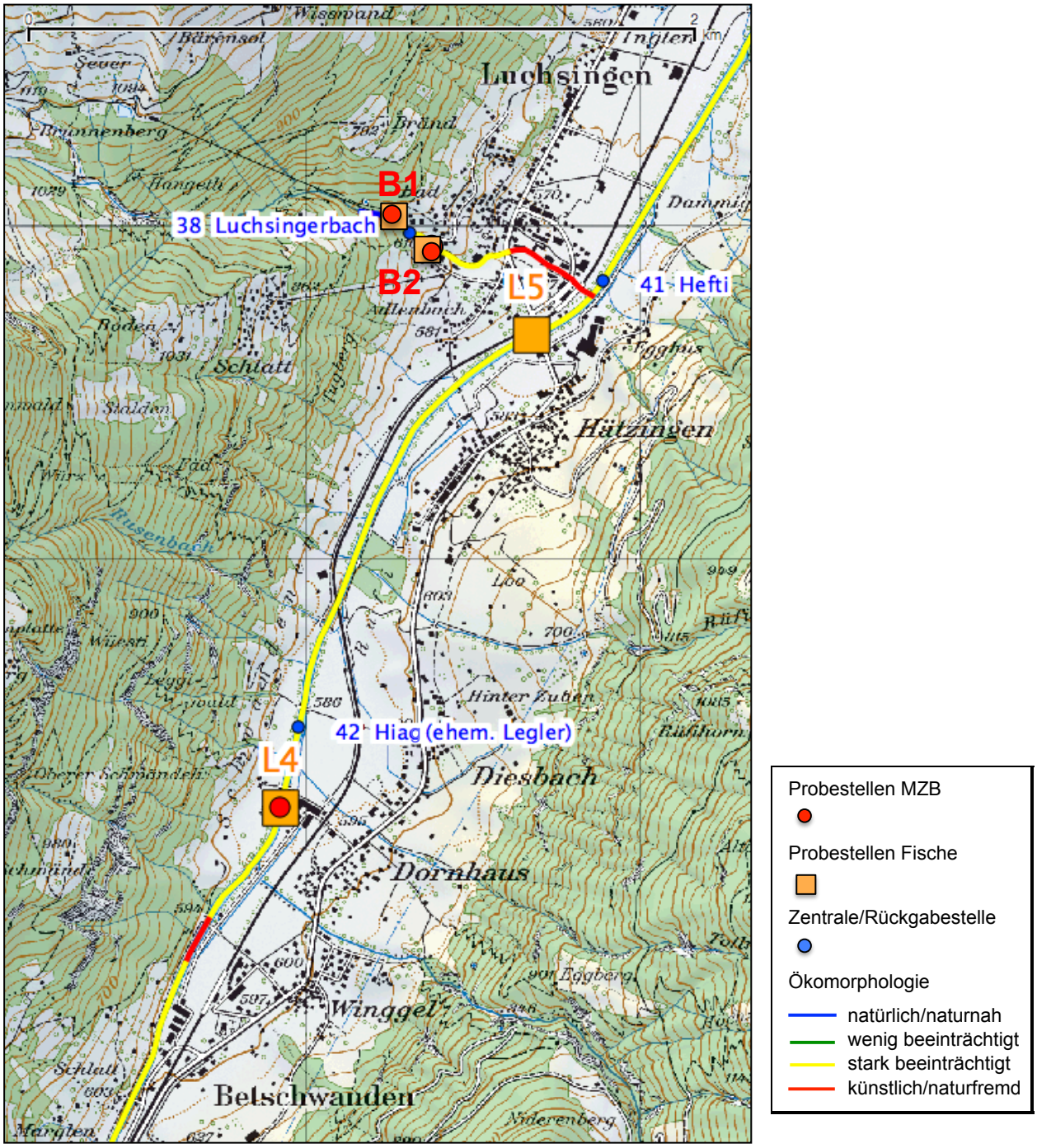


Abbildung A9.2: Probestellen 2013 für Fische und Makrozoobenthos in der Linth und im Bächibach von Betschwanden bis Luchsingen und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

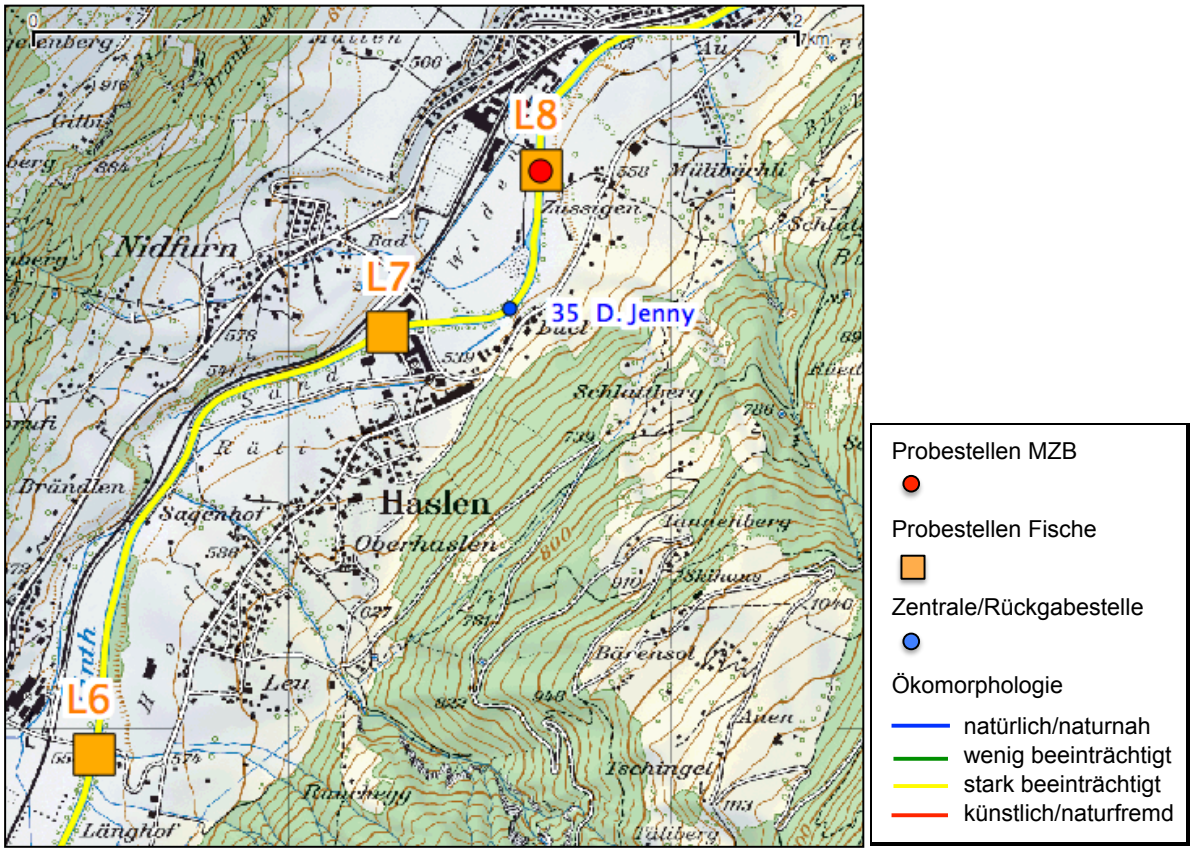


Abbildung A9.3: Probestellen 2013 für Fische und Makrozoobenthos in der Linth bei Haslen und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

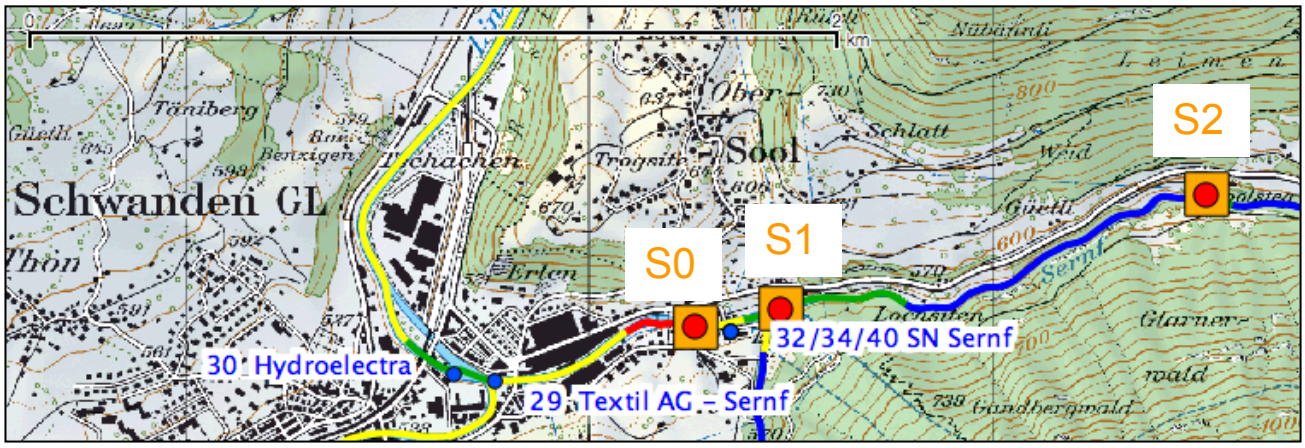


Abbildung A9.4: Probestellen für Fische und Makrozoobenthos im Sernf bei Schwanden und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

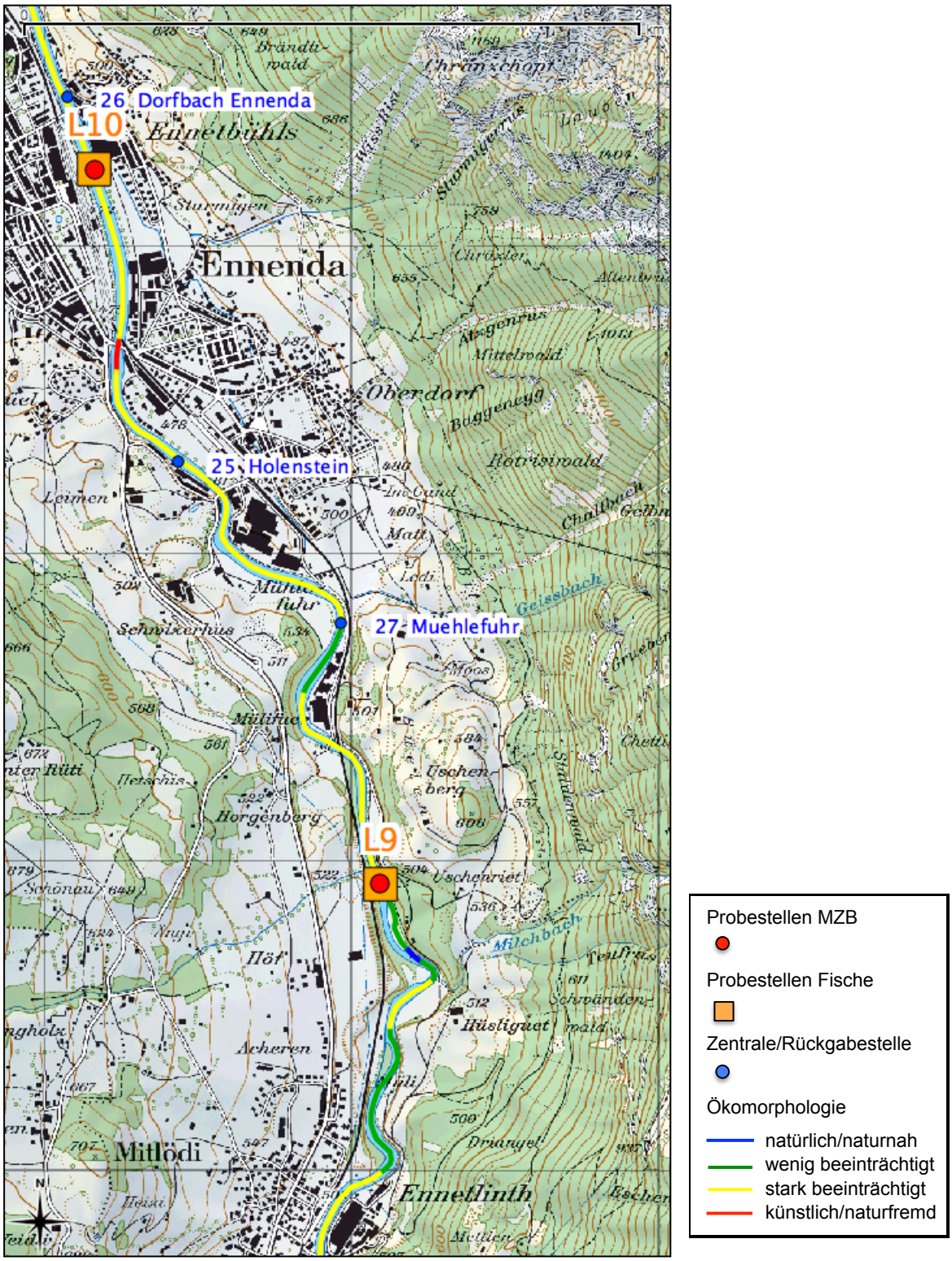


Abbildung A9.5: Probestellen für Fische und Makrozoobenthos in der Linth von Mitlödi bis Ennenda und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

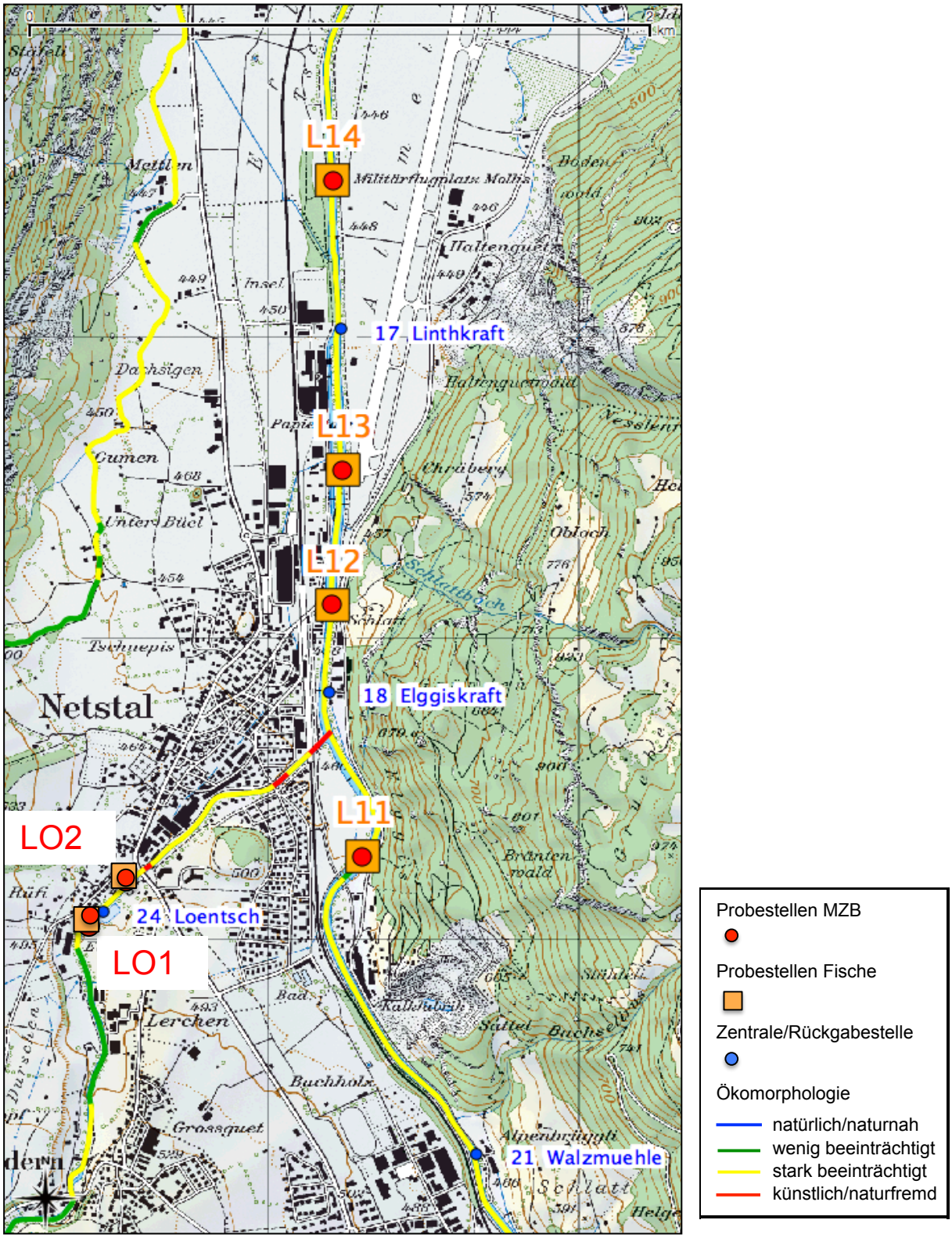


Abbildung A9.6: Probestellen für Fische und Makrozoobenthos in der Linth und im Löntsch bei Nestal und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

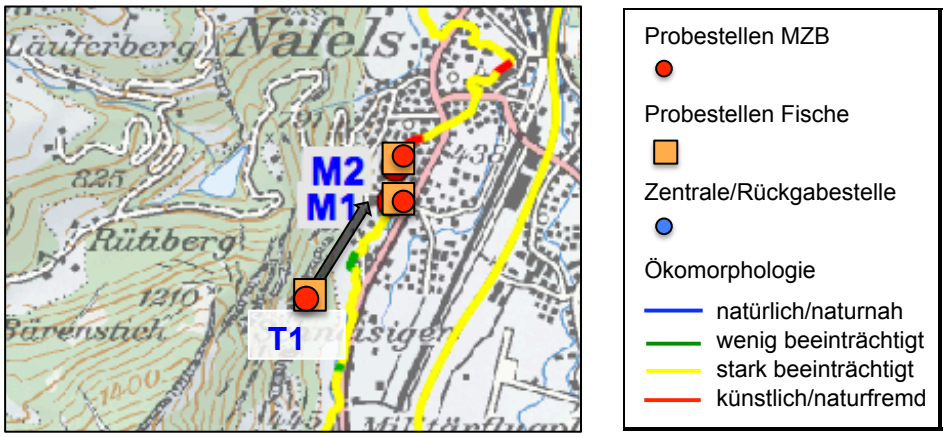


Abbildung A9.7: Probestellen für Fische und Makrozoobenthos im Mühlibach und der Tränki und Ökomorphologie des Gewässerabschnitts (Kartengrundlage: Bundesamt für Landestopografie).

ANHANG 10: Berechnungsmethodik Schwall/Sunk-Verhältnis ($V_{S/S}$)

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 Schwalls wurden Betriebsdaten der Zentralen und Angaben des Kantons zu natürlichen Abflüssen verwendet. Für die Speicherkraftwerke wurde mit Ausnahme der KLL grundsätzlich die empfohlene Berechnungsmethode nach Pfaundler et al. (2011) gewählt:

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

Wobei $Q_{Turbine}$ der maximalen turbinierbaren Wassermenge in m^3/s oder l/s entspricht und Q_{Rest} die Restwassermenge oberhalb der Wasserrückgabe (Summe aller Dotierwassermengen gemäss Konzessionen im Einzugsgebiet und Niederwasserabfluss Q_{347} des Zwischeneinzugsgebiets im Referenzzustand). Bei der KLL beträgt der mit der neuen Konzession garantierte Sunk 2.5 m^3/s. Er setzt sich allerdings aus verschiedenen Komponenten zusammen.

Der Sunkabfluss entspricht demjenigen Abfluss, der sich aus der Restwasserdotation und dem natürlichen Niederwasserabfluss des Zwischeneinzugsgebietes ergibt.

$$Q_{Sunk} = Q_{Rest}$$

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

Alle benötigten Daten zur Ausbauwassermenge, dem Betriebssunk (Dotierung) und dem natürlichen Niederwasserabfluss des Zwischeneinzugsgebietes im Gewässer (natürliches Q_{347}) wurden vom Kanton Glarus zur Verfügung gestellt und beziehen sich auf den **Ist-Zustand**. Einzig der Sunk im Gewässer (nat. Q_{347}) bei den Kraftwerken Fätschbach und Linth-Limmern wurde aus Abflussdaten der Jahre 1920-1925 (vor dem Bau der KLL) berechnet (NOK 2006). Gegenüber der Vorstudie wurden die Werte des natürlichen Q_{347} angepasst. Das aus Betriebsdaten berechnete $V_{S/S}$ ist in den Tabellen 2 (Speicherkraftwerke) dargestellt.