

Gemeinden
Steffisburg, Fahrni

Oberingenieurkreis I
Tiefbauamt
des Kantons Bern

Beilage 3.2

Gewässer	Zulg	Gewässer-Nr.	548
Gemeinden	Steffisburg, Fahrni	Projekt-Nr.	1143
Erfüllungspflichtiger	Gemeinde Steffisburg		
Projekt vom	10. Oktober 2015		
Revidiert			

Unterlage

Technischer Bericht

Hochwasserschutz und Längsvernetzung Zulg

Projektverfasser



Herzog Ingenieure AG

Wasserbau Tiefbau Grundbau

Seestrasse 2
3600 Thun

Tel. 0848 415 000

buero@herzog-ingenieure.ch
www.herzog-ingenieure.ch

Hochwasserschutz und Längsvernetzung Zulg

Technischer Bericht

Auftraggeber

Gemeinde Steffisburg
Abt. Tiefbau und Umwelt

Verfasser

Herzog Ingenieure AG, Seestrasse 2, 3600 Thun
Tel. 0848 415 000, buero@herzog-ingenieure.ch

Datum des Berichtes

15.01.2020

Version

4.0

Auflagedossier

Dateiname

b-1143-4-TB_Auflage_gm14012020.docx



INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG	7
2. ANLASS UND AUFTRAG	8
2.1. Perimeter	8
2.2. Zustand des Gewässers und Defizite	8
2.3. Planverfahren	9
2.4. Projektorganisation	9
2.5. Partizipation	9
2.6. Termine	10
3. SITUATION	11
3.1. Nutzungen	11
3.2. Einzugsgebiet	13
3.3. Geologie	14
3.4. Ereigniskataster	14
3.5. Hydrologie	16
3.6. Geschiebehaushalt	17
3.7. Schwemmholtz und Verklausungswahrscheinlichkeiten	18
3.8. Hydraulik	22
3.9. Brücken	23
3.10. Bestehende Schutzbauten	26
3.11. Aktuelle Gefährdung	28
4. ZIELE	33
4.1. Schutzziele	33
4.2. Ökonomische Ziele	33
4.3. Ökologische Ziele	33
4.4. Raumplanerische Ziele	34
5. GEPRÜFTE VARIANTEN	35
5.1. Längsvernetzung Müllerschwelle	35
5.2. Ufererhöhung Werkhof bis Post	38
5.3. Entnahme Mühlbach	38
5.4. Überlastlenkung	39
6. MASSNAHMEN	41
6.1. Unterhalt	41
6.2. Raumplanerische Massnahmen	41
6.3. Holzurückhalt	41
6.4. Anhebung des Gummsteges	46



6.5.	Absenkung der Müllerschwelle	47
6.6.	Abschnitt Müllerschwelle bis Dorfbrücke	48
6.7.	Abschnitt Dorfbrücke bis Bernstrasse	52
6.8.	Neue Zuleitung Mühlibach / Umbau Sandfang	52
6.9.	Verlegung Abflussmessstelle AWA	53
6.10.	Überlastfall und Notfallplanung	54
7.	UMWELT	56
7.1.	UVB-Pflicht	56
7.2.	Rodungen	56
8.	KOSTEN UND FINANZIERUNG	58
8.1.	Grundlagen und Annahmen	58
8.2.	Kosten	59
8.3.	Wirtschaftlichkeit	60
8.4.	Kostenträger und Finanzierung	63
9.	AUSWIRKUNGEN DES PROJEKTES	65
9.1.	Gefahrenkarte nach Massnahmen	65
9.2.	Landerwerb	67
9.3.	Betroffene Anlagen der Gemeinde und Dritter	67
10.	BAUAUSFÜHRUNG	69
10.1.	Etappierung und Termine	69
10.2.	Logistik und Installationen	69
10.3.	Bauvorgang	70
10.4.	Baugrund	70
10.5.	Materialbewirtschaftung	71
10.6.	Qualität	72

BEILAGEN

- [A] Modellversuche Holzrückhalt Zulg, Technischer Bericht, Institut für Bau und Umwelt (IBU), Rapperswil, Juni 2017 (digital auf www.steffisburg.ch oder der Gemeinde Steffisburg beziehbar)
- [B] Schwemmholz Zulg, Untersuchungen zum Schwemmholzaufkommen in der Zulg und deren Seitenbächen, Hunziker Gefahrenmanagement, Kerzers, Januar 2017 (digital auf www.steffisburg.ch oder der Gemeinde Steffisburg beziehbar)
- [C] Betriebs- und Unterhaltskonzept Holzrechen. Siehe Dossierbeilage Nr. 3.8



GRUNDLAGEN

- [1] Vorprojekt Längsvernetzung Zulg, Herzog Ingenieure AG, Gümligen, 2004
- [2] Längsvernetzung Zulg, Hydrologische und geschiebetechnische Grundlagen-Geschiebetransportmodell, Schälchli, Abegg + Hunzinger, 26.4.2004, Bern
- [3] Zustandsaufnahme Uferverbauungen, Gemeinde Steffisburg, Bauamt, 2012
- [4] 'Dank dem Gewerbeleiss früherer Jahrhunderte', Band 1, Inauguraldissertation Universität Bern, Georg Frank, 2000
- [5] HADES, Hydrologischer Atlas der Schweiz, Landeshydrologie und-geologie 1992, Stand 2005
- [6] Projekt für die Zulgkorrektur, Detailzeichnungen der neuen Müllerschwellen, Direktion der Bauten und Eisenbahnen des Kantons Bern, 26.6.1909
- [7] Verbauung der Zulg, km 2.900 – 2.925 Sanierung der Hauptsperre, Situation und Schnitte, OIK I, 1982
- [8] Zonenplan der Gemeinde Steffisburg, genehmigt 9. Oktober 2008, teilrevidiert, Stand 1. März 2013
- [9] Digitaler Leitungskataster Wasser- und Abwasserleitungen, Bühler + Dällenbach Ingenieure AG, Steffisburg, August 2013
- [10] Hochwasser vom 4. Juli 2012 in der Zulg, Ereignisanalyse, Flussbau AG, Bern, 18.12.2013
- [11] Defizitanalyse Hochwasserschutz und Ökologie Bösbach, Dorfbach und Zulg, Technischer Bericht, Flussbau AG, Bern, Juni 2011
- [12] Revitalisierung eines Gebirgsflusses, Analyse des Vorprojektes zur Revitalisierung der Zulg in den Gemeinden Steffisburg und Heimberg, Seminararbeit im Rahmen des Hydrologischen Seminars zum Thema 'Wasserwirtschaft', Simon Bach und Manuel Berger, Universität Bern
- [13] Defizitanalyse Hochwasserschutz und Ökologie Bösbach, Dorfbach und Zulg, Massnahmenkatalog, Flussbau AG, Bern, Juni 2011
- [14] Gefahrenkarte Steffisburg, Flussbau AG / geo7, Bern, April 2009
- [15] Hochaufösendes Laserscan-DTM (LIDAR), Firma Swissphoto, Flugdatum 13.05.13
- [16] Terrestrische Aufnahmen Müllerschwellen und Bereich Werkhof, Bühler + Dällenbach AG, September 2015
- [17] Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Kommission für Hochwasserschutz, Empfehlungen zum Freibord, Stand Januar 2013
- [18] Mündliche Auskunft Bauamt Steffisburg
- [19] Telefonische Auskünfte AWA, Frau Gysin / Herr Bonalumi, 15. August 2013
- [20] Burgerspiegel Nr. 2/2013, Bürgergemeinde Steffisburg
- [21] DWA, Fischauftiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung - Entwurf Februar 2010
- [22] Vorprojekt Hochwasserschutz Zulg, Herzog Ingenieure AG, Gümligen, 2014



- [23] Vorstudie HWS-Massnahmen Bereich Gde.-Haus / Werkhof, Bühler + Dällenbach AG, 4. März 2014
- [24] Bezzola Gian Reto, Lange Daniela: 'Schwemmholz', VAW-Mitteilung Nr. 188, ETH Zürich 2006
- [25] Rickli Christian, Hess Josef: Aspekte der Schwemmholzentstehung, Weiterbildungskurs KOHS, 2008
- [26] WSL: Schwemmholz des Hochwassers 2005, Birmensdorf, ohne Datum
- [27] Schwemmholzproblematik an der Matteschwelle in Bern, Hydraulische Modellversuche, VAW-Bericht Nr. 4248, ETH Zürich, Juni 2008
- [28] Schwemmholz Zulg, Untersuchungen zum Schwemmholzaufkommen in der Zulg und deren Seitenbächen, Hunziker Gefahrenmanagement, Kerzers, Januar 2017
- [29] Mündliche Auskünfte Energie Wasser Bern EWB, Hr. Wäfler, August 2015
- [30] Whittaker Jeffrey, Jäggi Martin: Blockschwellen, VAW-Mitteilung Nr. 91, ETH Zürich 1986
- [31] Beschluss des bernischen Regierungsrates über die Risikostrategie bei Naturgefahren, RRB vom 24. August 2005
- [32] Fachordner Wasserbau, Tiefbauamt des Kantons Bern, Januar 2010
- [33] HADES, Hydrologischer Atlas der Schweiz, Stand 2014
- [34] Bundesgesetz über den Wasserbau, Nr. 721.000, 21. Juni 1991
- [35] Wasserbaugesetz des Kantons Bern, Nr. 751.111, 14. Februar 2011 und zugehörige Verordnung
- [36] Baugesetz des Kantons Bern Nr. 721.0, vom 28. Januar 2009
- [37] Bezzola Gian Reto: Flussbau, Vorlesungsmanuskript der ETH Zürich, Fassung WS 205/2006
- [38] Normenwerke des sia und des VSS, Stand 2017
- [39] Sondagen in der Gerinnesohle, Bauamt Steffisburg, März 2015
- [40] Projekt 'Aarewasser', Technischer Plan A, Plan Nr. 5289.10-21201, Situation 1:2'000 und Plan Nr. 5289.10-23201 Längenprofil 1:5'000/100 sowie Plan Nr. 5289.10-24101 Querprofile, Projektverfasser:"aarewasser", Oktober 2009, QP und LP revidiert am 31. Mai 2012
- [41] Besprechung Studie Holzfrachten im Einzugsgebiet, Protokoll Nr. 1143-17_18.11.2016
- [42] Modellversuche Holzrückhalt Zulg, Technischer Bericht, Institut für Bau und Umwelt (IBU), Rapperswil, Juni 2017
- [43] Untersuchung Felsoberfläche Zulgboden, B-I-G AG, vom 9. Juli 2016
- [44] Berichte zur Vorprüfung der kantonalen Stellen + BAFU
- [45] DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509 - Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Mai 2014, 334 S.
- [46] Landerwerb für wasserbauliche Massnahmen im Kanton Bern. Erläuterungen zum Muster-Landerwerbsplan 18.10.2019



1. ZUSAMMENFASSUNG

Ausgangslage

Die Zulg, als wilder und stark geschiebe- und holzführender Gebirgsfluss aus dem Eriz kommend, durchfließt das Siedlungsgebiet von Steffisburg, bevor sie bei Heimberg in die Aare mündet. Das umfangreiche Schwemmholaufkommen wirkt sich bis in die Stadt Bern auf Hochwassersicherheit und Unterhaltskosten der Aare aus.

Seit vielen Jahrhunderten wird das Wasser der Zulg für das Gewerbe genutzt. Zu diesem Zwecke wurde die Zulgsohle mit der sogenannten 'Müllerschwelle' schon im Mittelalter um mehrere Meter angehoben und das Brauchwasser für Gewerbebetriebe in den Mühlibach ausgeleitet. Durch die Müllerschwelle liegt die Sohle der Zulg im oberen Teil der Siedlung deutlich höher als ursprünglich und das Abflussprofil ist für grosse Hochwasserabflüsse ungenügend. Ausserdem wird durch den hohen Absturz die Fischwanderung von der Aare her in den Oberlauf der Zulg unterbrochen.

Im Jahr 2009 wurde die Gefahrenkarte für die Gemeinde Steffisburg erstellt [14]. Diese bestätigte die bekannten Schutzdefizite ausgehend von der Zulg. Bereits im Jahr 2004 liess die Gemeinde Steffisburg, vertreten durch das Bauamt, eine Vorstudie zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und der ökologischen Längsvernetzung an der Zulg ausarbeiten. Im Jahr 2013 wurde dieses Vorprojekt überarbeitet und vertieft. Auf dieser Basis wurde Mitte März 2014 der Projektentscheid gefällt. Im Winter 2015/16 wurden die öffentliche Mitwirkung und die kantonale Vorprüfung durchgeführt. Seither wurde der Holzrechen im Modellversuch geprüft und definitiv ins Projekt aufgenommen.

Das Vorhaben umfasst folgende Massnahmen:

- Holzrechen
- Anhebung Gummsteg
- Absenkung Müllerschwelle und Sohlenabsenkung
- Ufererhöhung Werkhof / Post
- Fischereiliche Längsvernetzung Eisenbahnbrücke bis Zulgboden

Wegen der Absenkung der Müllerschwelle muss die Ausleitung in den Mühlibach neu erstellt werden.

Verfahren

Die Verbesserung der Längsvernetzung und des Hochwasserschutzes an der Zulg wird im Wasserbauplanverfahren nach dem bernischen Wasserbaugesetz aufgelegt. Die Erneuerung der Bewilligung für die Entnahme Mühlibach und damit auch die Bestimmung der künftigen Ausleitwassermengen werden in einem separaten Verfahren unabhängig vom WBP behandelt.

Kosten und Finanzierung

Der Kostenvoranschlag beläuft sich auf Fr. 13.85 Mio. inkl. Risiken und MwSt.

Rund 2.54 Mio. davon werden für die bauliche Längsvernetzung benötigt.

Es ist vorgesehen, das Projekt als Hochwasserschutzprojekt von Kanton und Bund subventionieren zu lassen. Der voraussichtliche Beitrag beträgt minimal 60%, maximal 80%. Die anrechenbaren Kosten setzen sich aus dem Hochwasserschutz und der Längsvernetzung zusammen.

2. ANLASS UND AUFTRAG

2.1. Perimeter

Der Projektperimeter umfasst die Zulg vom Gebiet 'Zulgboden' oberhalb der Siedlung bis zur Eisenbahnbrücke, inkl. aller potenziell betroffenen Überflutungsflächen und erstreckt sich über ca. 4.5 km.

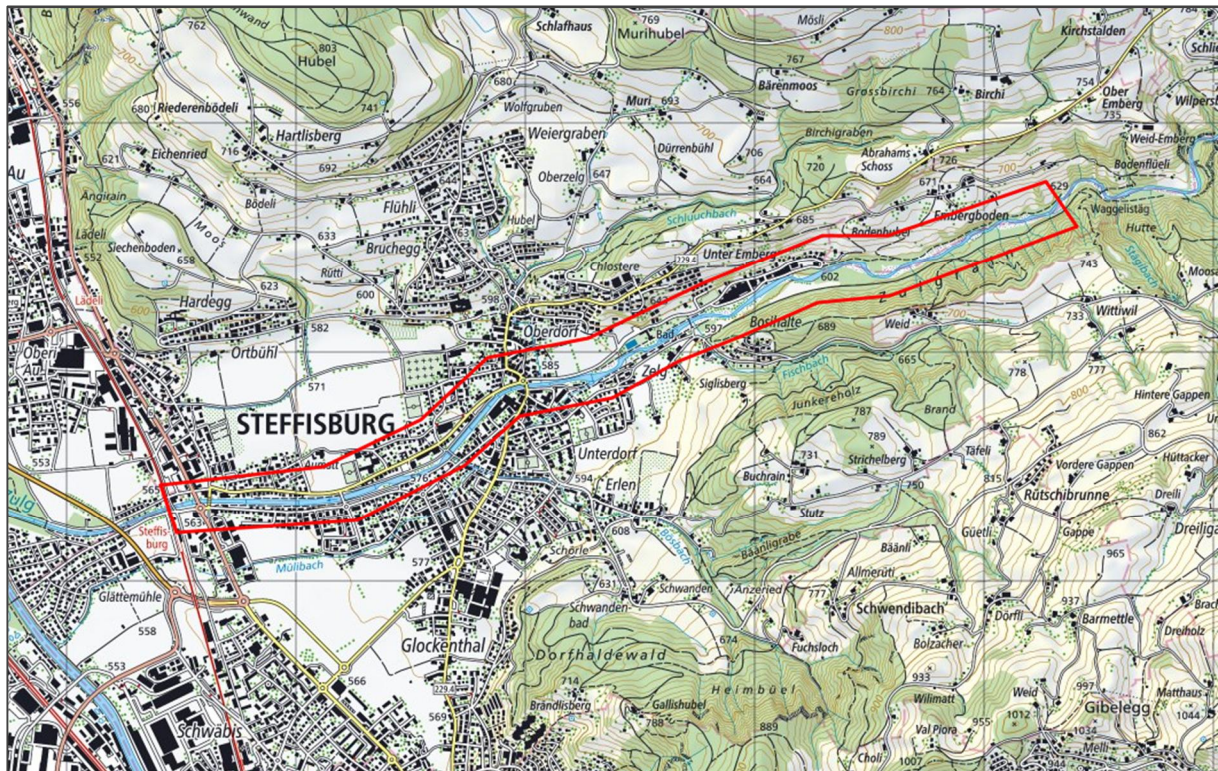


Abb. 1 PROJEKTPERIMETER, AUSSCHNITT AUS DER LK 1:25'000.

Gegenüber dem Vorprojekt wurde der Perimeter nach oben erweitert, einerseits weil für die Überlastbetrachtungen auch Ausuferungen oberstrom des Gummsteges untersucht werden müssen, andererseits für den Bau des Holzrechens.

Im Anschluss an die Vorprüfung wurde der Projektperimeter auch gegen unterstrom erweitert, von der Bernstrasse neu zur Eisenbahnbrücke. Dies nach Sistierung des Projektes 'Aarewasser' und in Absprache mit der Gemeinde Heimberg.

2.2. Zustand des Gewässers und Defizite

Die Zulg verläuft auf dem Gemeindegebiet von Steffisburg und Heimberg seit ca. 100 Jahren in einem befestigten Kanal mit gepflasterten Böschungen und mehreren Sohlschwellen aus Beton. Das Gerinne erfüllte die Anforderungen an den Hochwasserschutz über viele Jahre gut. Ein HQ₁₀₀ kann allerdings nicht schadlos abgeführt werden. Geschiebeablagerungen bei grösseren Hochwasserabflüssen oberstrom der Müllerschwelle verkleinern die Kapazität zusätzlich und führen zu wiederholten, kostenaufwändigen Baggerungen. In der geschlossenen Siedlung besteht ein erhebliches Schutzdefizit, wovon unter anderem auch die Gemeinde Heimberg stark betroffen ist.

Die Zulg stellt den wichtigsten Geschiebezubringer der Aare zwischen Thun und Bern dar. Die Kontinuität für den Geschiebetransport in der Zulg bei Steffisburg ist heute aber nicht gegeben. Das



aus dem oberen Einzugsgebiet transportierte Geschiebe lagert sich zum Teil oberhalb der Müllerschwelle ab. Dies erhöht das herrschende Geschiebedefizit in der Aare. Der Geschiebedurchgang in der Zulg muss verbessert werden.

Auch aus ökologischer Sicht ist der Zustand der Zulg heute eher unbefriedigend. Das Gerinne ist strukturarm und die Müllerschwelle – sowie auch die zahlreichen Sohlschwellen in Bezug auf kleinere Fischarten – verhindern den Fischeaufstieg. Im kanalisierten Gerinne fehlen Lebensräume und Laichplätze.

2.3. Planverfahren

Obwohl das vom Bauperimeter betroffene Grundeigentum grösstenteils bei der Gemeinde und dem Kanton liegt, ist die Betroffenheit der Bevölkerung durch die Umgestaltungen gross. Ein zweistufiges Verfahren und eine öffentliche Mitwirkung sind angemessen. Auch sind durch gewisse Projektteile (Umlegung Zufahrt, Neuordnung Parkplätze und Wanderweg und dergleichen) die Interessen Dritter betroffen. Das Projekt wird nach dem bernischen Wasserbauplanverfahren durchgeführt.

2.4. Projektorganisation

Bauherrschaft ist die Gemeinde Steffisburg als Wasserbaupflichtiger, vertreten durch die Abteilung Tiefbau / Umwelt. Das Bauprojekt wurde von einer kleinen Kerngruppe mit Vertretern von Bauherr, OIK I, FI und Planern entwickelt.

Tab. 1 Kerngruppe / Projektleitung

Aufgabe / Funktion	Firma / Behörde	Vertreter
Bauherrschaft	Gde. Steffisburg	Martin Deiss
Fachaufsicht, Leitbehörde	Oberingenieurkreis I	Roland Kimmerle
Kantonsstrassen / Amtsaufsicht	Strasseninspektorat Oberland Nord	Andreas Müller
Fischereiaufsicht	Fischereiinspektorat	Olivier Hartmann
Planer	Herzog Ingenieure AG	Beatrice Herzog, Armin Flütsch

2.5. Partizipation

Das Bauprojekt wurde im September 2015 einer erweiterten Begleitgruppe vorgestellt. Dieser Personenkreis war im März 2014 bereits über die Resultate des Vorprojektes informiert worden. Über die Änderungen nach der Vorprüfung wurde die Begleitgruppe an einer weiteren Sitzung im Mai 2018 orientiert.

Tab. 2 Begleitgruppe

Begleitgruppe		
Bauherrschaft	Gemeinderat Steffisburg	Marcel Schenk (Tiefbau, Umwelt) Hanspeter Hadorn (Hochbau, Planung) Hansjürg Müller (Sicherheit)
	Gemeinde Steffisburg, Leiter Werkhof	Andreas Wahli



Aufsicht Bund	Bundesamt für Umwelt	Adrian Schertenleib
Aufsicht Grundwasser, Wassernutzung	Amt für Wasser und Abfall	Judith Monney
Naturschutzaufsicht	Amt für Naturförderung	Fabian Meyer
Denkmalpflege	Amt für Kultur / Denkmalpflege	Anne-Marie Biland
Nutzer Mülibach	Verein Saagi am Mülibach	Stefan Schneeberger
Werkeigentümer	NetZulg AG	Christoph Betschart
Rodungen und Waldpflege	Amt für Wald (seit 2017)	Ronald Bill, Samuel Bendixen
Nutzniesser Holzrechen	Gemeinde Heimberg (seit 2017)	Gemeinderat

Für die vertieftere Projektierung des Holzrechens auch mittels Modellversuch wurde das Kantonale Amt für Wald KAWA in die Begleitgruppe miteinbezogen. Genauso wie die Gemeinde Heimberg als potenzieller Nutzniesser des Holzurückhalts. In Bezug auf Dimensionierung, Wirkung und Ausgestaltung des Holzrechens wurden ausserdem Kontakte mit der Energie Wasser Bern (EWB) als Betreiber des Mattewehrs und dem OIK II installiert.

Im Rahmen der Vorprüfung wurden alle betroffenen kantonalen Fachbehörden durch die Leitbehörde begrüsst. Parallel dazu wurde ab Januar 2016 die öffentliche Mitwirkung durchgeführt.

Es fand eine öffentliche Orientierung am 29. Januar 2016 in der Aula Steffisburg statt, des weiteren wurde das gesamte Projektdossier vom 25. Januar bis zum 26. Februar 2016 auf der Bauverwaltung zur Einsicht aufgelegt. Die Dokumente wurden ausserdem auf der Homepage der Gemeinde zur öffentlichen Einsicht, resp. für den Download aufgeschaltet.

Das Wasserbauplanverfahren verlangt eine weitere Ämtervernehmlassung vor der Auflage, welche ab Juli 2018 durchgeführt wurde.

2.6. Termine

Es handelt sich ausserdem aufgrund der hohen Investitionssumme um ein Einzelprojekt, für welches ein Finanzbeschluss des Grossen Rates notwendig ist.

Die Planaufgabe ist für Januar 2020 vorgesehen, der Projektentscheid wird auf Sommer 2020 angestrebt.

Tab. 3 Provisorischer Terminplan

Arbeitsschritt	Datum / Zeitraum
Planaufgabe	Januar 2020
Einspracheverhandlungen	Frühjahr 2020
Gesamtentscheid BVE	Sommer 2020
Grossratsbeschluss	Winter 2020/2021
Ausführung	frühestens ab Herbst 2021



3. SITUATION

3.1. Nutzungen

Allgemeines

Steffisburg stellt eine geschlossene Siedlung mit Zentrumsfunktion im ländlichen Bereich dar. Sie gehört zur dichtbesiedelten Agglomeration der Stadt Thun und bietet beliebte Wohnmöglichkeiten für rund 15'000 Personen, welche in der Region Thun bis Bern erwerbstätig sind.

Dank dem Bau des Mühlibachkanals begann die industrielle Entwicklung sehr früh. Heute ist eine grosse Vielfalt von Gewerbetreibenden in Steffisburg ansässig, welche zusammen mit den öffentlichen Betrieben gegen 4'000 Arbeitsplätze bieten. Die Verkehrserschliessung ist mit der Kantonsstrasse, einem eigenen Autobahnanschluss (A6) und den öffentlichen Verkehrsmitteln (Busbetriebe der Region Thun, SBB) sehr gut gewährleistet.

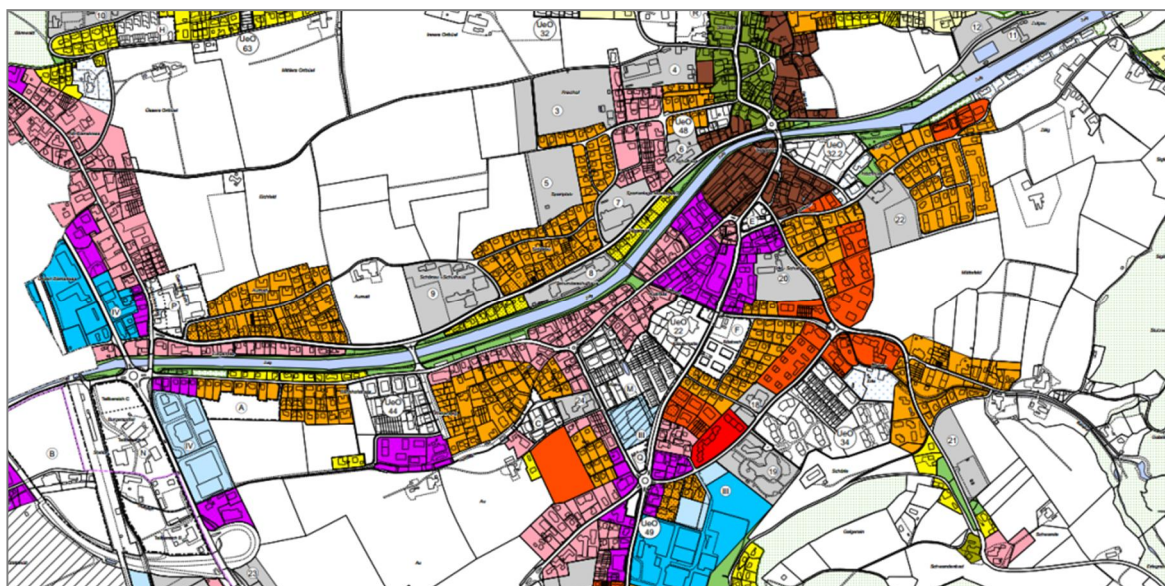


Abb. 2 ZONENPLAN DER GEMEINDE STEFFISBURG TEIL SÜD, STAND 2013



Der Zonenplan zeigt, dass die Zulg beidseitig auf fast dem gesamten Projektabschnitt an die Bauzone grenzt und diese Gebiete auch bereits mehrheitlich überbaut sind. Das Schadenpotenzial (Sach- und Personenrisiko) welches von Überschwemmungen der Zulg betroffen ist, liegt beidseits des Flusses. Offene Flächen für Überflutungskorridore oder dgl. sind nicht mehr vorhanden.

Die unmittelbaren Uferstreifen der Zulg sind als Grünfläche ausgeschieden, der Baumbestand oberstrom der Müllerschwelle beidseitig der Zulg liegt im Waldareal. Unmittelbar hinter den Ufern der Zulg liegen die Kern- und Wohnzonen. Die Zulg ist unterstrom der Müllerschwelle damit als 'städtischer' Fluss zu bezeichnen, dessen Funktion eher im Ortsbild, der Identifikation des Dorfes und den Transportfunktionen des Gewässers liegt, als dass er einen eigentlichen Naturraum bildet.

Erholungsnutzung und Wege

Die Zulg unterliegt vor allem im Abschnitt unterstrom der Eisenbahnbrücke bis zur Aaremündung, welcher nicht Teil des Projektperimeters ist, einem hohen Erholungsdruck.

Im Dorf Steffisburg sind die Ufer der Zulg nur teilweise durch Fusswege erschlossen. Auf einigen Abschnitten führen Gemeindestrassen entlang der Zulg oder es befinden sich dort Privatgärten. Unterhalb der Müllerschwelle liegen die Fusswege dabei aber so hoch über der Zulgsohle, dass der Fluss nur begrenzt erlebbar ist. Durch die stark bewachsenen Böschungen führen in regelmässigen Abständen kleine Trampelpfade zur Zulg hinunter, v.a. zu den Schwellen (Badestellen).

Oberhalb der Müllerschwelle ist die Zugänglichkeit des Flusses besser. Es besteht beidseits der Zulg Uferwege auf der Böschung. Die Höhendifferenz auf die Sohle ist hier viel kleiner und man ist 'näher' am Fluss. Diese Abschnitte bieten attraktive Spazierwege.

Oberhalb des Gummsteges ist der Fluss praktisch unverbaut und weist alternierende Kiesbänke auf. Entsprechend intensiv ist hier wiederum die Erholungsnutzung. Der Zugang führt einerseits linksufrig vom Gummsteg direkt ins Flussbett, andererseits rechtsufrig im Wald entlang des Flusses (teilweise Gde.-Gebiet Fahrni). Hier oben im sogenannten 'Zulgboden' oder 'Rossglunte' sind v.a. im Sommer am Wochenende sehr viele Besucher anzutreffen, was eine grosse Herausforderung für die Notfallplanung ist.

Es besteht kein Bedarf nach zusätzlichen öffentlichen Wegen.

Mühlbach

Seit einigen Jahrhunderten wird der Zulg Wasser entnommen und in den künstlichen Mühlbach-Kanal geleitet. Die Entnahme war der Grund für den Bau der Müllerschwelle und ermöglichte die gewerbliche Wassernutzung und damit eine intensive Entwicklung der Gemeinde [4].

Der Mühlbach wird heute nur noch zum Betrieb der Schau-Sägerei genutzt, welcher vom Verein 'Saagi am Mühlbach' betrieben wird. Dennoch bildet der Kanal einen wichtigen Teil des Ortsbildes aber auch der Geschichte von Steffisburg und ist somit für die Bewohner ein sehr wichtiges Gewässer.

Das Gerinne des Mühlbaches beginnt beim Geschiebesammler an der Müllerschwelle und ist dort rund 2 m breit, das Gefälle beträgt ca. 0.6 %. Es handelt sich innerorts mehrheitlich um einen rechteckigen Kanalquerschnitt aus Beton. Auf einem kurzen Abschnitt verläuft er eingedolt (vgl. auch Abb. 3). Weiter unten ist das Gerinne eher naturnah. Vorfluter ist die Aare.

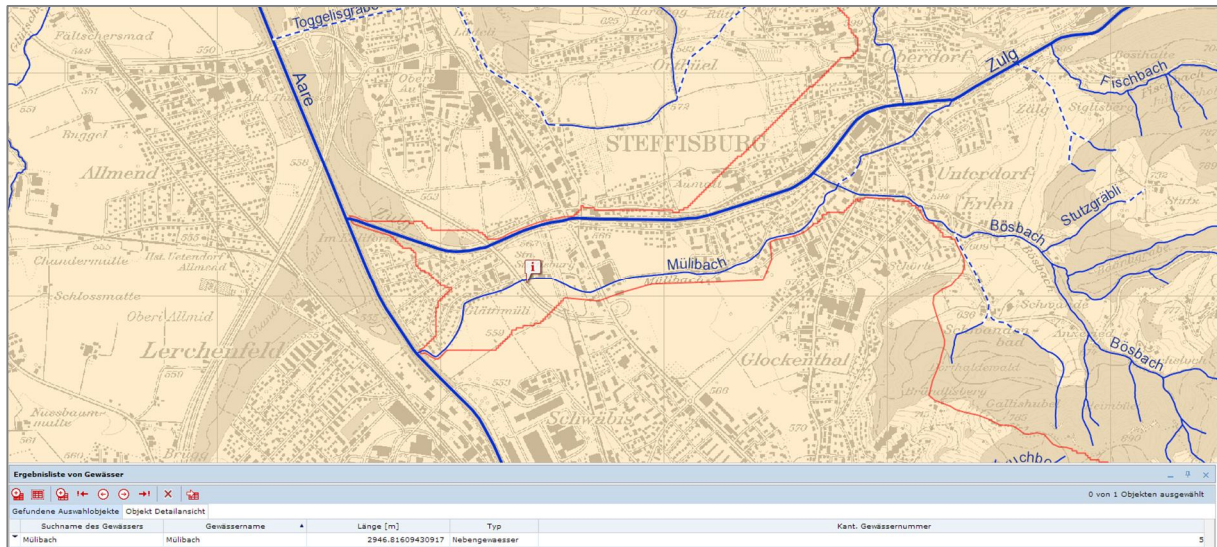


Abb. 3 AUSSCHNITT AUS DEM KANTONALEN GEWÄSSERNETZ, GEODATENVIEWER KANTON BERN, JANUAR 2014

Beim Mühlibach handelt es sich gesetzlich um eine Wasserentnahme gem. GschG Art. 29ff und damit um ein künstliches Werk. Die Entnahme stützt sich heute noch auf ein (altrechtliches) ehehaftes Recht, welches dem heutigen gesetzlichen Umfeld angepasst werden muss. Dies wird in einem separaten Verfahren erledigt. In diesem Verfahren werden auch die Ausleitwassermengen bestimmt (Restwassermenge Zulg, temporär erhöhte Entnahme bei Betrieb der Schausägerei).



Abb. 4 MÜHLIBACHKANAL (LINKS IM WINTER TROCKEN GELEGT, RECHTS GERINNEABSCHNITT AUSSERORTS)

Da im Wasserbauprojekt die Müllerschwele 2 m abgesenkt wird, ist eine Entnahme und Speisung des Mühlibaches wie heute nicht mehr möglich. Es sind daher ein kompletter Umbau des Sandfanges und ein Pumpenbetrieb vorgesehen (vgl. Kap 6.8).

3.2. Einzugsgebiet

Das Zulgtal liegt in einem länglichen, nach Westen ausgerichteten Talkessel und entwässert ein Einzugsgebiet von ca. 90 km². Ein grosser Teil des Einzugsgebietes ist bewaldet.

Der höchste Punkt des Einzugsgebietes liegt auf ca. 2000 m ü.M. Bei Innereriz auf ca. 1040 m ü.M. vereinigen sich die Quellbäche Sulzbach, Fallbach und Kaltbach zur Zulg.

Ab Innereriz fliesst die Zulg durch ein einen flachen Talboden ($J < 2\%$). Unterhalb von Linden fliesst sie im tief in die Molasse eingeschnittenen, mehrere Prozent steilen 'Zulggraben'. Das enge Gerinne

öffnet sich erst kurz vor Steffisburg im 'Zulgboden'. Hier ist sie deutlich breiter und das Sohlengefälle beträgt nur noch ca. 1.5 %. Mächtige Kiesbänke weisen auf Umlagerungsvorgänge hin.

Die Zulg hat mehrere grosse und geschiebeführende Seitenzubringer, namentlich den Zulgbach (Schwanden), den Huetgraben, den Hornegggraben, den Hüttligraben sowie die Bäche aus dem Gemeindegebiet von Eriz auf der Nordseite.

Vom Gummsteg bis zur Mündung in die Aare ist die Zulg kanalisiert und zwischen 20 und 30 m breit. Das Bruttogefälle beträgt 1.2 bis 1.3%, die Sohle ist mit Sperren verbaut.



Abb. 5 GROBER UMRIS DES EINZUGSGEBIETES DER ZULG (QUELLE: SWISS MAP)

3.3. Geologie

Die nachfolgenden Erläuterungen wurden der Grundlage Nr. [14] entnommen.

Das gesamte Einzugsgebiet der Zulg besteht aus wenig festem Molassefels. Das ganze Gebiet ist stark durch Gletscher geprägt (Quartär). Grossflächig steht Nagelfluh an. In den ebenen Teilen der Gemeinde sind grösstenteils die Alluvionen der Zulg und der Aare vorzufinden. Örtlich finden sich auch Torfablagerungen, welche von Rückstauszenarien Zulg / Aare herkommen dürften (temporäre Seebildung).

In weiten Teilen der Gemeinde muss mit dem Auftreten spontaner Rutschungen und Hangmuren gerechnet werden. Solche können im Oberlauf auch in die Zulg gelangen und diese zeitweise aufstauen, was zu einer Flutwelle führen kann (so geschehen im Jahr 1986 im Bereich des Hirschgrabens).

3.4. Ereigniskataster

Für das Gemeindegebiet von Steffisburg wurde im April 2006 ein Ereigniskataster erarbeitet [14]. Die Informationen wurden damals aus den Datenbanken der Gebäudeversicherung, des Schweizerischen Elementarschadenfonds und der forstlichen Versuchsanstalt, mit Hilfe der kantonalen Fachstellen und der Gemeinde, sowie aus Zeitungen zusammengetragen.

Im Wesentlichen wurden drei grosse Niederschlagsereignisse erfasst, welche sich alle im Sommer ereigneten:

- Gewitterereignis vom 7. August 1970
- Gewitterereignis vom 22. August 1974, innerhalb von drei Stunden wurden 170 mm Niederschlag registriert
- Dauerregen vom 21. - 23. August 2005

Ausserdem ereignete sich am 4. Juli 2012 ein sehr grosses Hochwasser in der Zulg. Dies wurde in einer Ereignisanalyse aufgearbeitet [10]. Dank der seit wenigen Jahren bestehenden Pegelmessung des AWA konnte der Abfluss relativ gut eingeschätzt und die Kenntnisse über die Hochwasserhydrologie verbessert werden (vgl. Kap. 3.5).

Ein weiteres Ereignis trat im Mai 2015 auf, welches in etwa demjenigen von 2012 entsprach.



Abb. 6 VIDEOAUFNAHME VOM MAI 2015, TYPISCH WAREN DER AUSSERORDENTLICH RASCHE ANSTIEG INNERT MINUTEN SOWIE DER GROSSE HOLZTEPPICH

Weitere historische Hochwasserereignisse wurden im Rahmen des Vorprojektes [1] eruiert. Hochwasser in der Zulg werden in alten Dokumenten (mutmasslich auch wegen der intensiven gewerblichen Nutzung im Überschwemmungsbereich) sehr häufig beschrieben und ereigneten sich mindestens an folgenden Daten [20], [4]:

- 1480
- 1489
- 1735
- 1764
- 1813
- 1832
- 1837 (vgl. Gotthelf: 'Wassernot im Emmental')
- 1850
- 25./27. Juli 1907
- 1912

Trotz fehlender Informationen über Grösse und Dauer dieser Ereignisse – wie auch über den damaligen Verbauungszustand - zeigt diese Reihe dennoch eindrücklich, dass mehrmals pro Jahrhundert (19. und 20. Jahrhundert je viermal, im 21. Jahrhundert bisher dreimal) Schadensereignisse in Steffisburg auftreten. Dies plausibilisiert die Abschätzung der Gerinnekapazität und den aktuellen Schutzgrad.



Alte Müllerschwelle Steffisburg. Zerstört durch das Hochwasser vom 25. Juli 1907.
Anstoss an das linke Ufer und abgestürztes Bachteich.

Abb. 7 FOLGEN DES HOCHWASSERS 1907 [20]

3.5. Hydrologie

Für das rund 90 km² grosse Einzugsgebiet der Zulg liegen erst seit wenigen Jahren Abflussmessungen vor. Deshalb wurden in [2] die Hochwasserspitzen HQ_{100} mit verschiedenen N/A-Modellen abgeschätzt. Die entsprechenden Werte liegen etwas höher als in der Vorstudie von 2004 und wurden durch die Ereignisanalyse zum Hochwasser vom 04. Juli 2012 [10] bestätigt.

Tab. 4 Spitzenabflüsse Zulg, GK und Projekt

Jährlichkeit	Gewitter Ereignis	Langandauerndes Ereignis
30	150 m ³ /s	Nicht untersucht
100	210 m ³ /s	119 m ³ /s
300	280 m ³ /s	142 m ³ /s

Die Zulg spricht aufgrund ihrer Grösse sowohl auf Gewitterereignisse wie auch auf Dauerregen an.



3.6. Geschiebehaushalt

Vgl. auch separaten Bericht in der Beilage zu diesem Dossier.

3.6.1. Frachten

Die Zulg weist ein grosses Geschiebepotenzial auf. Dies stammt einerseits aus der Sohle und den Einhängen, aber auch aus verschiedenen Seitenbächen. Zwei Umlagerungsstrecken mit deutlich vermindertem Gefälle wirken als Zwischenspeicher.

Für grosse Hochwasserereignisse wurden die Frachten welche in einem Ereignis das Siedungsgebiet erreichen können, in [14] wie folgt bestimmt:

Tab. 5 Geschiebefrachten gemäss [14] nach Jährlichkeit

Szenario	G ₃₀	G ₁₀₀	G ₃₀₀
Gewitter	3'000 m ³	5'000 m ³	8'000 m ³
Dauerregen	Nicht untersucht	27'000 m ³	53'000 m ³

3.6.2. Morphologie und Stabilität der Sohle

Der oberste Abschnitt im Zulgboden ist eine Umlagerungsstrecke mit ausgeprägten Kiesbänken. Die Zulg landet örtlich auf oder erodiert im selben Ereignis. Laufveränderungen und eine Verlegung des Talweges sind häufig. Auch mittel- bis langfristig verändert sich hier die Sohle. Während vor einigen Jahrzehnten die Sohle hier noch 'deutlich' höher lag (geschätzt 1-2 m) [41], ist heute der Fels in der Sohle stellenweise sichtbar und auf den seitlichen Ablagerungsterrassen hat sich ein Baumbestand gebildet. Dies wird auf den hydrologischen Verlauf der letzten Jahrzehnte zurückgeführt und kann sich wieder ändern¹.

Der Abschnitt zwischen Gummsteg und Müllerschwelle ist seit dem Bau der Müllerschwelle vor rund 500-600 Jahren aufgrund der künstlichen Gefällsverminderung eine Ablagerungsstrecke. Die Gemeinde entnimmt hier praktisch nach jedem grösseren Gewitter Geschiebe maschinell. Dabei werden Geschiebemengen bis zu wenigen 1'000 m³ über die Schwelle ins Unterwasser verschoben, wo das Material nach kürzester Zeit auf natürlichem Weg mitgeschwemmt wird.

Im Abschnitt der Zulg unterhalb der Müllerschwelle herrscht latente Erosion, was jedoch ausser mit der Geometrie auch mit den erwähnten Ablagerungen oberhalb der Schwelle zusammen hängt. Niedrige, zum Teil sohlenbündige Sperren fixieren hier die Flusssohle.

3.6.3. Geschiebemodell und künftiger Geschiebehaushalt

Der Geschiebehaushalt – insbesondere auch im Projektzustand – wurde in einem separaten Bericht dargelegt, welcher Bestandteil dieses Plandossiers ist. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit der neu gewählten Gerinnegeometrie - namentlich der Gefällerrhöhung durch Absenken der Müllerschwelle - künftig keine Auflandungen mehr auftreten und das Geschiebe bis in den Unterlauf transportiert wird. Damit wird davon ausgegangen, dass maschinelle Eingriffe oberstrom der Müllerschwelle künftig nur noch in Ausnahmefällen notwendig sein wird.

Das Modell zeigt aber auch, dass die vorhandenen und neuen Sohlensicherungen notwendig sind. Trotz des vermehrten Eintrages von oben, verbleibt die Zulg hier - wenn auch etwas vermindert - in latenter Erosion. Es kann davon ausgegangen werden, dass das anfallende Geschiebe auf natürlichem Weg bis in den Vorfluter (Aare) transportiert wird.

¹ Die Fundamente und Höhen des Holzrechens werden entsprechend auf einen Schwankungsbereich bemessen.



Das Modell hat auch die Annahme aus dem Vorprojekt bestätigt, dass das Geschiebe oberstrom der Müllerschwelle bei einer Absenkung maschinell entfernt werden muss (was aus baulicher Sicht ohnehin sinnvoll ist), da es sonst im Unterlauf zu Überlastung der Transportkapazität und Auflandungen kommt. Ein Teil davon kann über die Schwelle ins Unterwasser verbracht und auf natürlichem Weg erodiert werden, die effektive Menge hängt u.a. vom hydrologischen Verlauf während der Bauzeit ab.

3.6.4. Einfluss des Schwemmholzurückhaltes Zulgboden

Der Geschiebetrieb im Zulgboden wird bei grossen Holzfrachten, wenn der Rückhalt anspringt, beeinflusst. Bei grossen (Jahrhundert-) Ereignissen können je nach Prozessablauf 20-40% des Geschiebes im Holzrechen zurückgehalten werden [42]. Dies ist unvermeidbar und liegt daran, dass Holz und Geschiebe sich teilweise vermischt ablagern.

Da die Rechenbereiche nach einem Rückhalteereignis aus Sicherheitsgründen geräumt werden müssen, wird dabei auch das Geschiebe wieder freigesetzt, resp. nach Entfernen des Schwemmholzes im Gerinne belassen. Von dort kann es bei kleineren Ereignissen ohne Rechenverkläunungen wiederum auf natürlichem Weg in den Unterlauf verlagert werden. Dies bedeutet, dass der Rechen zwar zu temporären Mehrablagerungen im Zulgboden führen kann, netto aber alles Geschiebe im Gerinne verbleibt und zeitverzögert weiter transportiert wird.

Im Rahmen der Modellversuche [42] wurden verschiedene Massnahmen untersucht, welche den Durchtransport von Geschiebe fördern. Dazu gehören der Abtrag der kleinen linksufrigen Felsnase und der Einbau einer Lenkbuhne. Dass möglichst wenig Geschiebe in den Rückhalten liegenbleibt, liegt im höchsten Interesse des Werkeigentümers und Unterhaltungspflichtigen.

Die Folgen dieser Prozesse sind im separaten Geschiebebericht (Flussbau AG, Beilage zu diesem Dossier) abgehandelt.

3.7. Schwemmholz und Verkläunungswahrscheinlichkeiten

Vgl. auch separaten Bericht in der Beilage zu diesem Dossier.

Potenzial

Das Gerinne verläuft oberhalb des Dorfes bis ins Eriz auf weiten Abschnitten durch bewaldete und schlecht erschlossene Gebiete. Rund die Hälfte des Einzugsgebietes oder 60 km Gerinnelänge sind bewaldet, wovon etwa 45 km der Gerinne aufgrund ihrer Morphologie und dem Wasseraufkommen massgeblich Holz transportieren dürften. Dabei handelt es sich verbreitet um sehr steile und örtlich auch rutschungsanfällige Gerinneabhängungen. Bei Hochwasser können aus diesen Böschungen ganze Pakete mit Bäumen ins Gerinne gelangen.

Weiter münden etliche steile Seitenbäche in die Zulg, welche ihrerseits kaum verbaut sind und stark schwemmholzbefrachtet. Viele von ihnen führen nicht durch Siedlungen oder Kulturland oder nur im Oberlauf, so dass die Oberliegergemeinden wenig Grund haben, diese Bäche kostenaufwändig zu verbauen oder zu unterhalten.

Unterhalt

Die Pflege der Gerinneabhängungen auf Gemeindegebiet von Steffisburg wird durch die Gemeinde selbst vorgenommen (Werkpersonal, z.T. Beauftragung von Forstunternehmen). Ein grosser Teil des Schwemmholzpotenzials stammt allerdings aus den weiter oben liegenden Gemeinden. Die Gemeinde ist in Abklärung, ob parallel zum Wasserbauprojekt ein Projekt 'Gerinneabhängungen' (KAWA) aufgelegt werden soll. Dies erfordert eine Gesamtplanung über alle Gemeinden an der Zulg.

Der Gerinnebereich ist aber zu grossen Teilen schlecht zugänglich, kaum mit Strassen erschlossen und kann aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen nie vollständig frei von Fallholz gehalten werden.



Prozesse

In der schluchtartigen Strecke zwischen Eriz und Steffisburg wechseln Breite, Steilheit und Querschnitt häufig ab und es finden sich natürliche Hindernisse (Bäume, bewachsene Kiesbänke, Fels). Diese Situation kombiniert mit dem 'Wildbachcharakter' der Zulg und dem riesigen Schwemmh Holzpotenzial führt dazu, dass es am Anfang von Ereignissen, aber auch während solchen, zu fast flutwellenartigen Ganglinienspitzen kommt ('Anschutz'). Diese sind immer begleitet von einem Holzteppich und resultieren mutmasslich aus lokalen Anschoppungen oder Teilverklausungen in der Schlucht.

Das Holz gelangt einerseits durch natürlichen Fall zwischen den Ereignissen ins Gerinne, andererseits durch Erosion oder Rutschungen aus den oben beschriebenen Seitenzubringern. Bei Dauerregenereignissen dürfte wegen der zahlreichen Rutschungen im Einzugsgebiet die Schwemmh Holzmenge praktisch unlimitiert sein.

Mengen

Einige wenige Mengenangaben stammen von den Ereignissen 2005 [27] und 2015 [29]. Während 2005 von einem ungefähren 'Lockervolumen' von 1'200 bis 1'500 m³ ausgegangen wurde (davon allerdings nur 50% Stammholz), liegt für 2015 eine gemessene Zahl von 200 Festmetern vor. Letzteres entspricht in etwa 650 m³ 'locker'² und ist offenbar eine übliche, nicht sehr hohe oder sehr tiefe Menge für Hochwasserereignisse [29].

Vergleicht man diese Zahlen mit rechnerischen Ansätzen aus der Forschung, so liegen sie eher an der unteren Grenze. Es existieren unterschiedliche empirische Ansätze für die Abschätzung von Schwemmh Holz-mengen. Viele stammen aus dem internationalen Umfeld und ihre Übertragbarkeit auf Schweizer Verhältnisse ist unklar. Auch ist oft nicht eindeutig deklariert wie die Mengen zu verstehen sind.

Nach dem Ereignis 2005 wurden gesamtschweizerische Auswertungen gemacht [26], [25]. Diese zeigten, dass durchschnittlich pro km bewaldete Gerinnelänge rund 80 Festmeter Holz bis auf die Schwemmh kegel transportiert wurden. Diese Annahme würde für die Zulg eine Fracht von 3'600 m³ Festmetern oder rund 10'000 m³ 'locker' ergeben, also etwa einen Faktor 6-10 mehr, als bis dahin beobachtet wurde.

Um eine bessere Vorstellung der zu erwartenden Schwemmh Holzfrachten zu erhalten, wurde eine Studie in Auftrag gegeben [28], welche detailliert die verschiedenen Prozesse und Teileinzugsgebiete untersucht und beschreibt. Die Zahlen kommen etwa im Mittel zwischen den beiden beschriebenen Ansätzen zu liegen.

Aus dem Bericht können folgende Schwemmh Holz-mengen (Festvolumen) entnommen werden:

Tab. 6 Schwemmh Holzfrachten Zulg, aus [28]

Jährlichkeit	Schwemmh Holzfracht (Festvolumen)
30	200 – 800 m ³
100	800 – 2'000 m ³
300	2'000 – 4'000 m ³
Extremereignis	5'000 – 10'000 m ³

² Der Auflockerungsfaktor von fest auf lose (aufgeschichtet) beträgt etwa 1.3, derjenige von fest auf 'locker' (=am angeschoppten Haufen gemessen) ca. 3.3 [26].



Verklausungswahrscheinlichkeiten

Auf Basis der Schwemmholzversuche der VAW von 2001 kann die Verklausungswahrscheinlichkeit bei Brücken bestimmt werden. Sie ist abhängig von der Geometrie des Durchflussquerschnittes und den Holzabmessungen. Die Versuche haben gezeigt, dass das Freibord keinen wesentlichen Einfluss hat, sondern v.a. das Verhältnis von Stammlänge zur Breite (L/B) sowie von Wurzelstockgrösse zur Höhe (dw/H). Ausserdem ist der Einfluss von Störungen im Abfluss wie Abstürze, vorspringende Widerlager, etc. sehr gross.

Die Brücken an der Zulg sind alle breit genug um Einzelstämme bis zu 7 m Länge (empirischer Wert aus Ereignisanalysen) gut passieren zu lassen. Sie sind teilweise zu wenig hoch für Wurzelstöcke, aber auch für Holzteppiche.

Folgende Einflussfaktoren beeinflussen zudem die Verklausungswahrscheinlichkeit:

- Hydrologischer Charakter des Einzugsgebietes (rascher Anstieg der Ganglinie, Anschütz)
- Verschoppungsgefahr an mehreren Stellen im Gewässer (Schlucht, Engstellen) --> Bildung von Holzteppichen
- Mit hohen Bäumen bewachsene Geschiebeterrassen im Hochwassereinflussbereich --> Bildung von Holzteppichen
- Rutschungen direkt am Hauptgerinne --> Bildung von Holzteppichen
- Pfeiler
- teilweise sehr rauhe Brückenuntersichten (GEWI-Stangen, Tragseile, Fachwerke)
- 'Makrorauhigkeiten' wie ungünstige Sperrenflügel, Fussweg im Gerinne mit Geländer und dgl.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren müssen alle acht Brücken im Perimeter als – mehr oder weniger stark - verklausungsgefährdet betrachtet werden.

Tab. 7 Übersicht Gefährdung

Brücke	Gummsteg	Dorfbrücke	Schulsteg	Schönaubrücke	Alte Bernstrasse	Bernstrasse	Velobrücke	Eisenbahnbrücke
Untersicht	sehr rauh	glatt, aber Bogen!	eher rauh, Pfeiler	glatt, aber Pfeiler	sehr rauh	rauh	rauh	rauh
Höhe UK Brücke	594.74	584.44	577.55	571.26	564.32	564.18	562.64	562.44
Freibord vorhanden	0.91	0.94	1.10	1.50	0.47	0.88	0.35	0.20
Verklausungswahrscheinlichkeit Stammholz	0%	10%	0%	0%	0%	0%	5%	5%
Verklausungswahrscheinlichkeit Wurzelstöcke / Holzteppiche	100%	hoch	40%	50%	50%	50%	40%	45%
Brückenquerschnitt > 30 m2	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Einzugsgebiet	steile Ganglinie, Anschütz, Waldterrassen, Rutschungen, grosse Holzabmessungen, Wurzelstöcke, Holzteppiche							
Gerinne	Geschiebetrieb im Hochwasserereignis							
Weitere Faktoren Brücken	geringe Höhe, Kabel, Schrägseile	Bogen, geringe Kapazität	Pfeiler randlich	Pfeiler randlich	Unterzüge (GEWI)	Fussweg, Geländer, geringe Kapazität	Fussweg, Geländer, geringe Kapazität	Fussweg, Geländer, geringe Kapazität, Fachwerk
Gesamtbeurteilung	hoch	hoch	mässig	mässig	hoch	hoch	hoch	hoch

Auswirkungen

Von den grossen Schwemmholzmengen in der Zulg sind hauptsächlich zwei weitere Gemeinden betroffen: Heimberg und die Stadt Bern.

Die Verklausungsszenarien an den verschiedenen Brücken in Steffisburg führen zu beidseitigen Wasseraustritten. Wasser, welches rechts austritt erreicht früher oder später die Gemeinde Heimberg.

Insbesondere das grosse Gewerbequartier gegen die Autobahn hin (Oberer Au) ist äusserst gefährdet und weist ein immenses Schadenpotenzial auf.

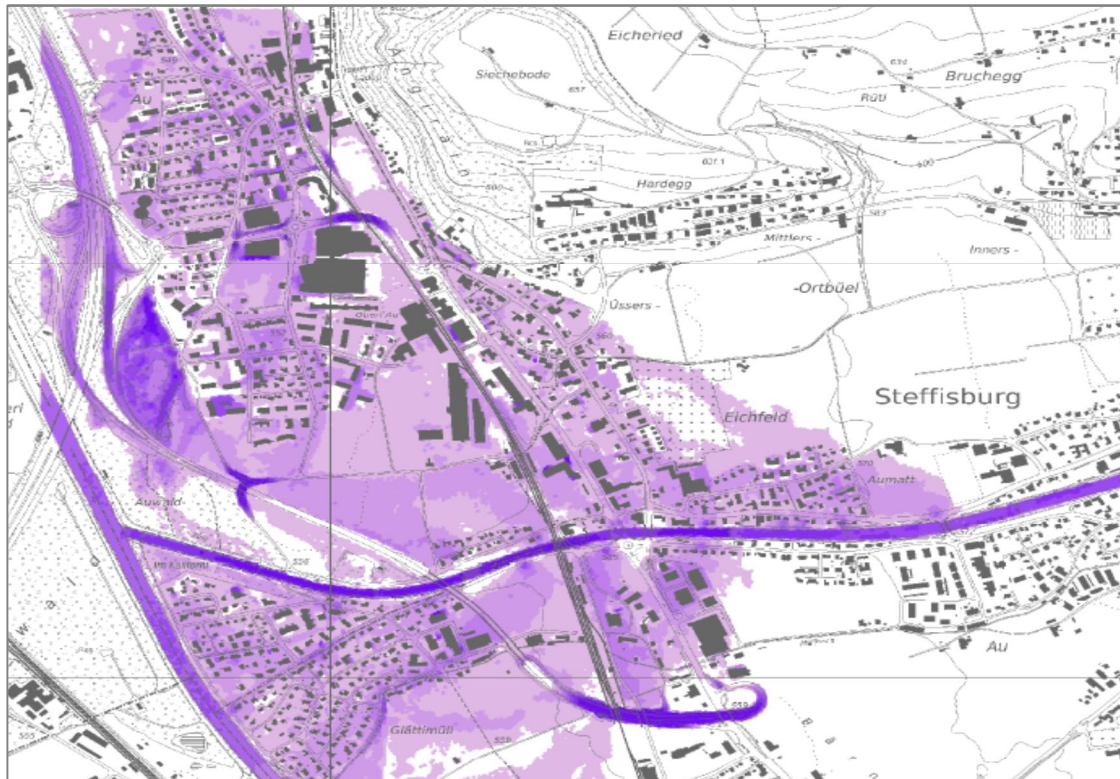


Abb. 8 MODELLIERTES ÜBERSCHWEMMUNGSGEBIET BEI BRÜCKENVERKLAUSUNGEN IM BEREICH BERNSTRASSE, NÖRDLICH DER ZULG IST V.A. GEMEINDEGEBIET HEIMBERG BETROFFEN

Das Schwemmholz in der Zulg wird in die Aare ausgetragen und erreicht dann – abgesehen von wenigen Ablagerungen an Brücken und im Bereich 'Seelhofezopfe' - die Stadt Bern. Durchschnittlich rund 80% des Eintrags bleiben im Bereich Matteschwelle hängen, der Rest wird weiter bis in die Enge oder den Wohlensee transportiert.

Das Schwemmholz verursacht in der Stadt Bern erhebliche Probleme und Kosten. Hängenbleibendes Holz führt im Bereich der Matteschwelle zu einer Erhöhung der Wasserspiegel um 0.5 bis 1.0 m und das Mattequartier kann (früher) überschwemmt werden. Das Holz wird von der Energie Wasser Bern EWB geräumt und entsorgt. Die VAW hat früher schon verschiedene Lösungskonzepte für diese Problematik untersucht [27].

Das Holz in der Aare in Bern stammt grösstenteils aus der Zulg. Aus dem Thunersee wird kein Holz ausgetragen und von den Aarezuflüssen zwischen Thun und Bern hat höchstens noch die Rotache ein erwähnenswertes Holzaufkommen. Dies zeigte sich auch deutlich beim Hochwasserereignis in der Zulg vom Mai 2015, als in Bern – ohne eigentliches Aarehochwasser – grosse Schwemmholzmengen registriert wurden.



3.8. Hydraulik

Gerinnegeometrie

Das Gerinne der Zulg im Projektabschnitt besteht aus einem Trapezprofil mit ca. 2:3 steilen Böschungen. Es weist eine Sohlenbreite von rund 20 bis 30 m auf. In der Sohle befindet sich eine Reihe von Betonsperren, welche Absturzhöhen von ca. 0.4 m bis 1.4 m aufweisen. Die Uferhöhe beträgt zwischen 1.0 und 4.8 m ab der Sohle und nimmt unterstrom der Müllerschwelle deutlich zu. Die beiden Ufer sind in der Regel etwa gleich hoch.

Zwischen Gummsteg und Müllerschwelle beträgt das Gefälle 0.9 %. Unterstrom der Schwelle bis zum Ende des Projektperimeters beträgt das Zwischengefälle zwischen den Sperren ca. 1.2 %, das Pauschalgefälle vom Gummsteg bis zur Eisenbahnbrücke ca. 1.3 %.

Die Rauigkeit der Böschungen und der Sohle kann auf einen mittleren Stricklerwert von 25-30 m^{1/3}/s geschätzt werden.

Hydraulische Modelle

Auf Basis der neuen LIDAR-Daten [15] wurde sowohl ein eindimensionales Staukurvenmodell (HecRas 4.1) sowie ein zweidimensionales Modell (FLUMEN) der Zulg im Projektabschnitt erstellt. Je nach Fragestellung kam für die Untersuchungen das eine oder andere Modell zum Einsatz. Für die Modellerstellung wurden die Rohdaten wie folgt nachbearbeitet:

- Ausdünnung in Bereichen sehr geringer Punkthöhen-Differenzen (z-Toleranz 10 cm)
- Einbau der Schwellen im DTM gemäss Geometerplan und terrestrischen Aufnahmen
- Absenkung der Sohle im Bereich benetzter Gerinneflächen um 0.3 m (zu hoher Bodenpunkt im LIDAR). Die benetzten Flächen wurden aus dem Orthophoto bestimmt.
- Überprüfung der theoretischen Druckhöhen anhand der beobachteten Wasserspiegellagen vom 4. Juli 2012 auf den geschätzten Abfluss von 210 m³/s [10]

Freibord

In Absprache mit dem OIK sowie der Gemeinde wurde das benötigte Freibord bei Brücken auf 1.0 m, auf freier Strecke auf 0.9 m festgelegt.

Resultate

Die hydraulischen Berechnungen sind in den Planbeilagen (Längenprofile) ersichtlich. Generell kann der Perimeter in vier Abschnitte aufgeteilt werden:

1. Oberstrom des Gummsteges ist die Abflusskapazität ausreichend. Entlang des rechtsufrigen Gewerbegebietes liegt die Energielinie eines HQ₁₀₀ gerade auf Höhe der Gebäudeeingänge. Die Sohle ist hier stabil (Beilage Nr. 3.7). Das Schutzziel ist also erfüllt.
2. Zwischen Gummsteg und Müllerschwelle ist die Kapazität ungenügend. Auf diesem Abschnitt kommen erschwerend die häufigen Auflandungen der Sohle während Hochwasserereignissen dazu.
3. Zwischen Müllerschwelle und der Dorfbrücke ist die Kapazität v.a. linksufrig ungenügend. Das angrenzende Terrain weist hier zwei Niveaus auf: die Anlagen der Platzger und Ornithologen sowie das Werkhofareal und die Gemeindeverwaltung liegen deutlich tiefer als das Terrain entlang des Mühlibaches südlich der genannten Anlagen. Gegen die Dorfbrücke hin bei der Post steigt das linke Ufer wieder leicht an.
4. Unterstrom der Dorfbrücke bis zur Eisenbahnbrücke ist die Abflusskapazität gross. Die Uferhöhen sind nicht ganz ausgeglichen und mal ist das rechte Ufer etwas höher, mal das linke. Ein HQ₃₀₀ kann im Gerinne abgeführt werden. In Bezug auf das HQ₁₀₀ mit Freibord besteht eine örtliche Schwachstelle linksufrig beim Schulsteg.



5. Bei den Brücken ist das vorhandene Freibord bei einem HQ_{100} mit Ausnahme des Schulstegs und der Schönaubrücke durchgehend zu gering, teilweise aber nur sehr knapp (siehe auch Tab. 7).

3.9. Brücken

Übersicht

Insgesamt befinden sich im Perimeter acht Brücken. Die Velobrücke und die Eisenbahnbrücke liegen teilweise auf Gemeindegebiet von Heimberg.

1. Gummsteg
2. Dorfbrücke
3. Schulsteg
4. Schönaubrücke
5. Alte Bernstrasse (Holzbrücke)
6. Bernstrasse
7. Velobrücke
8. Eisenbahnbrücke BLS

Dorfbrücke

Die Dorfbrücke weist einen gemauerten Rundbogen auf. Sie könnte aufgrund ihrer Konstruktion bei grossen Abflüssen unter Druck geraten (sofern das linke Ufer erhöht wird), wie weit die Tragkonstruktion dabei Schaden nehmen würde, kann nicht vorausgesagt werden. Sie sollte bei einem späteren Ersatz als Druckbrücke ausgebildet werden, die Strassenhöhen lassen keine andere Lösung zu.



Abb. 9 DORFBRÜCKE STEFFISBURG, VON OBERSTROM

Schulsteg

Die Brückenuntersicht beim Schulsteg ist rau (Stahlträger mit Windverband). Sie könnte verschalt werden, das heisst die Untersicht würde z.B. mit einem Blech versehen. Für Kontrolle und Unterhalt ist eine Verblendung jedoch nachteilig. Eine Ausfachung mit Leichtbeton könnte geprüft werden, die Machbarkeit hängt vom statischen System und dessen Verformungen ab.

Die Brücke ist an zwei Stahlstützen im Gerinnequerschnitt aufgelegt und kragt gegen die Ufer aus, wo sie nochmals einfach gelagert ist. Die Fahrbahn besteht aus Beton und liegt auf Stahlträgern auf. Aufgrund ihrer Funktion als Langsamverkehrsbrücke könnte sie höher gesetzt werden, was angesichts der beinahe ausreichenden Höhenverhältnisse jedoch unverhältnismässig wäre (fehlende Höhe liegt im Unsicherheitsbereich).



Abb. 10 UNTERSICHT DES SCHULSTEGES, MIT EINMÜNDUNG BÖSBACH IN DER BILDMITTE.

Schönaubrücke

Die Stahlbetonbrücke wurde Ende der Siebzigerjahre gebaut und weist eine glatte Untersicht und eine hohe Bordüre auf. Die Brückenplatte wird durch zwei Kämpferstützen getragen und kragt gegen die Ufer aus, wo sie nochmals einfach gelagert ist. Sie könnte unter Druck gesetzt werden, wenn die Ufer beidseitig erhöht würden. Inwiefern die vorhandenen Brückenlager die Horizontalkräfte aufnehmen könnten, müsste geklärt werden.



Abb. 11 SCHÖNAUBRÜCKE ODER AUCH 'AUBRÜCKE' VON UNTERSTROM

An den Stützen kann sehr leicht Holz hängenbleiben. Die unmittelbar bei der Brücke liegende Sohlenschwelle macht die Situation nicht besser, da der Abfluss hier gestört wird.

Alte Bernstrasse

Der Durchflussquerschnitt ist sehr gering und die Untersicht durch die offen liegenden Holz- und Stahlträger sehr rau. Die Abteilung Strassenbau des Kantons Bern lässt zurzeit die Sanierung der Brücke planen.

Bernstrasse

Die moderne Stahlbetonbrücke über die Bernstrasse besteht aus einem einfach gelagerten Kastenträger. Die Tragkonstruktion ragt weit ins Gerinne hinunter und kann bei grossen Abflüssen unter Druck geraten. Wie weit die heute vorhandenen Brückenlager die entsprechenden Horizontalkräfte aufnehmen können, wurde nicht überprüft.

Die raue Untersicht könnte evtl. mit Leichtbeton ausgefacht werden. Dies würde die Funktion als Druckbrücke verbessern, da Wirbelbildungen und die damit verbundenen Turbulenzen und Ablösungen verhindert werden könnten.



Abb. 12 HOHER KASTENTRÄGER DER BRÜCKE ÜBER DIE BERNSTRASSE

Velobrücke

Die Velobrücke unterstrom davon ist ebenfalls als einfacher Kastenträger ausgebildet. Ihre Funktion als Druckbrücke wurde nicht untersucht, könnte mit einer Verschalung der Untersicht aber verbessert werden, vorausgesetzt sie kann den Horizontalkräften standhalten.

Eisenbahnbrücke

Die Perimetergrenze des Projekts bildet die Eisenbahnbrücke der BLS. Sie besteht aus vier Längsträgern mit dazwischen geschweissten Querverbindungen.

Die Seitenwände bestehen aus geschlossenen Stahlplatten, dürften aber kaum auf Strömungsdruck ausgelegt sein. Ein Anheben wäre aufgrund der Konstruktion relativ einfach, ist jedoch für die vertikale Linienführung der Bahn eine grosse Herausforderung und aufgrund der grossen Ausrundungsradien und geringen Längsgefällen mit einer langen Anpassungsstrecke verbunden.



Abb. 13 UNTERSICHT DER EISENBAHNBRÜCKE

3.10. Bestehende Schutzbauten

Gerinneverbauungen

Die ersten bekannten Verbauungen an der Zulg stammen bereits aus dem 18. und 19. Jahrhundert. Das erste Projekt welches beim Kanton dokumentiert ist, trägt das Datum von 1881. Seither kamen zehn Projekte zur Ausführung. Die Projekte Nr. 1 bis 3 (1881, 1893, 1899) umfassten die Strecke von der Müllerschwelle abwärts bis zur Mündung in die Aare. Das Projekt Nr. 4 (1908) diente zur Wiederherstellung der Müllerschwelle nach einem Hochwasserereignis. Die Projekte Nr. 5 bis 8 (1907, 1914, 1936, 1939) betrafen die Strecke oberstrom der Müllerschwelle bis hinauf zur Gemeindegrenze, während das Projekt Nr. 9 (1952) einzelne lokale Verbauungsmassnahmen vorsah. Das Projekt Nr. 10 (1972) umfasste die Wiederherstellung der Schäden nach dem Hochwasser vom 7.8.1970 und die Sanierung der Ufermauern bis zum Stägbach an der Gemeindegrenze zu Heimberg.

Das heutige gleichförmige Trapezgerinne der Zulg weist mehrheitlich eine natürliche Sohle, auf, welche durch ca. 1 m hohe Sohlwellen unterbrochen wird. Die Böschungen sind über weite Abschnitte gepflästert oder – dort wo sie unverbaut sind - mit einer Fussmauer versehen.

Im Abschnitt Gummsteg bis Müllerschwelle – wo das Gerinne weniger tief eingeschnitten ist – befinden sich abschnittsweise Betonplatten in den Böschungen.



Abb. 14 ZULGGERINNE, LINKS: ABSCHNITT GUMMSTEG BIS MÜLLERSCHWELLE MIT BETONPLATTEN IN DER BÖSCHUNG, RECHTS STARK KANALISIERTES GERINNE IM BEREICH BERNSTRASSE

Die Längsverbauungen sind in gutem Zustand. Eine letzte Kontrolle und Sanierung der dringendsten Schäden wurde nach dem Hochwasserereignis von 2012 gemacht. Im Rahmen einer Unterhaltsanzeige wurden die nötigen Arbeiten im Herbst 2013 ausgeführt.

Oberhalb des Gummsteges ist das Gerinne deutlich breiter und praktisch unverbaut. Rechtsufrig befinden sich in unregelmässigen Abständen ältere Buhnen aus Blöcken oder Beton ('Schildkröten'). Die Sohle ist natürlich und weist grosse Kiesbänke auf.



Abb. 15 NATURNAHER ABSCHNITT OBERSTROM GUMMSTEG, LINKS: VERKABELTE BUHNE

Müllerschwelle

Die Müllerschwelle wurde erstmals 1489 erwähnt [20], als sie nach dreitägigem Regen von einem grossen Hochwasser zerstört wurde. Sie hatte also bereits vorher bestanden, wie lange ist nicht belegt. Zwischen 1489 und 1907 wurde sie insgesamt 5-mal durch Hochwasser weggerissen (unter anderem 1813 und 1832).

Die heutige Schwelle wurde 1909 vom Schwellenbauleiter Friedrich Karlen gebaut und besteht aus einer 5 m hohen Hauptschwelle und einer Vorschwelle. Die Hauptschwelle wurde aus unarmiertem Stampfbeton mit einer Breite von rund 3 m erstellt. Sie war die erste Schwelle in der Zulg in massiver Bauweise und löste die Holzkonstruktionen definitiv ab. Sie hat bis heute alle Hochwasserereignisse überstanden, auch wenn der Beton stark gealtert ist und Schäden aufweist.



Abb. 16 BESTEHENDE MÜLLERSCHWELLE VON UNTERSTROM (LINKS) UND MÜLLERSCHWELLE MIT GESCHIEBESAMMLER VON RECHTS OBERSTROM GESEHEN (RECHTS)

Die Müllerschwelle wurde 1930 und 1982 teilweise saniert. Sie ist heute von aussen gesehen in einem annehmbaren Zustand. Der Zustand des Schwergewichtskörpers aus Beton sollte im Submissionsprojekt vertieft untersucht werden, da das Bauwerk im Projekt bestehenbleiben soll, auch wenn die Einwirkungen wegen der verminderten Höhe geringer werden.

Der Sandfang neben der Schwelle dient der Wasserentnahme Mühlibach. Auch hier ist der Beton stark gealtert, die Funktion aber noch gegeben.

3.11. Aktuelle Gefährdung

Im Jahr 2009 liess die Gemeinde Steffisburg eine Gefahrenkarte ausarbeiten [14]. Die Beurteilung für die Zulg zeigt, dass weite Teile der Gemeinde der gelben und blauen Gefahrenstufe zugeteilt werden mussten. Die Überschwemmungsgefahr durch die Zulg betrifft sehr grosse Flächen des Dorfes beidseitig des Flusses und tritt ab einer Jährlichkeit von 30-100 Jahren ein.

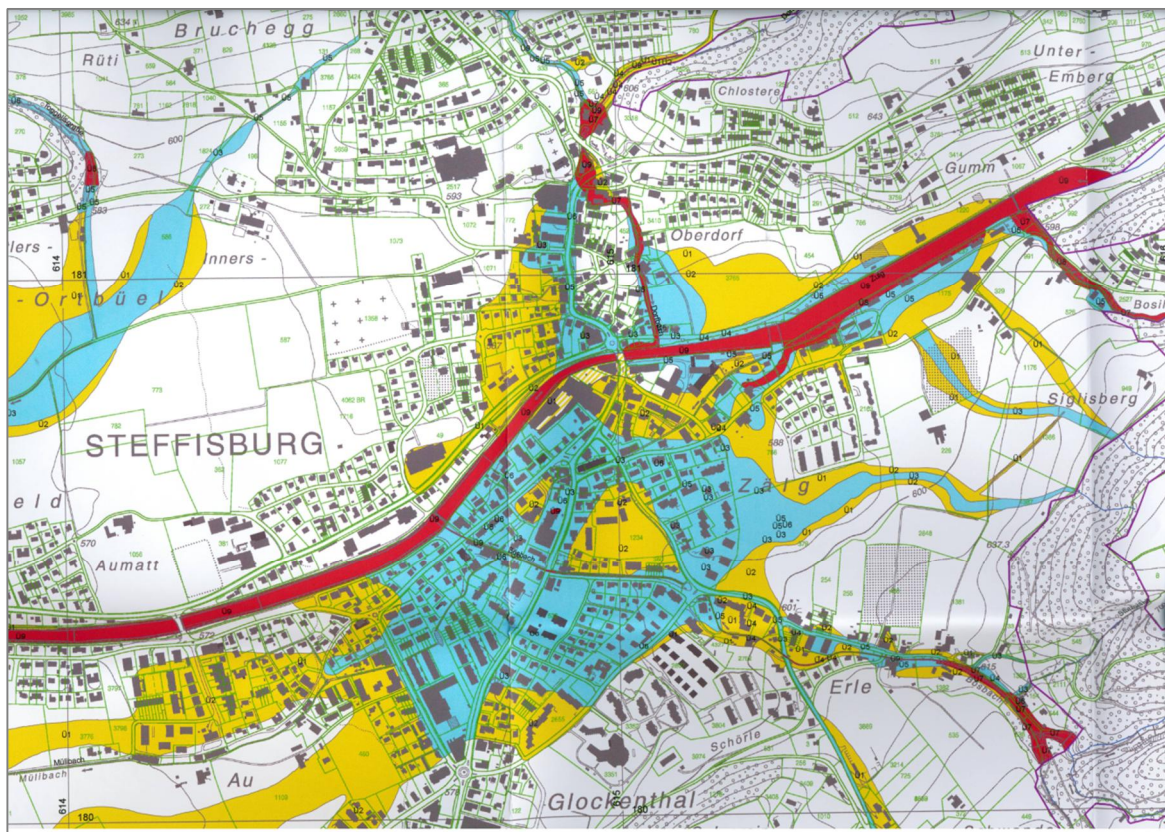


Abb. 17 AUSSCHNITT AUS DER GEFAHRENKARTE STEFFISBURG, PROZESS WASSER, STAND 2009 [14]

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass das Freibord bei fast allen Brücken im Perimeter bei HQ_{100} ungenügend ist. Im Zusammenhang mit Holz- und starkem Geschiebetrieb können sich weitere Überschwemmungsszenarien (infolge von Teil- oder Vollverklausungen) ergeben. Aufgrund der grossen Holzmengen im Einzugsgebiet besteht ein erhebliches Risiko an den Brücken. Es ist zu beachten, dass die aktuelle Gefahrenkarte die im Projekt hergeleiteten Szenarien an den Brücken (Teilverklausungen) nicht im gleichen Ausmass berücksichtigt, wie sie heute erkannt sind.

Für den Nachweis der Wirtschaftlichkeit (Kap. 8) wurden die Überflutungen aus den Brücken(teil-)verklausungen zusätzlich zur oben abgebildeten GK herangezogen. Die modellierten Überflutungen resultierend aus diesen Verklausungen sind in Abb. 21 dargestellt. Grundsätzlich könnte die Jährlichkeit dieser Verklausungsereignisse aufgrund der Freibordanalysen und der hohen Schwemmholzkubaturen auf ein Ereignis $< HQ_{100}$ angesetzt werden, es wurde im vorliegenden Projekt mit einer Jährlichkeit von 100 gerechnet. Dies betrifft insbesondere die Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Nachstehend sind die Intensitätskarten aus [14] sowie die darin noch fehlenden Brückenszenarien abgebildet.

Tab. 8 Legende Intensitätskarten

Farbe	Intensität bei Überschwemmungen
dunkelgrün	stark Fliesstiefe > 2 m oder hohe Fliessgeschwindigkeit
mittelgrün	mittel

Fliesstiefe 0.5 bis 2 m oder Fliesstiefe x Fließgeschwindigkeit 0.5 bis 2 m²/s

hellgrün

schwach

Fliesstiefe < 0.5 m, tiefe Fließgeschwindigkeit

Beim HQ₃₀ sind nur sehr kleine Flächen von Wasseraustritten betroffen. Die Intensitätskarte aus der Gefahrenbeurteilung kann unverändert übernommen werden [14].

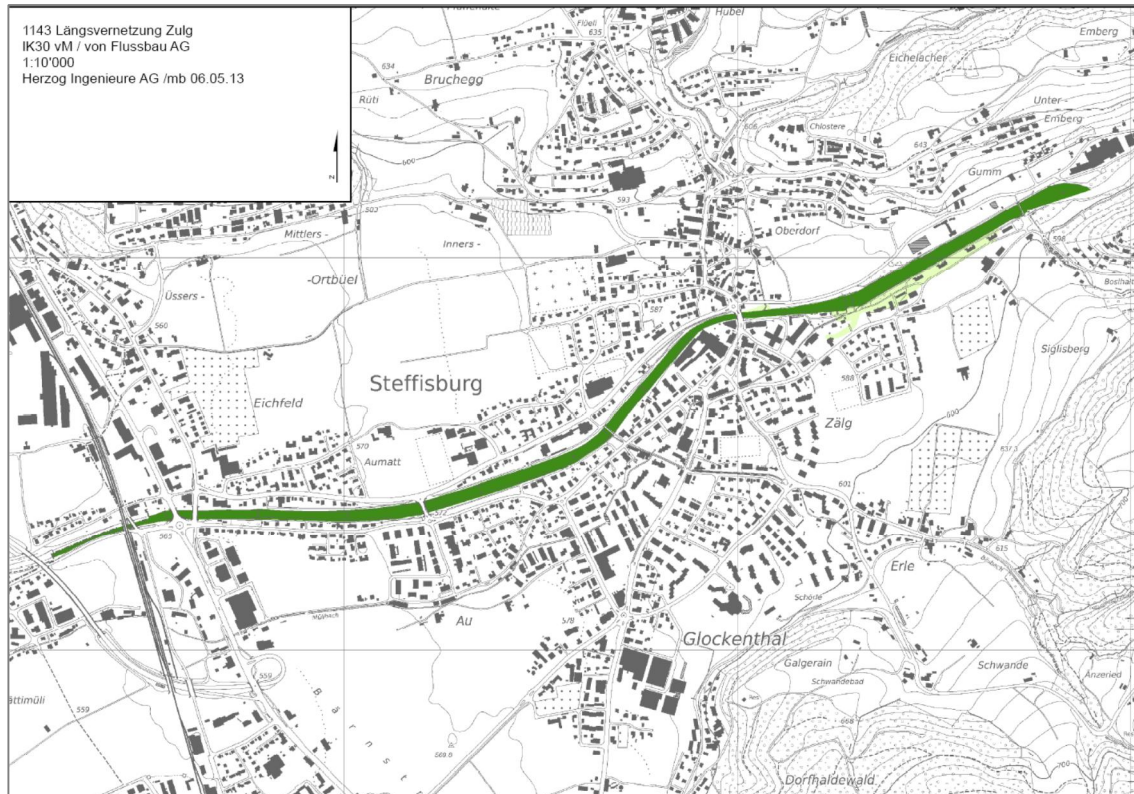


Abb. 18 INTENSITÄTSKARTE HQ₃₀ VOR MASSNAHMEN, BEURTEILUNG UND DATENGRUNDLAGE: FLUSSBAU AG, BERN 2009

Bei 100- und 300-jährlichen Ereignissen sind die betroffenen Flächen gross und es treten auch mittlere und sogar starke Intensitäten innerorts auf. Das Hochwasserschutzdefizit ist erheblich.

Hinzu kommt das weiter oben beschriebene Verklauungsrisiko an den Brücken, welches ebenfalls zu grossen Schäden führen kann und in den Karten nicht abgebildet ist. Für den Wirtschaftlichkeitsnachweis mussten diese Flächen ergänzt werden (Abb. 21).

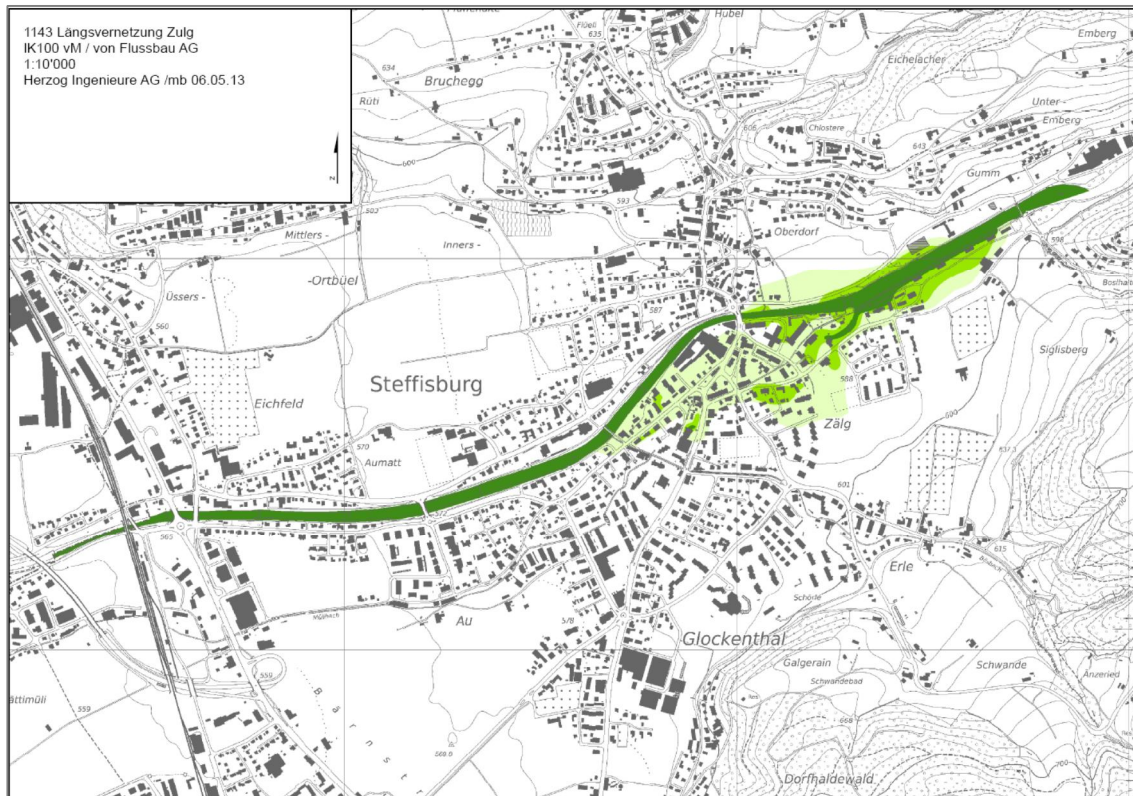


Abb. 19 INTENSITÄTSKARTE HQ₁₀₀ VOR MASSNAHMEN, BEURTEILUNG UND DATENGRUNDLAGE: FLUSSBAU AG, BERN 2009

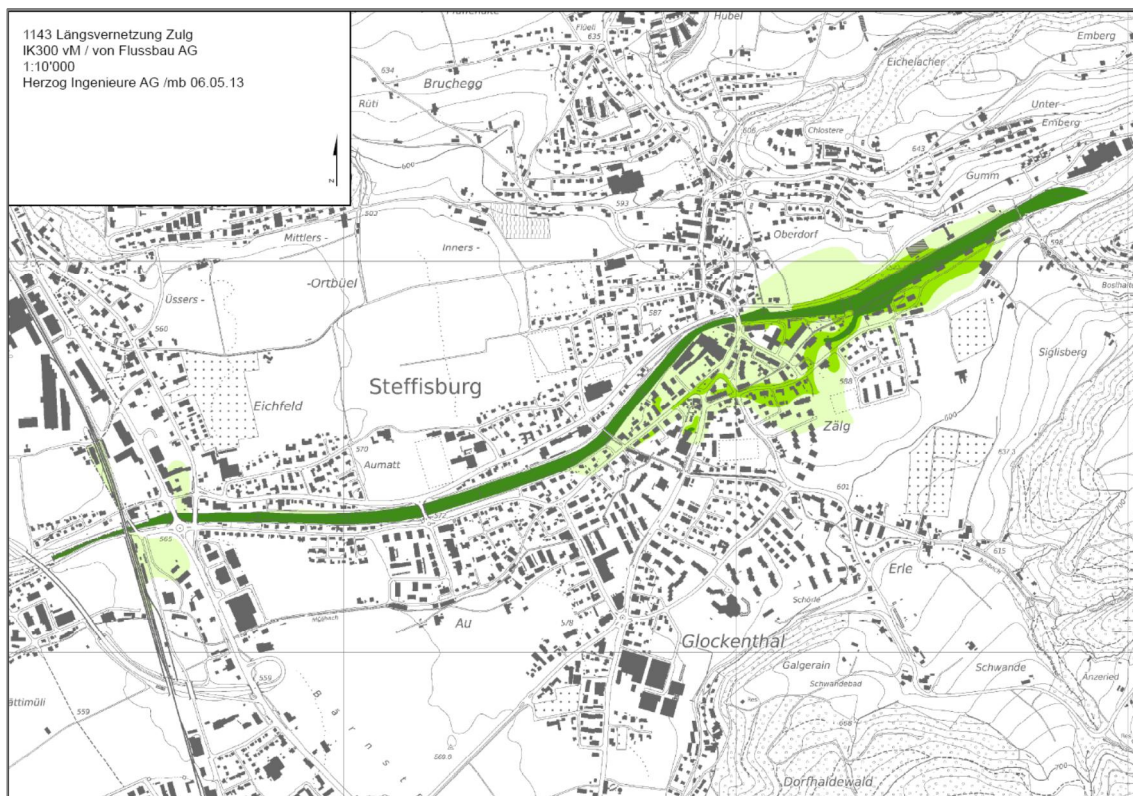


Abb. 20 INTENSITÄTSKARTE HQ₃₀₀ VOR MASSNAHMEN, BEURTEILUNG UND DATENGRUNDLAGE: FLUSSBAU AG, BERN 2009

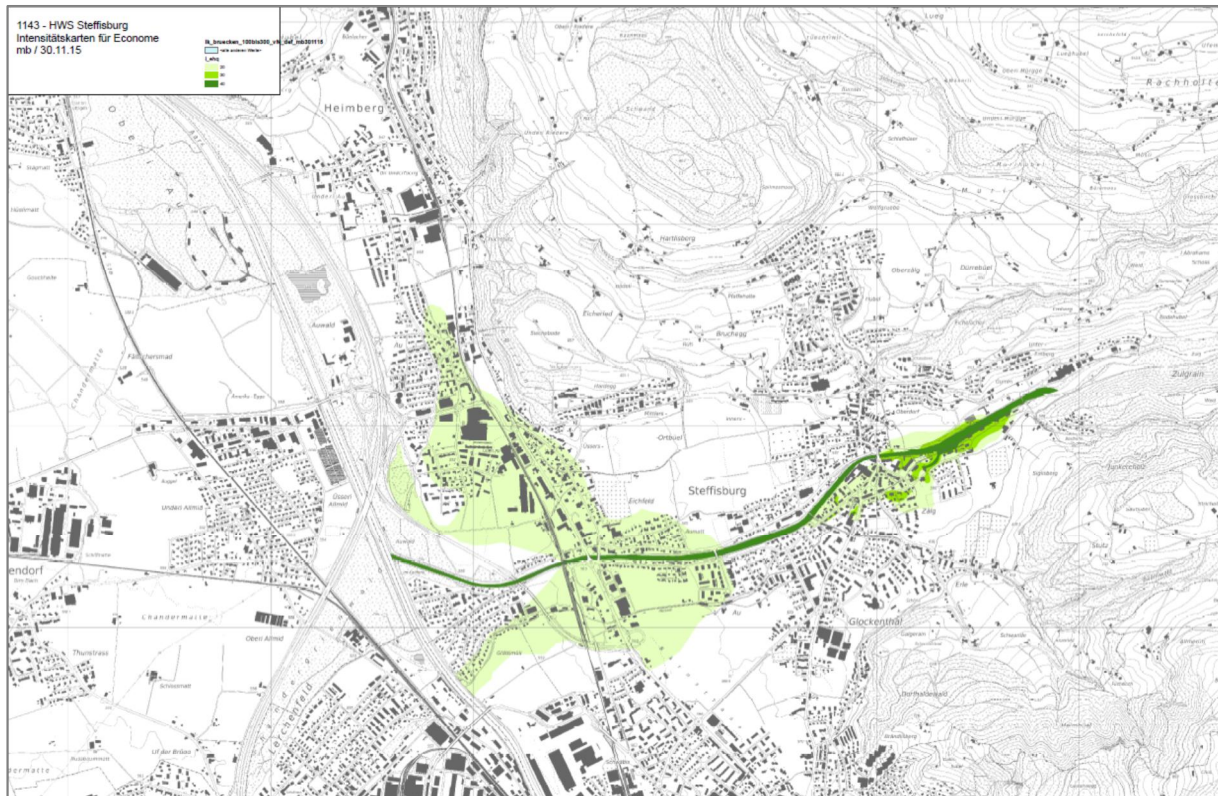


Abb. 21 INTENSITÄTSKARTE HQ₁₀₀ VOR MASSNAHMEN: BRÜCKEN

4. ZIELE

4.1. Schutzziele

Gemäss dem RRB Nr. 2632 vom August 2005 (Strategie Naturgefahren für den Kanton Bern) werden starke Überschwemmungsintensitäten innerhalb von Siedlungen nicht toleriert. Die übrigen Schutzziele (v.a. Sachschäden) sind projektspezifisch festzulegen. Die Schutzzielmatrix gibt einen Anhaltspunkt, welcher Schutzgrad in Abhängigkeit von Intensitäten und Jährlichkeiten angemessen ist. Auch mittlere Intensitäten sind nur in sehr seltenen Ereignissen akzeptiert. Der Wasserbaupflichtige an der Zulg muss daher zwingend handeln.

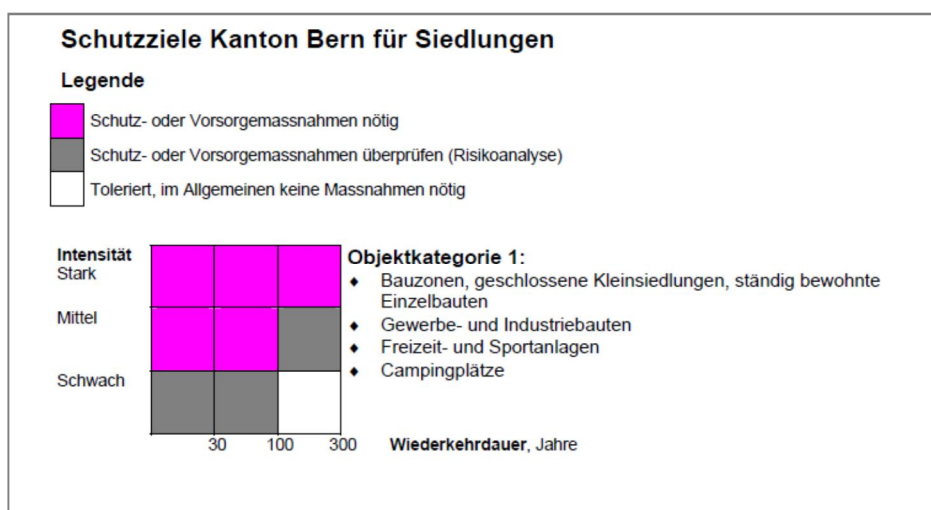


Abb. 22 AUSZUG AUS DER STRATEGIE NATURGEFAHREN GEMÄSS RRB VOM AUGUST 2005

Im Ereignisfall sollen keine Todesfälle eintreten. Die rote Gefahrenstufe ist im Siedlungsbereich zu eliminieren, resp. auf den unmittelbaren Gerinnebereich zu beschränken. Die Notfallplanung ist dem Projekt anzupassen.

Das Schutzziel für Steffisburg wird gemäss Gefahrenkarte im heutigen Zustand nicht erreicht. Demzufolge ist der Nachweis des Bedürfnisses nach WBG Art. 7 Abs. 1 [35] erbracht.

In Abhängigkeit der unterschiedlichen Nutzungen und Verletzlichkeiten werden folgende Projektziele für den Hochwasserschutz verfolgt:

- Keine Ausuferungen bis HQ₁₀₀
- Verringerung des Schadenpotenzials für seltenere / grössere Ereignisse (kleinere Fläche oder geringere Intensitäten)
- Verringerung der Wiederkehrperiode bei Flächen welche auch künftig betroffen sind
- Einfluss auf die Notfallplanung lokalisiert und quantifiziert
- Lenkung der Überlast

4.2. Ökonomische Ziele

Es wird ein gutes Kosten-/Nutzenverhältnis gefordert. Die Jahreskosten der Investition müssen kleiner als die jährliche Risikoreduktion sein. Dies wird mit der Methode 'EconoMe 5' (BAFU 2019) überprüft.

4.3. Ökologische Ziele

Mit dem vorliegenden Projekt sollen hauptsächlich folgende ökologischen Ziele erreicht werden:



- Durchgängigkeit des Abschnittes bei der Müllerschwelle für Forellenarten
- Durchgängigkeit Aarenmündung bis Müllerschwelle für übrige vorkommende Fischarten
- Verbesserung der Sohlendurchgängigkeit im allgemeinen
- Strukturierung und Aufwertung der Gerinnesohle (Lebensräume, Laichplätze für aquatische Lebewesen)
- Strukturierung und Aufwertung der Uferbereiche (Kleinstrukturen, Vegetation)

4.4. Raumplanerische Ziele

Es ist aus Sicht der Gemeinde für ihre weitere Entwicklung wünschenswert, dass das Dorf Steffisburg mehrheitlich in die weisse oder gelbe Gefahrenstufe eingeteilt werden kann. Während Flächen in der roten Gefahrenstufe innerorts nicht tolerierbar sind, wird die Reduktion der blauen Flächen v.a. den Handlungsspielraum der Gemeinde vergrössern und auch zu einer Vereinfachung der Baugesuchsverfahren führen (Objektschutzaufgaben).

- Verminderung der Flächen in der blauen und gelben Gefahrenstufe
- Eliminierung der roten Fläche in der Siedlung

5. GEPRÜFTE VARIANTEN

Die oben dargelegten Berechnungen zur Kapazität zeigen, dass das Problem v.a. zwischen Gummsteg und Müllerschwelle liegt. Zusätzlich vermindern die regelmässigen Auflandungen die Abflusskapazität noch. Bereits im Vorprojekt wurde daher vorgesehen, die Müllerschwelle abzusenken und das Sohlengefälle oberstrom davon wieder zu erhöhen. Dafür wurden verschiedene Geometrien untersucht [22].

Ebenfalls wurden verschiedene bauliche Lösungen für die Überwindung der verbleibenden Höhendifferenz an der Müllerschwelle untersucht, so dass die Fischdurchgängigkeit gewährleistet werden kann. Aus fischereilicher Sicht stand eine Abtreppung mittels niedriger Blockschwellen im Vordergrund. Untersucht wurden ferner Blockrampen und Sperrentreppen. Schliesslich wurde im Vorprüfungsossier eine konventionelle Sperrentreppe mit eingeschnittenen Rampen gewählt (vgl. Kap. 6.6). Diese wurde bis zum Auflageprojekt wieder verworfen.

Weitere Variantenuntersuchungen galten den Brücken, der Überlastlenkung und der Ufererhöhung bei der Post.

5.1. Längsvernetzung Müllerschwelle

Allgemeines

Die an der Müllerschwelle nach der Absenkung verbleibende Höhendifferenz von ca. 2.4 m kann mittels Abtreppung der Sohle unterstrom der Schwelle oder mit einem Fischpass überwunden werden.

Für einen Fischpass kämen z.B. ein 'Vertical Slot' oder vergleichbare Systeme in Frage. Dieser könnte auch als oberstromseitiger Anschwimmbereich dienen, da im Niederwasser der gesamte Abfluss hier durchfliesst.

Es wurden mehrere Varianten für die Projektsohle entworfen und diskutiert. Die Müllerschwelle soll aus Hochwasserschutzgründen um 2 m abgesenkt werden. Mehr ist aus visuellen und technischen Gründen ("Loch" bei der heutigen Schwelle, Böschungslängen) kaum möglich.

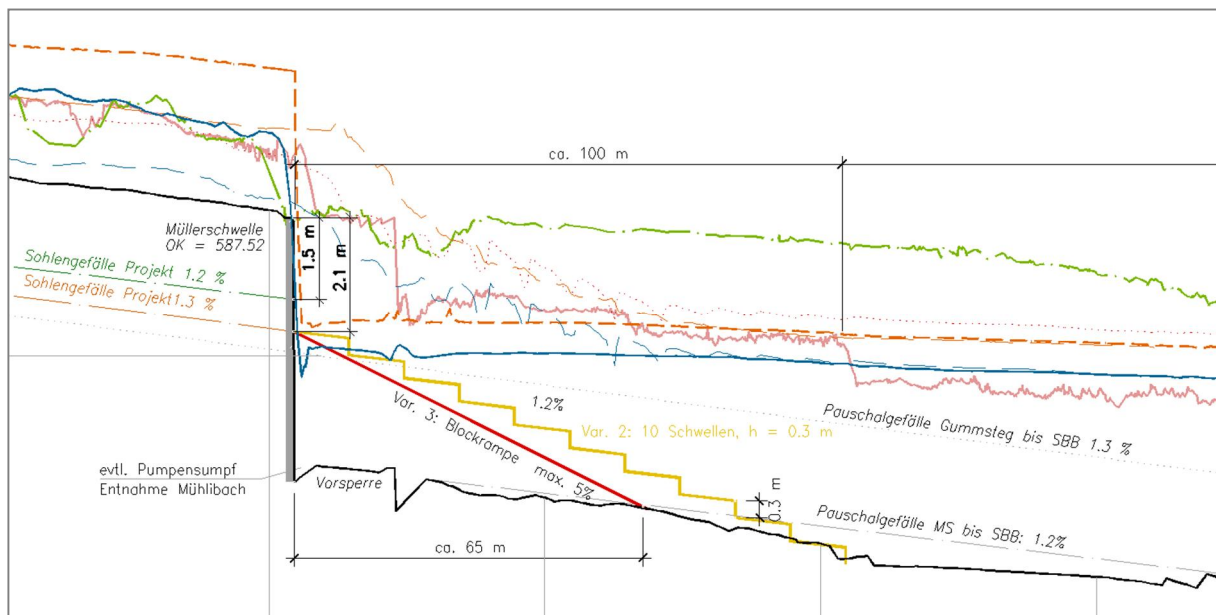


Abb. 23 BESTIMMUNG DES PROJEKTGEFÄLLES, VARIANTEN. SCHWARZ: SOHLE BESTAND, BLAU: WSP. HQ100 BESTAND, BLAU GESTRICHELT: WSP. HQ100 AUF SOHLE 1.2 %



Blockschwellenreihe

Es wurde geprüft ob eine Anhebung der Sohle unterstrom der Müllerschwelle mittels einer Reihe von Blockschwellen gesichert und strukturiert werden könnte. Bei Blockschwellen handelt es sich um ein bewährtes System, welches flexibel ist, eine naturnahe Gestaltung erlaubt und später den Erfahrungen auch angepasst oder lokal verstärkt werden kann.

Das Zwischengefälle wurde wie das natürliche Gefälle zu 1.3 % gewählt, die Höhendifferenz bei jeder Blockschwelle zu maximal 0.3 m. Daraus ergibt sich ein Schwellenabstand von rund 20 m. Dies ist eine Folge der maximalen Länge der Sohlenanhebung. Im Bereich Werkhof, wo bereits ein erhebliches Schutzdefizit besteht, kann die Sohle der Zulg nicht angehoben werden.

Die Strecke für die Sohlenanhebung ist für diese Lösung zu kurz; die Blockriegel würden von oben her unterspült (Mindestabstand nicht erfüllt, Umschlagen des Kolkes nach [30]). Diese Baumethode ist also bereits im Dimensionierungsfall nicht nachweisbar, im Überlastfall würde sie unkontrolliert kollabieren.

Wie weit ausserdem das Zwischengefälle von 1.3 % stabil wäre, ist zusätzlich fraglich, da sich die Zulg in latenter Erosion befindet. Eine später sich entwickelnde Abflachung des Nettogefälles würde zu grösseren Abstürzen führen.

Blockrampe

Als Alternative wurde eine Blockrampe nach [30] vordimensioniert. Eine Rampe mit einem Gefälle von 4.5% und einem spezifischen Abfluss von maximal 15 m³/s kann mit vernünftigen Blockgrössen nachgewiesen werden. Es muss dabei jedoch beachtet werden, dass die Rampe sich über die ganze Länge von rund 100 m von 33 m auf 19 m verschmälert und solche Fälle durch die üblichen Formeln nicht einfach abgedeckt werden können. Die Unsicherheiten sind eher gross und das Risiko gemessen an der Lage der Rampe im Siedlungsgebiet ohne Modellversuch zu hoch.

Die Kolkentiefe am Rampenfuss beträgt rechnerisch 4 m und müsste mittels einer Abschlussperre oder einem tiefem Tosbecken aus Blöcken aufgefangen werden.

Die weiteren Bedenken zum System 'Rampe' sind dieselben wie im Vorprojekt:

- 'Geröllwüste'
- schlechte Korrekturmöglichkeit, z.B. wenn NW-Rinne nicht funktioniert
- kein Wasser über lange Zeit des Jahres (Versickerung)

Alternativ könnte eine Blockrampe im Hinterbeton erstellt werden, damit mit kleineren Blöcken gearbeitet werden kann. Damit würden aber die beiden erstgenannten Nachteile nicht eliminiert, im Gegenteil, Korrekturen wären später überhaupt nicht mehr möglich, respektive nur mit immensem Aufwand und Teilabbruch. Die Variante Blockrampe wurde daher wieder verworfen.

Sperrentreppe

Um die Längsvernetzung sicherzustellen, muss die Sohle im Bereich der Müllerschwelle unterstrom angehoben werden. Die Sohlenanhebung kann mittels fünf Sperren mit fischgängigen Rückwärtsrampen erfolgen. Diese Variante wurde auf Stufe Vorprüfung noch favorisiert.

Nach grossen Ereignissen müssen die Rückwärtsrampen evtl. baulich korrigiert werden. Die Grundgeometrie ist jedoch durch die Sperren auch nach Hochwassern noch gegeben.

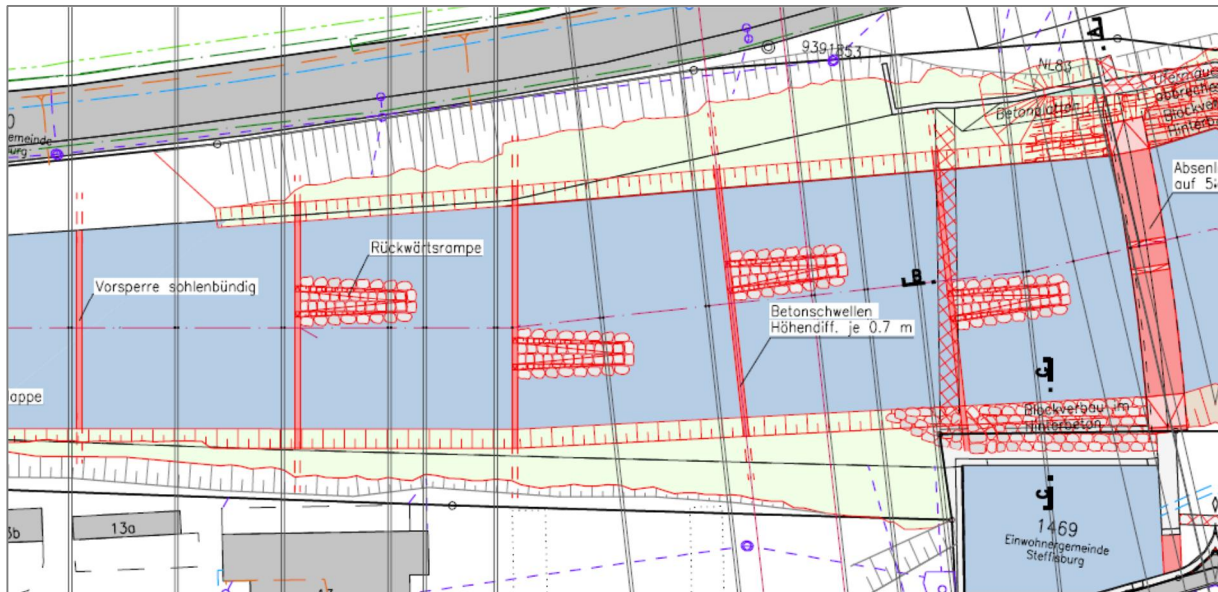


Abb. 24 KONZEPT LÄNGSVERNETHUNG MÜLLERSCHWELLE MITTELS SPERRENTREPPE

Die folgenden Randbedingungen [21] definieren die Geometrie der Aufstiegshilfe:

- Bemessungsabfluss minimal $Q_{300} = \text{ca. } 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Bemessungsabfluss maximal $Q_{30} = \text{ca. } 6.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Mittlere Fliesstiefe $> 0.2 \text{ m}$
- Mittlere Fließgeschwindigkeit $< 1.5 \text{ m/s}$
- Breite minimal 2.0 m

Der Nachweis der Fischgängigkeit kann unter obigen Randbedingungen im 2D-Modell theoretisch erbracht werden. Es muss allerdings angemerkt werden, dass die Modellgrenzen erreicht werden. Die erwarteten Wasserspiegelunterschiede von 10-20 cm liegen im Genauigkeitsbereich der Modelle.

Dazu ist v.a. zu bemerken, dass die Blöcke in natura kaum so genau gesetzt werden können, dass dies dem Modell entspricht. Da sie wegen der grossen Einwirkungen ausserdem sehr gross sind und / oder im Hinterbeton versetzt werden müssen, lassen sich später nur mit sehr grossem Aufwand Korrekturen anbringen.

Ein weiteres Bedenken gegenüber dieser Variante war wie beim System 'Blockrampe', dass das sehr geringe Niederwasser der Zulg in den Blöcken kaum sichtbar, geschweige denn durchschwimmbar sei.

Aus diesem Grund wurden seit der Vorprüfung weitere Untersuchungen durch beigezogene Fischereibiologen gemacht, welche zum Schluss kamen, dass ein Beckenaufstieg bei der Müllerschelle deutlich besser funktioniert.

Aus diesen Gründen wurde entschieden, die Sperrentreppe wieder zu verwerfen. Die gewählte Variante Fischpass ist in Kap. 6.6 beschrieben.

5.2. Ufererhöhung Werkhof bis Post

Entlang der Gebäude Unterdorfstrasse 1 / 1A wurde alternativ zum Schutzdamm eine Betonmauer geprüft. Der Bereich ist dicht überbaut und die 15 Parkplätze zwischen Zulgufer und dem Schächliweg sind ordentlich bewilligt. Mit einer Betonmauer könnten sie erhalten werden.

Die Mauer käme oben auf die Böschung zu stehen. Sie kann aus bautechnischen Gründen nicht mit einer offenen Baugrube bis unter die Gerinnesohle fundiert werden. Die Höhe beträgt 1.85 m, abnehmend auf ca. 1.35 m beim Velounterstand vor der Brücke.

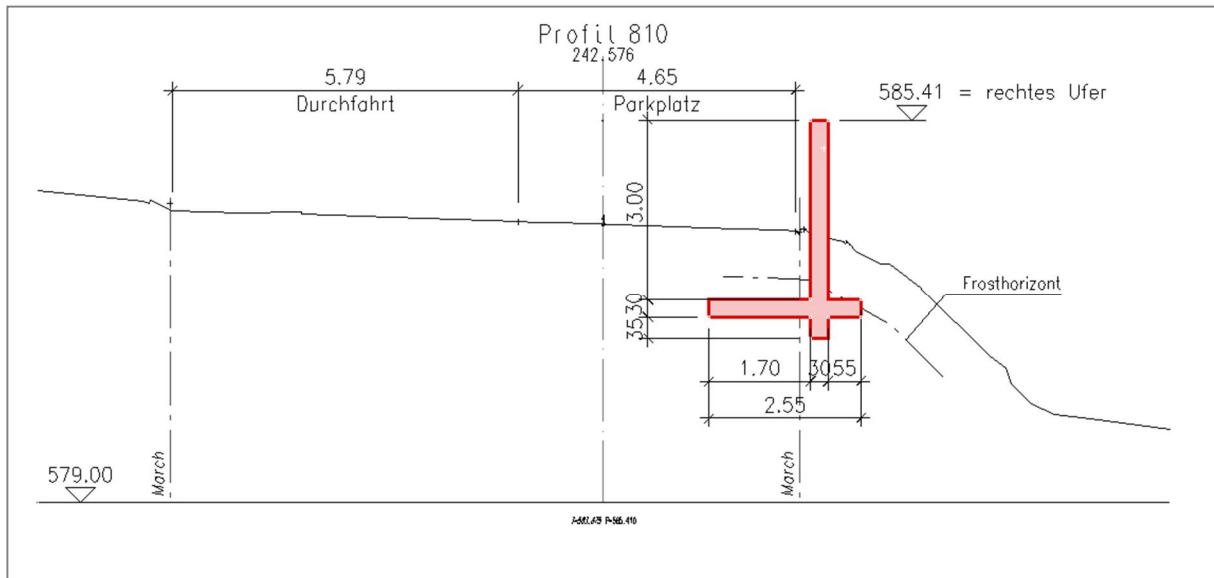


Abb. 25 STATISCH VORDIMENSIONIERTER MAUERQUERSCHNITT AUF DEM ZULGUFER

Die Kosten für diese Variante wurden noch nicht ermittelt. Sie dürften höher liegen, als für den Damm mit Blockmauer. Die Variante wird aus folgenden Gründen nicht empfohlen:

- Ortsbildschutz: eine Mauerhöhe über 1.5 m liegt über dem Blickhorizont der Fussgänger und wird als unschön und einengend empfunden. Auch ist die Gefahr von Graffiti hier hoch.
- Andere Lösung möglich: die beanspruchten Parkplätze können alle in unmittelbarer Nähe auf Grundeigentum der Gemeinde ersetzt werden (Details siehe Kap. 6.6).

5.3. Entnahme Mühlbach

Für die Wasserentnahme war zunächst vorgesehen, eine Fassung weiter oberstrom zu bauen und das Wasser in einem Freispiegelabfluss zum Sandfang zu leiten. Es stellte sich heraus, dass dies aufgrund der nahen Gebäude technisch nicht möglich ist. Weitere Angaben finden sich bei der entsprechenden Massnahme im Kap. 6.8

5.4. Überlastlenkung

Die im Überlastfall betroffenen Flächen entlang der Zulg sind gross und intensiv überbaut.

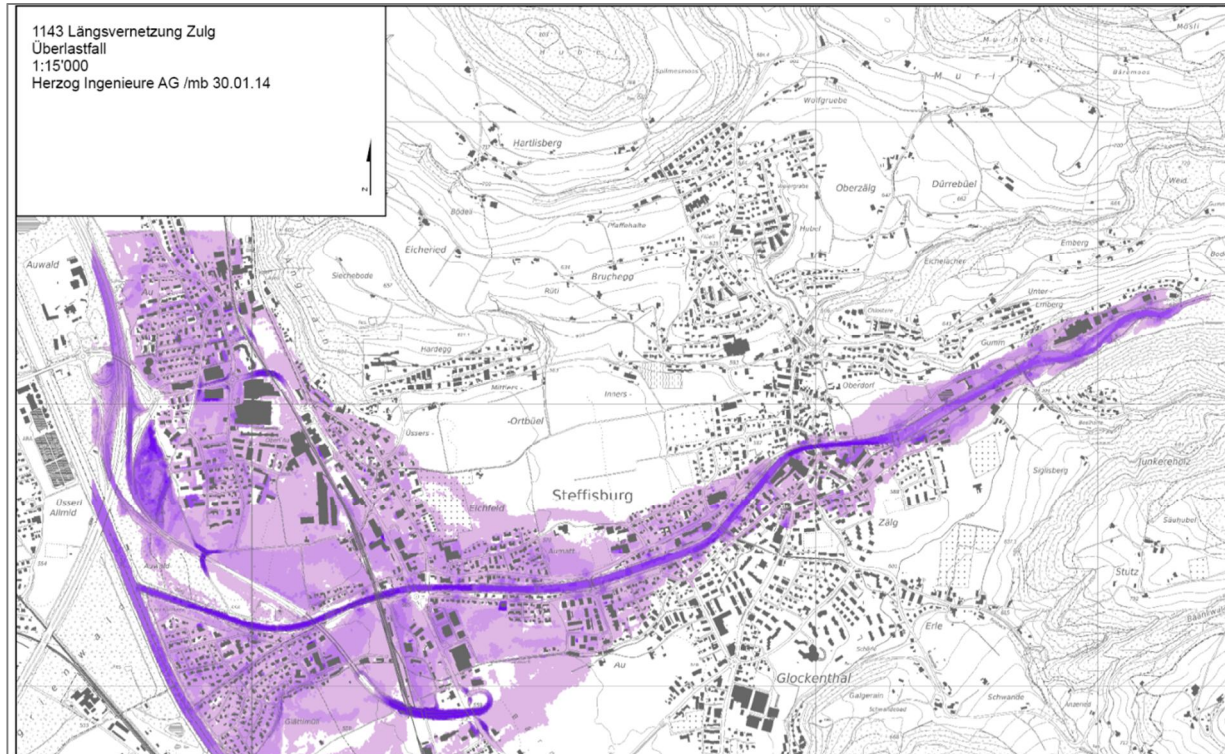


Abb. 26 ÜBERPRÜFUNG POTENZIELL BETROFFENE FLÄCHEN BEI BRÜCKENVERKLAUSUNGEN, UMHÜLENDE ALLER AUSTRITTSSTELLEN, ABFLUSS AUSSERHALB GERINNE JEWEILS 300 M³/S

Zur Überlastlenkung bot sich zunächst eine einfache Uferdifferenz an. Eine solche wurde zu Beginn der Planungen auch vorgesehen. Die zweidimensionalen hydraulischen Modellierungen zeigen, dass eine Uferdifferenz von 0.5 m trotz der erheblichen Gerinnebreite und den hohen Fliessgeschwindigkeiten genügt, um den überschüssigen Abflussanteil einseitig auszuleiten. Uferdifferenzen wurden für verschiedene Abschnitte untersucht.

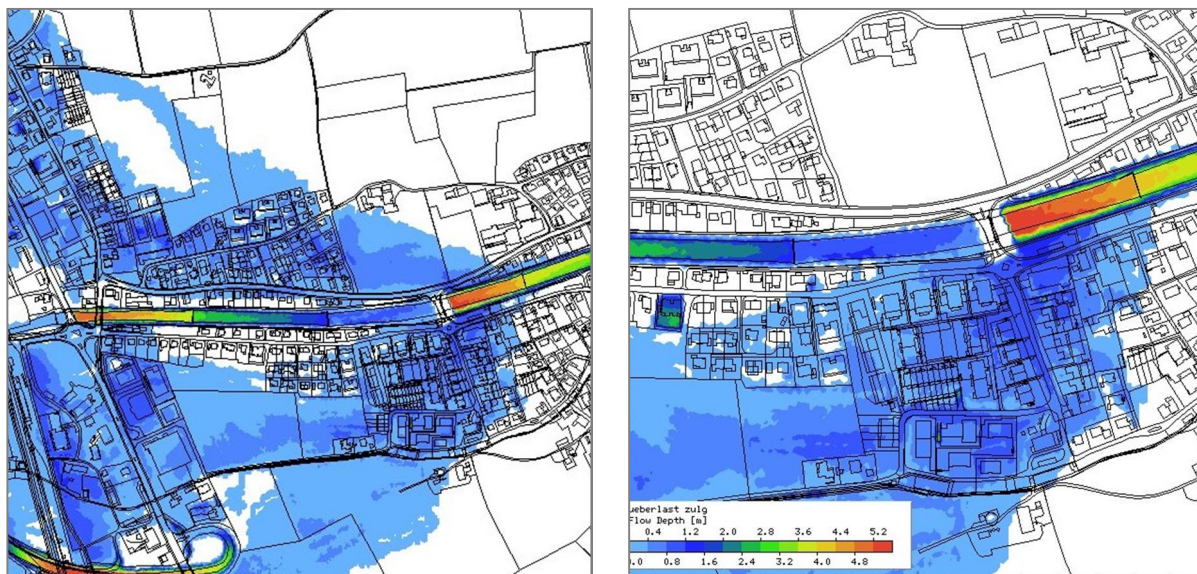


Abb. 27 BRÜCKENVERKLAUSUNG SCHÖNAU: LINKS UNGERICHTET, RECHTS EINSEITIG AUSGELENKT MIT ERHÖHTEN ÜBERSCHWEMMUNGSINTENSITÄTEN IM WOHNQUARTIER



Ebenfalls geprüft wurden Sekundärmassnahmen in den Überlastflächen. Es gibt nur beim Quartier 'Kaliforni' (linksufrig vor der Mündung in die Aare) eine vernünftige Möglichkeit für einen wirksamen Flächenschutz. Auch dieser wäre aber noch mit Fragezeichen verbunden, da ein Bach mittendurch die Schutzlinie führt.

Alle anderen sinnvollen Schutzlinien liegen mitten im dicht überbauten Gebiet und wären daher nur mobil machbar. Für mobile Massnahmen innerorts – welche auch Strassensperrungen und dgl. verlangen – sind an der Zulg in Steffisburg die Anlaufzeiten jedoch viel zu kurz.

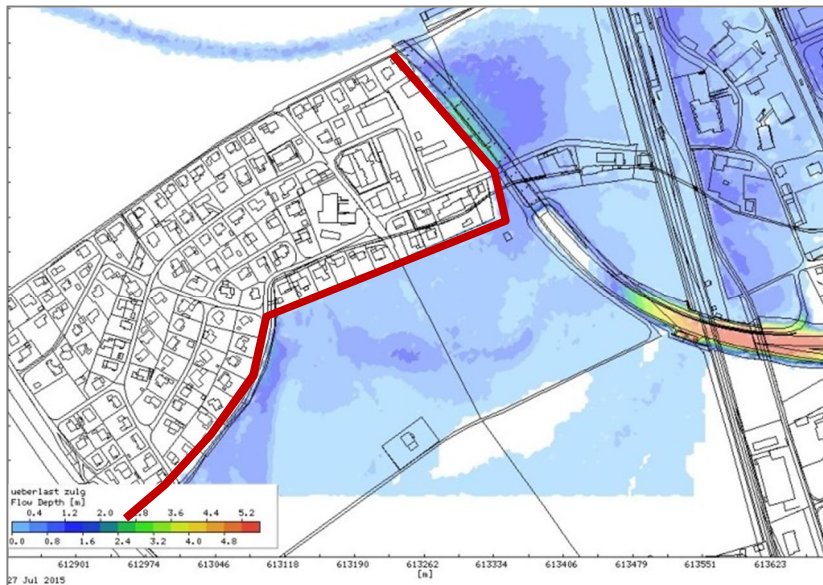


Abb. 28 MÖGLICHE SEKUNDÄRMASSENNAHME IM KALIFORNI, UNTERBROCHEN ALLERDINGS DURCH DEN BACHLAUF DES MÜHLIBACHES, NICHT WEITER IM DETAIL UNTERSUCHT

Es wurde aus diesen Gründen entschieden, auf überlastlenkende Massnahmen zu verzichten. Zwingende Voraussetzung dafür ist der Bau des Holzrechens. Der Überlastfall ist in Kap. 6.10 ausführlich beschrieben.



6. MASSNAHMEN

6.1. Unterhalt

Der Unterhalt an der Zulg wird durch das Bauamt der Gemeinde sichergestellt und umfasst folgende Massnahmen:

1. Beobachten und Räumen der Zulgsohle oberstrom der Müllerschwele nach Auflandungen
2. Ordentlicher Bauwerksunterhalt (Sperre, Böschungsverbau, Sohlschwellen, Bestockung)
3. künftiger Betrieb und Unterhalt des Holzrechens, evtl. mit finanzieller Unterstützung weiterer Nutzniesser³

Der Unterhalt ist durch die Wasserbaupflicht der Gemeinde und das entsprechende Budget sichergestellt. Dazu gehört auch die forstliche Pflege der Gerinneabhängungen innerhalb des Gemeindegebietes. Mit vermehrten Unterhaltsmassnahmen alleine kann aber die Hochwassersicherheit nicht erreicht werden. Bauliche Massnahmen sind unumgänglich.

Die Gemeinde Steffisburg erarbeitet zurzeit ein Projekt 'Gerinneabhängungen' gemeinsam mit den Oberliegergemeinden.

6.2. Raumplanerische Massnahmen

Der Talboden zwischen Gummsteg und Einmündung in die Aare ist bereits stark überbaut. Eine raumplanerische Lösung des Hochwasserschutzproblems ist hier nicht mehr möglich, auch nicht das Ausscheiden von Überlastkorridoren (vgl. auch Kap. 6.10 unten).

6.3. Holzrückhalt

Bemessungsannahmen und Anforderungen

Die grösste Gefährdung an der Zulg wird - ausser durch die im Projekt zu behebbende mangelnde Gerinnekapazität - durch das Schwemmholz verursacht. Eine unumgängliche Massnahme zur Verbesserung der Hochwassersicherheit in Steffisburg und Heimberg ist damit der Holzrechen. Ein Holzrechen ist auch Voraussetzung dafür, dass der Überlastfall ungerichtet bleibt, also keine Uferdifferenz vorgesehen ist und auch keine Überlastkorridore vorgesehen werden (vgl. Kap. 6.10).

Die zurückzuhaltende Holzmenge für das 100-jährliche Hochwasserereignis liegt in einer Grössenordnung von bis zu 2'000 m³ (Kap. 3.7). Diese Zahl ist als 'Festvolumen' zu verstehen, Erfahrungsgemäss entspricht der Auflockerungsfaktor bei Schwemmholz von Festmetern zu 'locker' etwa 2 bis 5, beim Ereignis 2005 wurden - erstaunlich gleichmässig über die Schweiz verteilt - Auflockerungsfaktoren zwischen 3 und 3.5 festgestellt [26]. Die Menge von 2'000 m³ Festmetern entspricht damit etwa 6'500 m³ locker. Die Herleitung des Schwemmholzpotentials und verschiedenen Prozesse wurde von Hunziker Gefahrenmanagement erarbeitet und in einem Bericht [28] detailliert festgehalten.

Es sollte vermieden werden, dass durch den Holzrechen auch erhebliche Mengen an Geschiebe zurückgehalten werden. Einerseits, weil dadurch das Bauwerk wesentlich grösser dimensioniert werden müsste, andererseits weil das Geschiebe während Hochwasserereignissen ohne Probleme zu verursachen durch das Siedlungsgebiet hindurch bis in die Aare transportiert wird und ein Rückhalt enorme Betriebskosten nach sich ziehen würde, welche nicht gerechtfertigt werden können.

³ Namentlich profitieren die Gde. Heimberg und die Stadt Bern sowie das an den Wehren in Bern unterhaltspflichtige EWB von einem Holzrechen. Entsprechende Vereinbarungen sind vorgesehen, aber noch nicht erarbeitet worden. Dies ist Sache der Beteiligten.

Systemwahl und Standort

Ein Holzurückhalt an der Zulg muss damit folgende Anforderungen erfüllen:

- Rückhalt von mindestens 2'000 m³ Schwemmholz, fest
- Möglichst wenig Rückhalt von Geschiebe
- Gute Zufahrt für Unterhalt und Betrieb
- Möglichst nahe am Siedlungsgebiet (keine holzreichen Zwischenstrecken)
- Robustes Verhalten im Überlastfall

Aufgrund der Nähe zur Siedlung dürfte ein Holzrechen nach dem Kriterium der besonderen Gefahr unter die kantonale Stauanlagenaufsicht fallen, mindestens wenn ein geschlossenes System (Rückhaltesperre über den ganzen Querschnitt) gewählt würde, welches auf einmal kollabieren kann.

Aufgrund dieser Anforderungen sollte von einem Sperrenbauwerk abgesehen werden. Auch ein Tauchwandsystem bietet sich wenig an. Es wird ein verteilter Rechen empfohlen, dessen Elemente quer oder parallel zur Strömung angeordnet werden. Ein solches System benötigt sehr viel Platz, kann aber eine bestmögliche Trennung von Holz und Geschiebe gewährleisten.



BEISPIELE, LINKS: VERTEILTER HOLZRECHEN GÜRBE IM MODELL, RECHTS PARALLELRECHEN SIHL, VISUALISIERUNG NZZ

Der Gerinneabschnitt im Gebiet 'Zulgboden' bietet sich als idealer Standort für den vorgesehenen Rückhalt an. Bereits im heutigen Zustand bleibt hier Holz liegen und aufgrund der grossen Breite bleibt genügend Platz für den Durchfluss von Wasser und Geschiebe. Der Gerinneabschnitt ist mehrere hundert Meter lang, so dass genügend Gestaltungsspielraum, aber auch spätere Anpassungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Der Zwischenabschnitt bis zur Siedlung ist kurz und kann mit überblickbarem Aufwand forstlich gepflegt werden. Die Zufahrt ist einfach lösbar (s.u.).

Weiter oben verläuft die Zulg in der stark bewaldeten und engen Schlucht und ist kaum zugänglich.

Der Standort Zulgboden ist damit zwingend, die Systemwahl erfolgte im Rahmen des Modellversuchs.



Abb. 29 STANDORT HOLZRECHEN IM ZULGBODEN

Modellversuch

Für die Optimierung und Dimensionierung des Holzrechens war ein physikalischer Modellversuch unerlässlich. Darin mussten folgende Aspekte untersucht werden:

- Definitive Systemwahl aufgrund von ausführlichen Vorversuchen
- Rückhalt von mindestens 2'000 m³ Festvolumen.
- Optimierung der Rechenanordnung in Bezug auf Holzrückhalt sowie Trennung von Holz und Geschiebe
- Quantifizierung der Bauwerkskolke
- Verhalten im Überlastfall

Auf dieser Basis erstellte das Institut für Bau und Umwelt (IBU) an der Hochschule in Rapperswil ein physikalisches Modell. Der Zulgboden wurde im Massstab 1:45 nachgebaut, der Felsverlauf wurde im Feld aufgenommen und im Modell mit Mörtel fest eingebaut. Die Gerinnesohle wurde beweglich gestaltet, um die Sohlenveränderungen realistisch nachzubilden und Aussagen über die Kolkiefen machen zu können. Das Schwemmholz wurde in drei verschiedene Grössenkategorien aufgeteilt und zur optischen Unterscheidung farblich differenziert.

Die Vorversuche zeigten rasch, dass sich die natürliche Kurve der Zulg auf Höhe der Gerinnezufahrt für einen Parallelrechen eignet. Um dessen Funktionalität zu gewährleisten wurde ein V-Rechen oberstrom davon angeordnet.

Folgende flankierende Massnahmen sollen zudem die Effizienz verbessern: Abtrag der 'Felsnase' in der Aussenkurve, Lenkbühne als Leitbauwerk um die Strömung in den V-Rechen zu leiten.

Es wurden auch aufgelöste Systeme oder ein geschlossenes Querbauwerk untersucht, diese waren jedoch weniger effizient im Rückhalt, resp. in der Trennung von Holz und Geschiebe.



Abb. 30 FOTO MODELLVERSUCH AUS [42]

Der detaillierte Beschrieb mit den vollständigen Modellparametern und Versuchsergebnissen ist im Technischen Bericht des Modellversuchs [42] ersichtlich (Beilage zu diesem Dossier).

Massnahmen

Parallelrechen:

Länge = 95 m, 20 Rechenstäbe mit Abstand 5.0 m

V-Rechen:

Länge = 75 m, 16 Rechenstäbe mit Abstand 5.0 m

Die Rechenstäbe werden 6.0 m im Fels eingebunden, hinzu kommt im Maximalfall 8.5 m freistehende Höhe. Diese setzt sich zusammen aus der wechselnden Sohlenlage (1.0 m), dem unregelmässigen Felsverlauf (1.5 m) und einer Reserve (1.0 m) damit die Projekthöhe allfällig später erhöht werden könnte. Die erforderliche Nutzhöhe beträgt ab Sohle minimal 5.0 m.

Den einzelnen Rechenstab bildet ein Stahlrohr ROR 1219 ausbetoniert und bewehrt, querverbunden mit 3 Horizontalseilen. Die Bohrung von 1350 mm im Fels erfordert grosse Geräte, Zugänglichkeit und Bohrplanum wurden entsprechend eingeplant.

Für die Dimensionierung der Rechenstäbe wurde eine Kombination aus dynamischem Wasserdruck und statischen Schwemmholz- und Geschiebedruck (gefüllter Rechen) angenommen. Allerdings hat nicht jedes Rechenelement diese volle Kombination aufzunehmen, weshalb in den Nachweisen zur Ausführung eine Unterscheidung der Lastfälle je nach Position des Rechenstabs sinnvoll erscheint. Momentan ist die Annahme auf der 'sicheren' Seite, auch weil geotechnische Untersuchungen an den

einzelnen Bohrstellen noch ausstehend sind. Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung könnte eine Veränderung des Stababstands sein, ein folglich geringerer Bohrdurchmesser würde Sparpotential mit sich bringen.

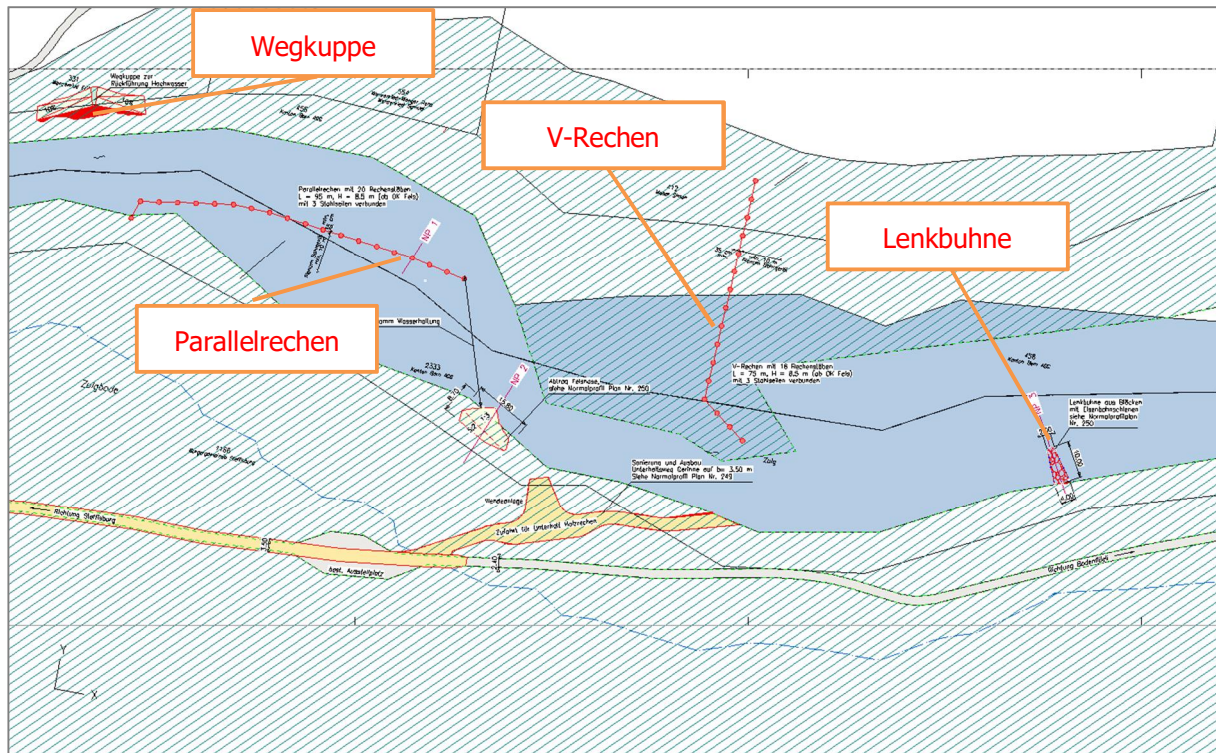


Abb. 31 AUSSCHNITT AUS SITUATION, MASSNAHMEN SCHWEMMHOLZRÜCKHALT

Die Lenkbuhne oberstrom des V-Rechens soll die Strömung in dessen Richtung ableiten. Damit wird der grössere Teil des ersten Schwemmholzteppichs darin zurückgehalten. Sie besteht aus grossblockigen Natursteinen, lose geschüttet. Sie wird durch in den Fels verankerte Bahnschienen gehalten.

Für eine direktere Anströmung des Parallelrechens wird der davorstehende Felsvorsprung abgetragen, künftig soll das Hauptgerinne innerhalb des Rechens verlaufen.

Der Parallelrechen nimmt viel Platz im heutigen Gerinnebereich ein, im Falle eines gefüllten Ablagerungsraumes muss die Zulug rechtsufrig am Rechen vorbeifliessen. Um einen ausreichenden Profilquerschnitt zu gewährleisten, ist eine kleine Rodung im Bereich der Waldinsel vorgesehen. Ausserdem wird unterstrom des Rechens der Weg angehoben mittels einer Schüttung und Uferverbau. Diese Kuppe lenkt das auf der rechtsseitigen Terrasse verlaufende Wasser zurück ins Hauptgerinne und schützt dadurch das überbaute rechte Zulugufer stromabwärts.

Unterhalt und Zufahrt

Der Holzrechen muss betrieben (Räumung nach Ereignissen) und baulich unterhalten werden. Der Unterhalt obliegt als Werkeigentümerin der Gemeinde Steffisburg. Die Gemeinde Heimberg hat ihren Boden für den Bau zur Verfügung gestellt, wird aber nicht am Unterhalt beteiligt.

Da die Räumung der Holzrechen im Gerinne erfolgt und die Sohle befahren werden muss, müssen Eingriffe jeweils mit dem Fischereiinspektorat abgesprochen werden. Auf eine Wasserhaltung und Verhinderung von Trübungen ist zu achten. Das Schwemmholz muss vom Geschiebe getrennt, zerkleinert, aufgeladen und entsorgt werden.

Am linken Ufer besteht auf Grundeigentum der Burggemeinde Steffisburg eine Walderschliessungsstrasse (Zulgrainweg). Diese kann mit wenig Aufwand für Vierachser tauglich gemacht werden. Sie kann auch als Baustellenzufahrt genutzt werden.

Auf Höhe des projektierten V-Rechens besteht eine alte, schmale Zufahrt ins Gerinne. Hier wurde offenbar bereits früher ein Zugang geschaffen. Diese Zufahrt kann reaktiviert und ausgebaut werden. Zwischen der Einfahrt ins Gerinne und der Waldstrasse befindet sich auf einem flachen Boden genügend Platz für eine Wendeanlage.



Abb. 32 LINKS EINFART INS GERINNE, RECHTS ABZWEIGUNG VOM ZULGRAINWEG

Die Zufahrt sollte durchgehend auf eine Breite von 3.50 m plus beidseitige Bankette ausgebaut werden. Der Koffer wird wo nötig verstärkt und der Oberbau nach Bauende ersetzt. Es wird eine wassergebundene Verschleisschicht aus bindigem Kiesmaterial eingebaut. Aufgrund der langen Räumungsintervalle besteht kein Bedarf für einen Asphaltbelag.

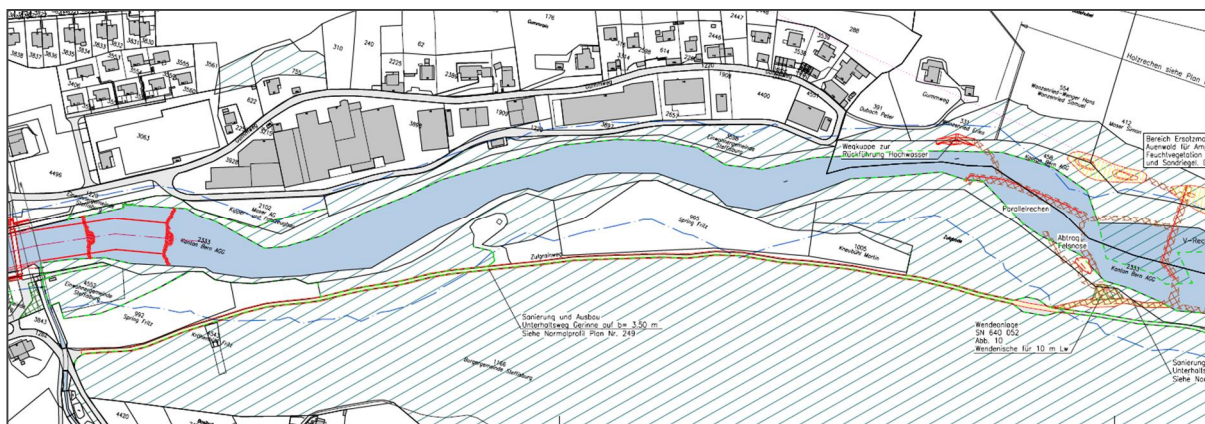


Abb. 33 AUSBAU GERINNEZUFART AB BESTEHENDER WALDSTRASSE

Nutzung und Unterhalt des Weges sind mit dem Grundeigentümer vertraglich zu regeln.

Zum Betrieb und Unterhalt des Rechens siehe auch separates Konzept in der Beilage.

6.4. Anhebung des Gummsteges

Der Gummsteg ist die oberste Brücke im Perimeter und die erste potenzielle Verklausungsstelle im Siedlungsgebiet. Aufgrund seiner leichten Konstruktion als Seilbrücke aus Stahl kann er mit geringem Aufwand angehoben werden. Der Steg ist beidseitig auf Auflagern aus Ortsbeton einfach gelagert. Diese können aufbetoniert werden. Wegen des grossen Gewichtes bietet sich eine hydraulische Anhebung an.



Die Aufgänge müssen angepasst werden. Es werden beidseitig je eine Treppe und eine Rampe mit maximal 6% Steigung (Rollstühle, Kinderwagen) vorgeschlagen. Der linksufrige Fussweg muss dazu leicht in das angrenzende Waldstück verschoben werden, rechtsufrig werden wenige m² Fläche des Freibades beansprucht.

6.5. Absenkung der Müllerschwelle

Die hydraulische Modellierung zeigt vom Gummsteg bis zur Müllerschwelle ein erhebliches Hochwasserschutzdefizit, welches nur durch eine Ufererhöhung oder eine Sohlenabsenkung gelöst werden kann. Da die Müllerschwelle zum Zwecke der Längsvernetzung und der Verbesserung des Geschiebetransportes ohnehin abgesenkt werden soll, galt es nun, den entsprechenden Betrag, resp. das Projektgefälle zu bestimmen.

Das Pauschalgefälle der Zulg – mithin also das natürliche Kegelgefälle – beträgt in Steffisburg 1.2 bis 1.3 %. Unter Anwendung des kleineren Wertes würde die Müllerschwelle um 1.5 m abgesenkt, mit dem höheren um 2 m. Die hydraulische Modellierung zeigte, dass eine Absenkung um 1.5 m das Hochwasserschutzdefizit nicht beheben kann, der Wasserspiegel eines HQ₁₀₀ liegt dann bündig auf Uferhöhe. Es wurde daher der grössere Wert gewählt. In allen untersuchten Varianten wurde die Absenkung der Müllerschwelle auf 2 m angesetzt.

Die geschiebetechnischen Modellierungen (Beilage zu diesem Dossier) zeigten, dass zwei weitere Massnahmen notwendig sind:

- die Verschmälerung des Gerinnes auf 23 m Sohlenbreite
- die Fixierung der Sohle

Es stellt sich gemäss Modell mittelfristig ein Gefälle von ca. 1 % ein. Da sich der Abschnitt unterstrom der Müllerschwelle bis zur Eisenbahnbrücke mit einem Pauschalgefälle von 1.2-1.3 % in latenter Erosion befindet, ist dieses Modellresultat plausibel.

Die erste Massnahme kommt der Gestaltung sehr entgegen. Die heutige Sohlenbreite beträgt rund 30 m. Durch die Absenkung der Sohle werden die Böschungen ohnehin länger und durch die Verschmälerung können sie flach ausgebildet werden. Alternativ sind auch Böschungen mit einer Neigung 2:3 möglich, dann entstehen kleine 'Vorländer', welche interessante ökologischen Standorte ergeben.

Die Länge der Absenkung reicht bis etwa 100 Meter oberstrom des Gummsteges, wo die bestehende Sohle wieder erreicht wird. Dadurch wird die Abflusskapazität vergrössert und der Geschiebedurchgang ermöglicht. Die Absenkung zieht eine Verlängerung der Böschungen nach sich und der Mündungsbereich des Fischbachs muss auf die Projekthöhe der Zulg angepasst werden. Die Böschungen müssen verbaut werden. Die Verbauungslänge beträgt beidufriß jeweils knapp 600 m.

Die Sohle wird auf diesem Abschnitt mit einem Traversensystem mit einfachen Blockriegeln gegen unten fixiert. Es wurde ein Nettogefälle von 0.8 % zwischen den Riegeln und eine Höhe von 0.3 m gewählt. Daraus ergibt sich ein mittlerer Abstand von ca. 60 m über die gesamte Strecke. Die Blockriegel erlauben eine naturnahe Gestaltung der Gerinnesohle sowie die Ausbildung einer Niederwasserrinne.

Unterstrom der Riegelbauwerke wird jeweils eine Kolkschutzwanne mit Blocksteinen gebildet. Diese soll lokal Tiefwasserbereiche mit einer Tiefe von 1.5 m beinhalten. Ebenso werden in unregelmässigem Abstand Störsteine im Niederwasserbereich integriert.



Abb. 34 BEISPIELE FÜR BLOCKSCHWELLEN / -RIEGEL MIT KLEINEN ABSTURZHÖHEN AN ANDEREN GEWÄSSERN

Die bestehende Sperre wird weiter verwendet. Die Krone wird etappenweise abgetrennt und reprofiliert. Die Breite beträgt neu ebenfalls 23 m und entspricht damit der Sohlenbreite des Abschnittes Gummsteg bis Müllerschwelle.

6.6. Abschnitt Müllerschwelle bis Dorfbrücke

Ufererhöhung linke Seite

Auf diesem Abschnitt besteht v.a. links im Bereich des Werkhofes ein erhebliches Hochwasserschutzdefizit. Das rechte Ufer liegt hier deutlich höher als das linke.

Es wurde entschieden, das linke Ufer auf Höhe des rechten Ufers anzuheben. Damit kommt es höher als UK der Dorfbrücke und auch höher als die Energielinie eines HQ₁₀₀ zu liegen.

Die notwendige Ufererhöhung beträgt fast 2 m. Technisch ist dies nur machbar, wenn als Schutzlinie der Weg entlang des Mühlibaches genommen und dann am Werkhof vorbei bis zur Post genommen wird. Die Anlagen der Platzger und Ornithologen haben ein tieferes Schutzziel und liegen ausserhalb der Schutzdämme. Aus Platzgründen ist es unerlässlich, die Zufahrt zu den genannten Anlagen zu verlegen und neu von Süden her zuzufahren. Der Fussweg entlang der Zulg kann auf den Damm verlegt werden.

Durch den Bau eines Schutzdammes zwischen Werkhof und Post wird der Platz der heutigen Parkplätze beansprucht. Es handelt sich gemäss der Signalisation um fünf (2 + 3) Kurzzeitparkplätze der Post, vier Parkplätze der Anwohner der Liegenschaft Unterdorfstrasse 1A, vier Parkplätze für Postpersonal und zwei Plätze, welche an Private vermietet sind. Die Plätze wurden mit der Baubewilligung des Gebäudes Unterdorfstrasse 1 / 1A bewilligt, wobei deren Anzahl in der Bewilligung nicht genannt wird. Sie liegen auf Grundeigentum der Gemeinde. Geht man vom heutigen Bestand aus, sollten 13 Parkplätze ersetzt, respektive anders angeordnet werden.

Dies ist grösstenteils in der unmittelbaren Umgebung möglich. Dadurch, dass der Schächliweg eine Einbahnstrasse ist, kann die heutige Durchfahrtsbreite reduziert werden. Damit können am heutigen Standort hinter der Post fünf Parkplätze längs angeordnet werden. Ab hier sollte die Überbreite der Strasse belassen werden, da sich im Boden ein Transportlift befindet. Ein etwas breiterer und nicht an der Blockmauer angeordneter Behindertenparkplatz findet Raum neben dem Velounterstand. Ob die Plätze links entlang der Mauer oder teilweise besser rechts vor den Gebäuden zu liegen kommen, kann im Detailprojekt noch geklärt werden.

Weitere Plätze können auf dem angrenzenden Gemeindeareal angeordnet werden, mindestens 12 Stellflächen können somit ersetzt werden.

Die Parkflächen und Einfahrtsradien sowie die Durchfahrtsbreiten entsprechen den VSS-Normen.

Die Verträge sind von der Gemeinde rechtzeitig anzupassen und zu erneuern.

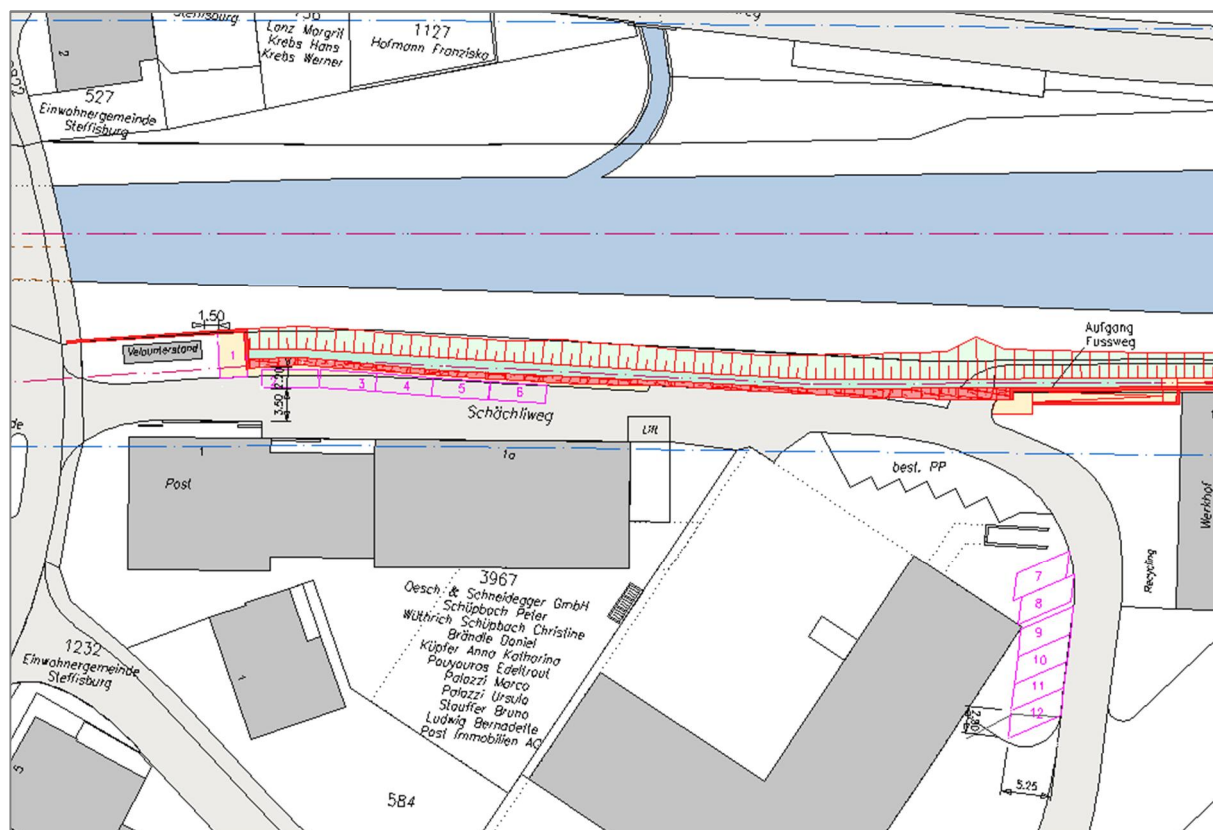


Abb. 35 MÖGLICHE NEUE PARKPLATZANORDNUNG AM SCHÄCHLIWEG

Der grosse und auch finanziell aufwändige Eingriff auf diesem Abschnitt kann mit der ausserordentlich hohen Verletzlichkeit des Gebietes begründet werden. Hier befindet sich die Gemeindeverwaltung, welche auch Standort des RFO ist, der Werkhof und die Feuerwehr. Im Untergeschoss der Gemeindeverwaltung befinden sich Archive und die Informatikzentrale der Gemeinde⁴.

Längsvernetzung Müllerschwelle

Die Zulg weist im Perimeter ein Gefälle von 1.2 - 1.3% und eine Sohlenbreite von 15 - 25 m auf. Sie liegt damit in der oberen Forellenregion. Die einzigen vorkommenden Fischarten sind die Leitarten Bachforelle und Groppe. Aufgrund des hohen Gefälles und des Wildbachcharakters der Zulg sind auch in Zukunft, d.h. nach Wiederherstellung der Fischgängigkeit unterhalb der Müllerschwelle, andere Arten (z.B. Barbe) höchstens in Einzelexemplaren zu erwarten.

Nach den verworfenen Überlegungen zum Bau von Rampensystemen (s. Kap. 5.1) wurde unter Einbindung der Fachexperten Matthias Mende (IUB Engineering AG) und Joachim Guthruf (Aquatica GmbH) zunächst eine Variantenstudie zu technischen Fischaufstiegshilfen durchgeführt. Untersucht wurden die Varianten konventioneller Schlitzpass ("Vertical-Slot-Pass"), Rundbeckenpass und 'Fischaufstiegsschnecke'. Die Schnecke wurde frühzeitig verworfen, da zu ihr bisher nur sehr wenige Erfolgskontrollen vorliegen und ihre fischökologische Funktionsfähigkeit nicht ausreichend belegt ist. Der konventionelle Schlitzpass und der Rundbeckenpass wurden basierend auf zahlreichen gesichteten Berichten von Erfolgskontrollen zum Fischaufstieg der Zielarten Bachforelle und Groppe gleichwertig

⁴ Diese Anlagen sollten trotz des verbesserten Hochwasserschutzes verlegt werden, da auch künftig kein absoluter Schutz besteht.



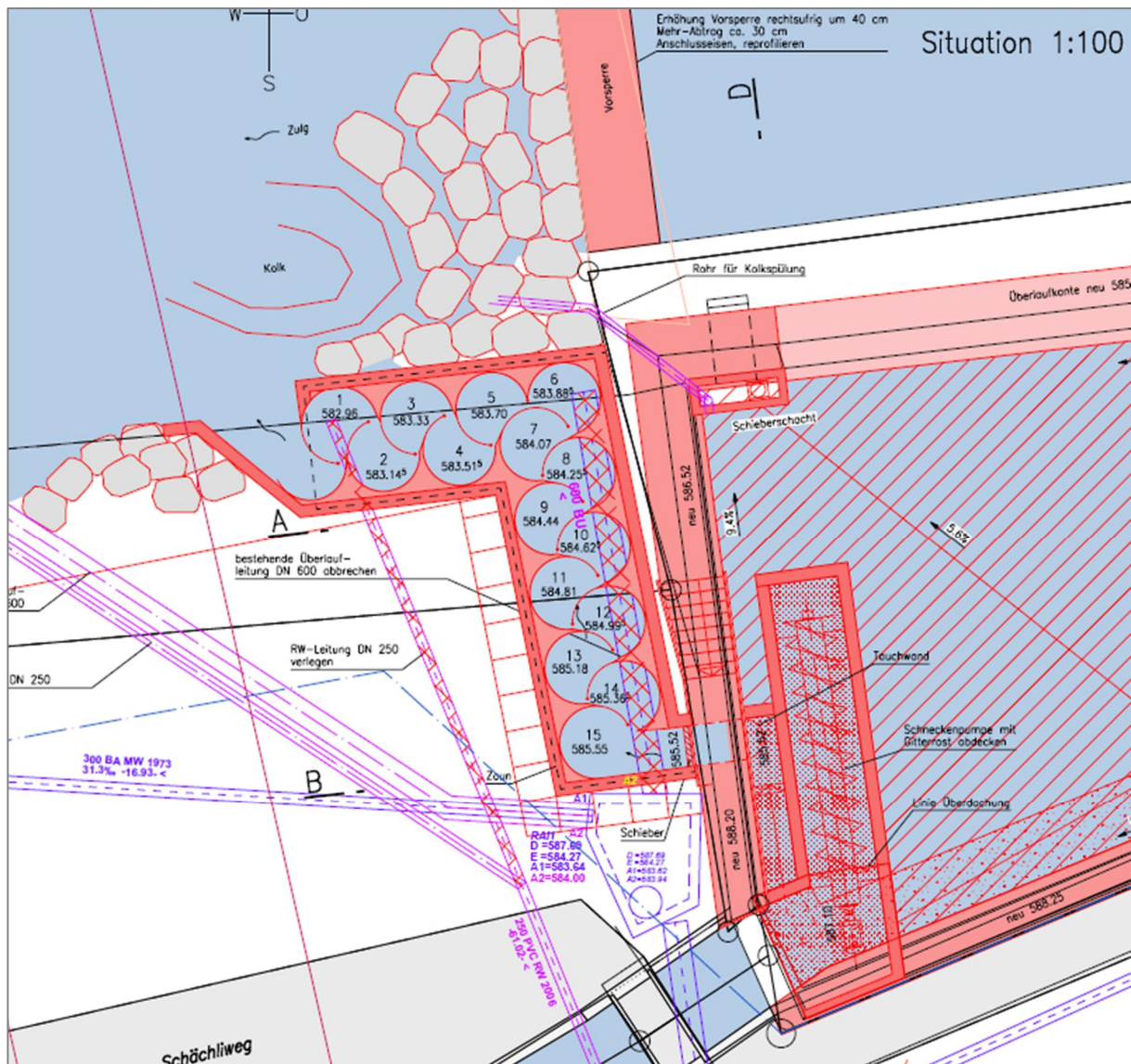
beurteilt. Da sich der Rundbeckenpass wegen seiner kompakten Anordnung jedoch besser in das bestehende Gelände einfügen lässt und Kostenvorteile aufweist, wurde in der Teamsitzung am 07. März 2018 entschieden, diesen Bautyp als Bestvariante weiterzuverfolgen.

Die Fischgängigkeit ist an mindestens 300 Tagen pro Jahr zu gewährleisten, d.h. von $Q_{330} = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $Q_{30} = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Innerhalb dieses Abflussspektrums tritt die grösste Fallhöhe bei Q_{330} auf, sie beträgt $\Delta H = 2.8 \text{ m}$. Der Rundbeckenpass überwindet diese Fallhöhe durch 15 Becken (Abb. 1), je Becken wird ein Höhenunterschied von $\Delta h = 18.5 \text{ cm}$ abgebaut.

Die kreisrunden Becken besitzen einen Innendurchmesser von 1.78 m (aussen 1.82 m) und sind ineinandergreifend angeordnet (Rundbeckenpass C-Typ). Rundherum wird ein 2.75 m breiter Trog (Innenmass) aus Ortsbeton erstellt. Durch die sehr kompakte Anordnung kann der Rundbeckenpass mit einer Rampenneigung von 20.5% gebaut werden. Die mittlere Fliesstiefe in den Becken beträgt $h_m = 0.90 \text{ m}$, die minimale Tiefe $h_{\min} = 0.70 \text{ m}$. Die Becken werden mit $Q = 120 - 140 \text{ l/s}$ dotiert. Bei 140 l/s ergibt sich eine Leistungsdichte von ca. $P = 120 \text{ W/m}^3$, sie liegt somit deutlich unter dem zulässigen Maximalwert (nach DWA 2014: $P_{\max} = 250 \text{ W/m}^3$). Die Schlitzbreite beträgt $s = 15 \text{ cm}$. Sie kann im Bedarfsfall mit geringem Aufwand auf bis zu 22 cm vergrössert werden, womit sich auch der Abfluss linear erhöht (max. $Q \approx 200 \text{ l/s}$). Die Sohle wird mit 8 cm Rundkies, einer Wirrgelegematte und Rauheitselementen (Halbschalen, dienen auch als Unterschlupf für Groppen) gestaltet. Vom Fischpassausstieg (Einlauf) wird die Betonsohle in einem Korridor bis zum Sandfangeinlauf rau gestaltet (z.B. durch einbetoniertes Geröll), damit auch die sohlengebundene Groppe den an den Rundbeckenpass anschliessenden Sandfang passieren kann. Im gesamten Wanderkorridor sind senkrechte Stufen in der Sohle zu verhindern, sie werden durch Anrampungen (Neigung $\leq 1:2$) angeglichen und sind dann auch für die Groppe passierbar.

Der Einlauf am Sandfang liegt unmittelbar unterhalb des verbleibenden Regenüberlaufschachts. Der Einlauf wird mit einer Tauchwand, bestehend auch einem halben Beckenelement (Halbkreis) vor Geschwemmseleintrag geschützt. Auch die geschützte Lage des Einlaufs im Sandfang trägt zu einer Minderung des Schwimmstoffeintrags (insb. Schwemmholz) bei. Im Hochwasserfall wird der Rundbeckenpass durch einen schwimmergesteuerten Schieber am Einlauf geschlossen und somit ein starker Eintrag von Sedimenten und Schwimmstoffen verhindert. Auch bei geschlossenem Schieber verbleibt ein kleiner Restabfluss im Rundbeckenpass, so dass die Fische nicht trocken fallen.

Nach dem Einlauf unmittelbar unterhalb der Schneckenpumpe (Wasserentnahme Mühlibach) verläuft die Fischaufstiegshilfe parallel zur Sandfangwand und beschreibt dann einen ca. 90°-Knick. Durch die Lage im Ufer unterhalb des Sandfangs ist der gesamte Rundbeckenpass vor dem oft massiven Strömungsangriff (inkl. Abrasion durch Geschiebe) der Zulg geschützt. Der Einstieg (Auslauf) liegt etwa 8 m unterstrom der Vorsperre der Müllerschwelle. Damit die Strömung der Zulg ständig im Bereich des Einstiegs liegt und dieser somit auch von den Fischen erreicht und aufgefunden werden kann, wird die Vorsperre rechtsseitig um 40 cm erhöht. Das Niedrig- und Mittelwasser wird dadurch linksseitig, d.h. entlang des Einstiegsbereichs geführt. Dieser Effekt wird durch die Querneigung der abgesenkten Müllerschwelle (Tiefpunkt links) verstärkt. Im linken Bereich unterhalb der Vorschwelle wird die Sohle so mit Blocksteinriegeln gestaltet, dass ein Kolk entsteht, der ständig ausreichende Fliesstiefen im Einstiegsbereich gewährleistet. Dem Kolk kommt somit für die Funktion der Fischaufstiegshilfe eine sehr hohe Bedeutung zu. Sollte sich der Kolk trotz genannter Sperrengestaltung verfüllen, kann er durch eine vom Sandfang ausgehende Rohrleitung wieder freigespült werden. Das über die Vorschwelle und die anschliessenden Blocksteine fliessende Wasser erzeugt im oberen Kolkbereich eine hohe Turbulenz, die für Fische desorientierend und als hydraulische Barriere wirken kann. Aus diesem Grund wurde der Einstieg in den Rundbeckenpass um 8 m (s.u.) von der Vorsperre abgerückt.





Passierbarkeit). Durch unterschiedlich weites Flussabwärts-Versetzen der markierten Fische kann zusätzlich die Passierbarkeit der flussabwärts der Müllerschwelle liegenden Querriegel ermittelt werden.

Die Wirkungskontrolle ist hier rein orientierend erläutert und nicht Teil des Projektes.

6.7. Abschnitt Dorfbrücke bis Bernstrasse

Hochwasserschutz

Die Gerinnekapazität auf diesem Abschnitt ist praktisch überall genügend für ein 100-jährliches Hochwasser (freie Strecke). Nur linksufrig beim Schulsteg besteht eine lokale Senke (PP). Die bestehenden Sperren wie auch die Uferverbauungen sind durchgehend in einem guten bis annehmbaren Zustand. An den Brücken wird ein begrenztes Risiko unter dem Aspekt des neuen Holzrechens in Kauf genommen. Es werden keine Massnahmen getroffen.

Die Abflussverhältnisse sind im Rahmen des Ausführungsprojektes bei den einzubauenden Blockriegeln (vgl. nächster Abschnitt) örtlich zu untersuchen und die optimale Anordnung zu wählen. Ebenso können örtliche kleine Reprofilierungen bei Tiefstellen ausgeführt werden.

Längsvernetzung

Auf diesem Abschnitt wird die Durchgängigkeit durch etliche Sperren verschiedener Höhe unterbrochen. Die Längsvernetzung muss verbessert werden. Dazu werden alle Sperren umgebaut. Die Sperrenkronen werden horizontal ca. 25 cm unterhalb der Projektsohle abgetrennt, damit sie nicht mehr sichtbar sind, jedoch als Sohlenfixpunkt im Überlastfall erhalten bleiben. Die Höhendifferenz wird mit Blockriegeln ober- und unterstrom der Sperren überwunden.

Es ist darauf zu achten, dass ihr Tiefpunkt mittig im Gerinne liegt. Ausserdem werden sie leicht gekrümmt angeordnet, damit der Abfluss nicht in Richtung der Ufer gelenkt wird.

6.8. Neue Zuleitung Mühlibach / Umbau Sandfang

Durch die Absenkung der Müllerschwelle kann der Mühlibach nicht mehr direkt aus der Zulg gespiesen werden. Es musste eine neue Lösung für die Wasserentnahme gefunden werden.

Ursprünglich wurde eine Freispiegelleitung angestrebt, welche eine Fassung rund 300 m oberstrom der Müllerschwelle beinhaltet und in einem Betonrohr DN 70 cm innerhalb der linken Uferböschung geführt wird. Der dafür benötigte Aushub landseitig stellte sich als nur schwer machbar heraus, da einige Gebäude unmittelbar an der geplanten Linienführung stehen und einen offenen Graben verunmöglichen. Die Leitungsführung ausserhalb der Böschung (im Abflussbereich des Zulggerinnes) wurde ebenfalls geprüft, eine hochwassersichere Montage jedoch als aufwändig beurteilt. Ausserdem würde sie im unteren Verlauf aus dem Wasser ragen und läge im Gewässer.

Schneckenpumpe

Aus obengenannten Gründen entschied der Bauherr, eine elektrische Pumpe zu planen, welche das Wasser aus dem Sandfang in den Mühlibachkanal fördert.

Diese wird in einem Neigungswinkel von 30° an die unterstromseitige Beckenwand montiert. Es wird ein Schacht als Pumpensumpf betoniert mit einer Überfallkante knapp unterhalb des Wasserspiegels, damit das geförderte Wasser einen möglichst kleinen Sandanteil beinhaltet.

Die archimedische Schneckenpumpe fördert mit einer 3-gängiger Schraube etwas mehr als die geforderten 400 l/s, der Spiralendurchmesser beträgt 130 cm.

Auf der landseitigen Mauer des Sandfangs wird der Motorenraum platziert, dadurch ist auch die Zugänglichkeit für Wartung und Kontrollen gegeben.

Der Mühlbach wird um das 'Zulaufpodest' bis unter den Pumpenauslauf verlängert. Die bestehende Schiebervorrichtung am Mühlbachkanal soll nach Möglichkeit erhalten bleiben.

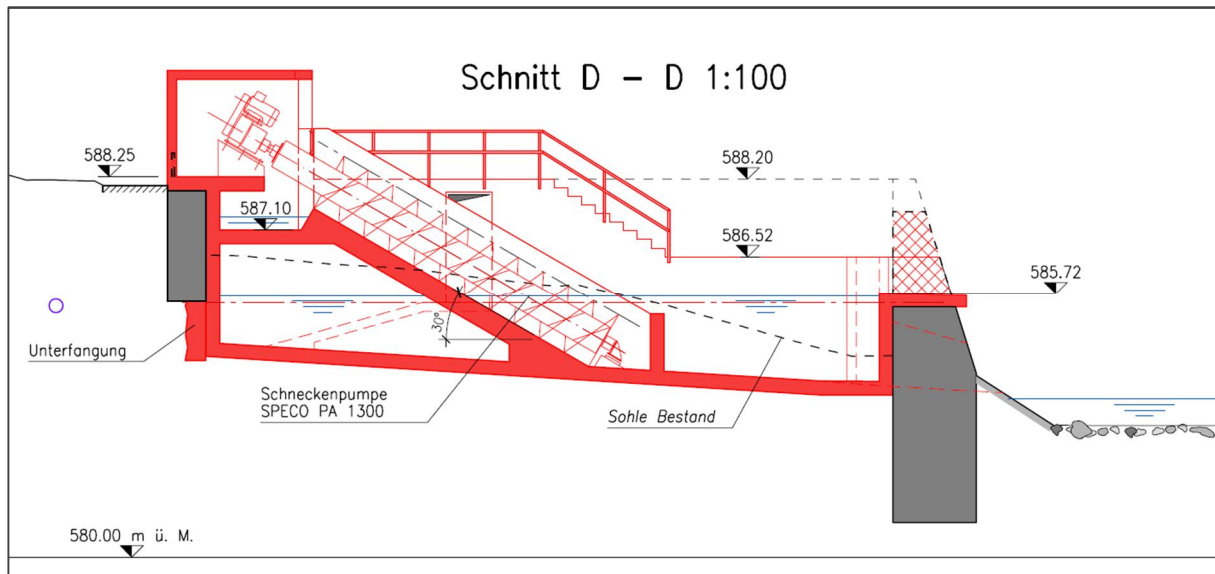


Abb. 37 LÄNGSSCHNITT DURCH SCHNECKENPUMPE INNERHALB SANDFANG MÜLLERSCHWELLE

Im Falle eines Betriebsausfalls der Schneckenpumpe muss der Mühlbach trotzdem gespiesen werden. Hierfür kann die Feuerwehr kurzfristig eine Tauchpumpe installieren oder Wasser ab Hydrant einleiten. Diese Massnahme wird im Notfallkonzept der Gemeinde integriert.

Umbau Sandfang

Um dasselbe Mass wie die Müllerschwelle, wird auch der bestehende Sandfang linksufrig der Schwelle abgesenkt. Dieser dient als Geschieberückhalt für die Entnahme des Mühlbaches. Ebenfalls mündet neu der Ausstieg des Fischpasses im Becken.

Die bestehenden Wände können als Baugrubensicherung belassen werden, im Innenraum wird ein neues, rund 1.5 m tiefer fundiertes Becken betoniert. Die bestehenden Mauern müssen teilweise unterfangen werden. Eine Baugrubensicherung ist unerlässlich.

Die Einlaufkote des Sandfangs entspricht der Überfallhöhe der Müllerschwelle. Am oberstromseitigen Ende wird ein Drosselbauwerk erstellt, um im Hochwasserfall dessen Verklauung zu provozieren und einen grossen Geschiebeeintrag zu verhindern.

6.9. Verlegung Abflussmessstelle AWA

Die Messstelle Zulg, Heimberg (A090) des AWA, Kt. Bern muss aufgrund der laufenden Hochwasserschutz- und Längsvermessungsprojekten verschoben werden. Am Schulsteg in Steffisburg besteht deshalb eine provisorische Mess-Installation, die mit der Realisierung des vorliegenden Projektes definitiv erstellt werden soll.

Es ist vorgesehen, die Betonsperre bei der Einmündung Bösbach dreieckförmig einzuschneiden; dies erlaubt eine präzise Messung auch bei kleinen Abflüssen. Im Gegensatz zu den restlichen bestehenden Sperren soll diese sichtbar bleiben, mit einer geringen Überfallhöhe jedoch ebenfalls die Anforderungen der Fischgängigkeit erfüllen.

Als 'Reserve' im Falle einer Sohleneintiefung soll der Niederwasserausschnitt zusätzlich 30 cm tiefer abgetrennt und dort ein entfernbare Element (Stein- / Betonplatte) eingesetzt werden.

Die Anschlüsse / Installationen der Messstelle werden vom AWA geplant und separat bewilligt.

6.10. Überlastfall und Notfallplanung

Prozesse

Der Überlastfall kann anhand dokumentierter Ereignisse in den vergangenen Jahren relativ gut antizipiert werden. Dabei spielen insbesondere die zu erwartenden grossen Holzmengen eine wichtige Rolle. Die vergangenen Ereignisse haben gezeigt, dass folgende Charakteristika des Überlastfalls berücksichtigt werden müssen:

- Sehr steiler Anstieg des Abflusses von wenigen m^3/s auf die maximale Abflussspitze innert weniger Minuten
- Dem EHQ und damit auch der Abflussspitze kann grundsätzlich keine Jährlichkeit zugeordnet werden. Als Abflussmenge für das EHQ wird nach gängiger Praxis 150% des HQ_{100} ($315 \text{ m}^3/\text{s}$) angenommen. Diese Abflussmenge ist durchaus plausibel.
- Grosse Holzmengen in Teppichform an der Front der Abflusswelle
- Szenario 'Flutwelle' aufgrund eines Dammbruchs in der Schlucht

Massnahmen

Die Beherrschung des Überlastfalles stellt in Steffisburg eine besondere Herausforderung dar. Die Besiedlung ist im eigentlichen Ortskern beidseits der Zulg bis an den jeweiligen Hangfuss vergleichbar dicht und schadensanfällig. Aufgrund des Schadenpotenzials lässt sich keine durchgehende einseitige Priorität für den erhöhten Schutz ableiten. Es besteht im Tal kein Platz für einen eigentlichen Überlastkorridor. Nur im obersten Abschnitt bis zur Dorfbrücke bietet sich die rechte Seite als Überlastseite an, da dort praktisch nur das Freibad betroffen wäre, auf der linken Seite hingegen einige Wohngebäude. Unschön an dieser Wahl wäre, dass die Zulg stark auf Gewitter reagiert, ausserordentlich rasch ansteigt und dies auch bei Gewitterereignissen, welche nur das Eriz betreffen, in Steffisburg also evtl. gar nicht bemerkt werden. Im schlechtesten Fall wäre die Badi in Steffisburg zu Beginn eines Ereignisses voll mit Besuchern. Eine Überlastlenkung in die Badi kann trotz Notfallplanung nicht akzeptiert werden.



Abb. 38 ABSCHNITT GUMMSTEG BIS MÜLLERSCHWELLE, RECHTSUFRIG DAS GROSSE FREIBAD, LINKS EINIGE WOHNGEBÄUDE

Es wurde für sämtliche Gerinneabschnitte untersucht, wie sich eine einseitige Lenkung z.B. durch eine Uferdifferenz auswirken würde. Es zeigte sich, dass die Intensitäten auf der 'benachteiligten' Seite



ansteigen, was nicht tolerierbar ist, da es sich durchwegs um Wohnquartiere und öffentliche Gebäude (Schulen) handelt.

Zu guter Letzt wurde in Absprache mit den Fachbehörden von Bund und Kanton auf Uferdifferenzen an der Zulg verzichtet, da die Flussufer beidseitig dicht überbaut sind und eine einseitige Ausleitung das Personenrisiko durch erhöhte Intensitäten vergrössern würde. Ohne Holzanteil kann ausserdem auch ein Extremhochwasser im Gerinne abgeführt werden.

Da die Zulg durchgehend im Einschnitt verläuft, ist die Situation im Überlastfall auf freier Strecke auch ohne Uferdifferenz akzeptabel, sofern Brückenverkläusungen ausgeschlossen werden können. Dies wird mit dem Holzrechen weitestgehend sichergestellt, auch wenn aufgrund des Rechensystems (verteilter Rechen) ein Restrisiko verbleibt. Wenn beide Ufer auf der gleichen Höhe verlaufen, sind die Intensitäten und insbesondere die Personenrisiken geringer als bei einseitiger Lenkung.

Aus diesen Gründen wurde entschieden, auf überlastlenkende Massnahmen ausserhalb des Gerinnes zu verzichten.

Notfallplanung

Die Notfallplanung wurde durch die Gemeinde unter Begleitung des BSM des Kantons Bern bereits erarbeitet. Die Umsetzung wird durch die Wehrdienste wahrgenommen.

Nach Genehmigung des Projektes müssen die Auswirkungen der Massnahmen mit den Wehrdiensten zusammen besprochen werden. Alarm- und Interventionspläne sind der neuen Situation anzupassen. Es ist zu prüfen, ob auch die einzelnen Bauphasen in einer 'temporären Notfallplanung' berücksichtigt werden sollten.

7. UMWELT

7.1. UVB-Pflicht

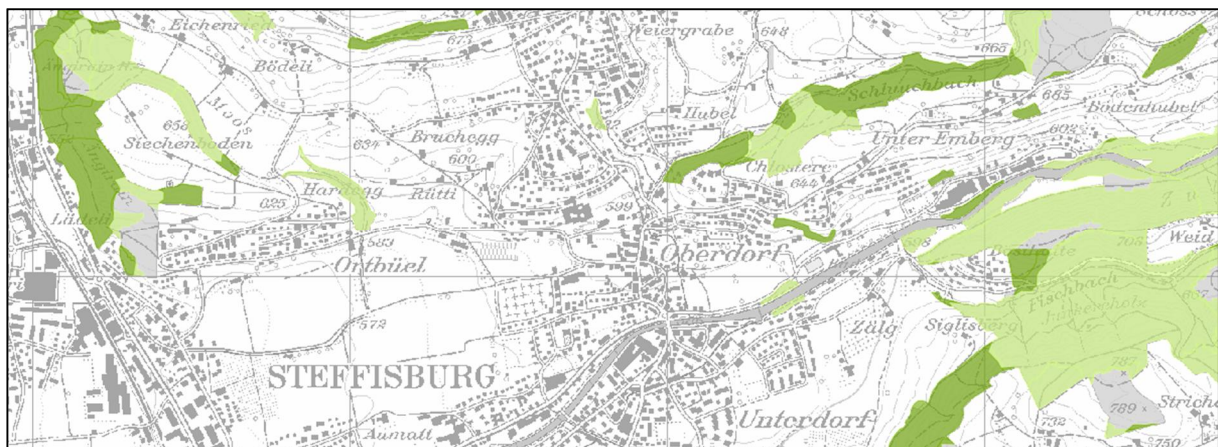
Das Projektvorhaben ist aufgrund der Höhe des Kostenvoranschlages von > Fr. 10 Mio. UVB-pflichtig. Der Bauherr hat ein spezialisiertes Unternehmen beauftragt. Der Bericht (UVB) liegt diesem Dossier bei.

Aus diesem Grund werden unter diesem Kapitel nur die Rodungen nach Waldrecht behandelt, alle übrigen Umweltbereiche finden sich im UVB.

7.2. Rodungen

Holzrechen Zulgboden und Zufahrt

Der Perimeter Holzrechen liegt teilweise im Waldareal, welcher ausserdem als Schutzwald, als 'potenzieller Auenwald' und als Waldnaturinventar ausgewiesen ist.



**Abb. 39 AUSSCHNITT DER SCHUTZWALDHINWEISKARTE DES KANTONS BERN (QUELLE: GEOPORTAL KT. BE),
DUNKELGRÜN: OBJEKTSCHUTZWALD, HELLGRÜN: STANDORTSCHUTZWALD**

Gemäss Vorabklärung des OIK I bei der Waldabteilung Voralpen soll für die geringfügige Verbreiterung der bestehenden Waldstrasse und die vorgesehene Wendeanlage sowie Ausweichstellen infolge temporärer Zweckentfremdung eine temporäre Rodung beantragt werden, ohne Rückbau und ohne Ersatzmassnahmen.

Die Baupiste im Wald geht nach Abschluss der Arbeiten in einen 'forstlichen Erschliessungsweg' über und kann als Zufahrt für den Gewässerunterhalt genutzt werden.

Der Holzrechen kommt teilweise im Waldareal zu liegen (aktuelle Waldfeststellung der Waldabteilung vom Oktober 2015), dem Dossier liegt ein Gesuch für die nichtforstlichen Bauten im Wald bei. Für das Bohrplanum werden ebenfalls temporäre Rodungen beantragt. Für die ökologischen Ersatzmassnahmen (Amphibientümpel) sind keine temporären Rodungen notwendig, sie werden zwischen den bestehenden Bäumen und mittels Schreitbagger ohne Baupiste erstellt.

Die einzige definitive Rodungsfläche ist oberstrom des Parallelrechens geplant. Die Wasserfläche wird auf Kosten einer kleinen Waldfläche vergrössert, um eine Verklausung des Gerinnes im Hochwasserfall zu verhindern.

Das Waldnaturinventar WANI bedarf aus heutiger Sicht keiner zusätzlichen besonderen Berücksichtigung.



Total definitive Rodungsfläche:	418 m²
Total temporäre Rodungsfläche:	7'132 m²
Total Ersatzaufforstung:	418 m²

Walflächen innerorts

Ein kleines Waldareal liegt linksufrig der Zulg beim Gummsteg, welches randlich vom neuen Brückenaufgang, respektive der daraus folgenden Verlegung des Fussweges betroffen ist. Es handelt sich um weniger als 10 m², weshalb keine definitive Rodungsfläche ausgeschieden, sondern eine Ausnahmegewilligung beantragt werden soll.

Ersatzaufforstung

Die definitiven Rodungen für Gewässer- und Unterhaltsflächen erfordern eine gleichwertige Ersatzaufforstung. Diese wird im Zulgboden zwischen der Zulg und der Waldstrasse auf der Parzelle Nr. 1166 der Burgergemeinde Steffisburg erstellt. Eine entsprechende Zustimmung wurde von der Gemeinde eingeholt.

Die Rodungsunterlagen inkl. Pläne liegen diesem Dossier bei (Beilage 2.6).

7.3. Gewässerraum

Gemeinde Steffisburg

Die Gemeinde Steffisburg ist zur Zeit daran, den Gewässerraum im Rahmen der Ortsplanungsrevision neu auszuscheiden. Die in die Situationsplänen dargestellten Linien entsprechen dieser Planung und wurden projektseitig überprüft, so dass auch Zugänglichkeit und Unterhalt der neuen Verbauungen gesichert sind.

Zusätzlich wurde der Gewässerraum ausserorts definiert. Da der gesamte Talboden bis zum Hangfuss – und teilweise auch noch das unterste Terrassenniveau – morphologisch zum Gewässer gehört, ist der Gewässerraum im Zulgboden beidseitig sehr breit.

Gemeinde Fahrni

Auf Gemeindegebiet von Fahrni ist in den Situationsplänen eine Gewässerraumlinie dargestellt, wie sie aus Sicht des Projektes sinnvoll ist und auch den ökologischen Anforderungen des Gewässers entspricht. Die weitere Umsetzung muss im Rahmen der baurechtlichen Grundordnung erfolgen.



8. KOSTEN UND FINANZIERUNG

8.1. Grundlagen und Annahmen

Der Kostenvoranschlag basiert auf einem detaillierten Vorausmass. Im Projektperimeter besteht grösstenteils ein detailliertes Geländemodell [15], so dass die Massen genügend genau ermittelt werden konnten.

Die Einheitspreise wurden aus aktuellen Offerten anderer Projekte im Kanton Bern übernommen. Die Preisbasis ist 2020. Für die Teuerung bis zur Ausführung wurde in der Position 'Risiken' eine Teuerungsreserve von 1 % p.A. für die Baukosten, sowie 1 % für die Planerkosten aufgeschlagen. Trotz der künstlich erhöhten Geldmenge seit August 2011 ist das Inflationsrisiko zur Zeit eher tief.

Im Projekt entsteht ein Materialüberschuss von fast 24'000 m³ Aushubmaterial (fest). Davon sind die Schüttkubaturen (Hinterfüllungen) bereits abgezogen. Etwa ein Drittel davon kann unterhalb der Müllerschwelle in die Zulug gegeben werden. Auch eine Geschiebezugabe in die Aare ist eine Möglichkeit, das Material sinnvoll zu verwenden. Die Geschiebezugaben müssen allerdings angemessen sein (Menge und Zeitraum).

Gem. Angaben von S. Hunkeler (OIK II) wird im selben Zeitraum der Uferverbau an der Aare zwischen Heimberg und Thun saniert. Dieses Projekt benötigt eine Baupiste im Gerinne und entsprechend viel Kiesmaterial. Dieses könnte anschliessend zumindest teilweise als Geschiebezugabe in der Aare belassen werden. Falls die beiden Projekte keine Verzögerungen erleiden, wäre dies eine optimale und kostengünstige Lösung für den Materialüberschuss aus der Zulug.

Für die Kostenschätzung wurde trotzdem konservativ angenommen, dass das gesamte Material abgeführt werden muss. Es kann nicht garantiert werden, dass die beiden Projekte zeitlich koordiniert werden können.

Die Kosten für Transport und Zugabe (statt Deponie) dürften jedenfalls tiefer ausfallen als einkalkuliert.

Eine reine Geschiebezugabe ist in diesem Bereich nicht erwünscht, da die Aareaufweitung den Geschiebetrieb verringert.

Für die Materialdeponie ist erfahrungsgemäss auch der Einheitspreis am schwierigsten zu schätzen. Listengebühren sind zu hoch und die effektiv offerierten Preise hängen ausserordentlich stark von den Verwendungsmöglichkeiten des Anbieters ab. Für den KV wurden Fr. 15.-/m³ eingesetzt, was gemessen an anderen Submissionen eher konservativ ist, insbesondere da es sich um gutes Material handelt.

Für die Anpassung der Werkleitungen wurde ein Anteil Dritter wieder abgezogen, da die betroffenen Leitungen im Gewässerraum liegen.

Die Kostenanteile Dritter wurden für Gemeindewerke (Kanalisation, Wasserversorgung, Brücken) nicht abgezogen, da die Gemeinde ja selbst Wasserbauträger ist. Für die Aufschlüsselung der anrechenbaren Wasserbaukosten wurden sie jedoch im KV separat ausgewiesen, auch für den Nachweis der Wirtschaftlichkeit. Die Kostenteiler für solche Projektteile müssen später im Detail noch festgelegt werden. Sie fallen im Grossen und Ganzen nicht ins Gewicht.

Die Baunebenkosten wurden aufgrund der Erfahrungen aus anderen Projekten und der sia-Honorarordnung 103 berechnet.

Ebenfalls eingerechnet sind die Kosten für die Anpassung des Sandfanges, die Entnahme des Mühlibaches und den gesamten Fischaufstieg (Längsvernetzung).



8.2. Kosten

Gesamtkosten

Der Kostenvoranschlag ist in Beilage 3.3 dieses Dossiers ersichtlich. Er führt zusammengefasst auf Gesamtkosten von Fr. 13.85 Mio. einschliesslich der gesamten Kosten für die Längsvernetzung und Entnahme Mühlibach.

Tab. 9 Ergebnis des Kostenvoranschlages

Nr	Position	Gesamtkosten	Anteil zu Lasten Projekt	
	Die Aufrechnung der Kleinpositionen beträgt je ca. 5%			
1	BA UNEBENKOSTEN	Fr. 2'000'000	100%	Fr. 2'000'000
	Vorausmass	Fr. 1'869'453		
	Rundung	Fr. 130'547		
2	Installationen	Fr. 460'000	100%	Fr. 460'000
	Vorausmass	Fr. 426'853		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 33'147		
3	Gestaltung, Ortsbild, ökologische Ersatzmassnahmen	Fr. 110'000	100%	Fr. 110'000
	Vorausmass	Fr. 100'000		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 10'000		
4	Rodungen	Fr. 230'000	100%	Fr. 230'000
	Vorausmass	Fr. 216'250		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 13'750		
5	Werkeleitungen	Fr. 58'000	0%	Fr. -
	Vorausmass	Fr. 53'112		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 4'888		
6	Entnahme Mühlibach	Fr. 132'000	100%	Fr. 132'000
	Vorausmass	Fr. 121'200		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 10'800		
7	Längsvernetzung Müllerschwele (Fischpass)	Fr. 385'000	100%	Fr. 385'000
	Vorausmass	Fr. 354'132		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 30'868		
8	Umbau Müllerschwele + Sandfang und Ufer rechts	Fr. 580'000	100%	Fr. 580'000
	Vorausmass	Fr. 548'013		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 31'987		
9	Sohlabsenkungen Gummsteg bis Müllerschwele	Fr. 2'550'000	100%	Fr. 2'550'000
	Vorausmass	Fr. 2'412'774		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 137'226		
10	Blockschwellen Gummsteg bis Müllerschwele	Fr. 390'000	100%	Fr. 390'000
	Vorausmass	Fr. 367'719		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 22'282		
11	Anhebung Gummsteg	Fr. 250'000	100%	Fr. 250'000
	Vorausmass	Fr. 229'704		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 20'296		
12	Ufererhöhung Werkhof bis Post	Fr. 460'000	100%	Fr. 460'000
	Vorausmass	Fr. 432'588		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 27'412		
13	Anpassung Schwellen Nr. 3 bis 13 (Längsvernetzung)	Fr. 900'000	99%	Fr. 891'000
	Vorausmass	Fr. 822'482		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 77'518		
14	Holzrückhalt Zulgboden	Fr. 3'000'000	100%	Fr. 3'000'000
	Vorausmass	Fr. 2'800'378		
	Aufrechnung Kleinpositionen zu 100 % der Leistung + Rundung	Fr. 199'622		
Total exkl. Mwst.		Fr. 11'505'000		Fr. 11'438'000
Risiken (gem. separater Zusammenstellung)		Fr. 1'351'592	100%	Fr. 1'351'592
Total inkl. Risiken exkl. Mwst.		Fr. 12'856'592		Fr. 12'789'592
MwSt. 7.7% und Rundung		Fr. 989'958		Fr. 984'799
TOTAL VERANSCHLAGTE KOSTEN inkl. MwSt. (ohne zusätzliche Reserven; Genauigkeit +/- 20%)		Fr. 13'847'000		Fr. 13'774'000

**Kostenträger**

Die Kosten für die Werkleitungsanpassungen gehen zulasten Dritter. Ebenso allfällige Aufwändungen für bauliche Massnahmen an der Abflussmessstelle des AWA. Einschliesslich Risikokosten und MwSt. betragen diese Kosten Fr. 72'000.-

Ca. Fr. 2.5 Mio. werden die Längsnetzungsmassnahmen im Hauptgerinne kosten. Für die EconoMe-Berechnungen wurden die reinen HWS-Kosten von ca. Fr. 11.3 Mio. herangezogen.

8.3. Wirtschaftlichkeit**Grundlagen**

Die Wirtschaftlichkeit des Hochwasserschutzprojektes wurde mit dem Programm EconoMe 5.0 des BAFU bestimmt. Dieses Programm wird vom BAFU zur Verfügung gestellt, um die Wirtschaftlichkeit von Massnahmen im Naturgefahrenbereich zu untersuchen.

Dazu wird der Nutzen des Projektes mit den anfallenden Kosten verglichen. Als 'Nutzen' wird der verhinderte jährliche Schaden betrachtet. Der verhinderte Schaden wird den jährlichen Kosten, welche den jährlichen Amortisationskosten der Investition entsprechen, gegenübergestellt.

Für die Bestimmung der Schadensreduktion wurden für den Zustand 'vor Massnahmen' die Intensitätskarten aus der Gefahrenkarte [14] herangezogen und mit den möglichen Brückenverkläuerungen ergänzt. Für den Zustand 'nach Massnahmen' wurde der Entwurf der Gefahrenkarte aus diesem Bericht verwendet.

Gemäss EconoMe wird die Lebensdauer der Hochwasserschutzmassnahmen zu durchschnittlich 80 Jahren angesetzt.

Kosten

Gemäss der Sitzung vom 7. März 2018 wurden für die Erstellungskosten Fr. 11.3 Mio. eingesetzt (nur Hochwasserschutz).

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden gemäss Richtlinie EconoMe zu 2 % der Investitionskosten angesetzt.

Mit den getroffenen Annahmen zu Lebensdauer und Unterhaltskosten ergeben die geplanten Massnahmen jährliche Kosten von knapp Fr. 314'500.-.

Nutzen des Projektes

Um den Nutzen des Hochwasserschutzprojektes zu ermitteln, wird die aktuelle Situation mit einer zukünftigen Situation, nach der Realisierung des Projektes, verglichen. Dazu wird der jährliche Schadenerwartungswert vor und nach Massnahmen bestimmt. Dieser ergibt sich aus den auftretenden Intensitäten in verschiedenen Jährlichkeitsklassen und den aktuellen Nutzungen, resp. deren Empfindlichkeit.

Zustand vor Massnahmen

Die entsprechenden Karten, Herleitungen und Szenarien finden sich in Kap. 3.11 dieses Berichtes. Wie dort bereits beschrieben wurde der Zustand vor Massnahmen durch das Szenario 'Brückenverkläuerungen' ergänzt. Diesem Szenario wurde die Jährlichkeit 300 zugewiesen, was einer konservativen Annahme entspricht.

Zustand nach Massnahmen

Die entsprechenden Karten, Herleitungen und Szenarien finden sich in Kap. 9.1 dieses Berichtes.



Die vorgesehenen Massnahmen versprechen eine markante Verbesserung der Situation. Positiv wirken sich die Massnahmen vor allem auf die Häufigkeit der möglichen Schäden aus, während die Intensitäten und Fliesswege aufgrund der Kegelform in etwa gleich bleiben.

8.3.1. Schadenpotenzial

Als 'Schadenpotenzial' versteht man den absolut möglichen Schaden im untersuchten Perimeter. Das Schadenpotenzial wird nach Objektkategorien, welche durch die Feldbegehung bestimmt worden sind, unterteilt. Eine weitere Unterteilung erfolgt, um den Unterschied zwischen Sach- und Personenschäden zu gewährleisten. Es entspricht noch nicht dem erwarteten Schadenausmass bei einem einzelnen Ereignis.

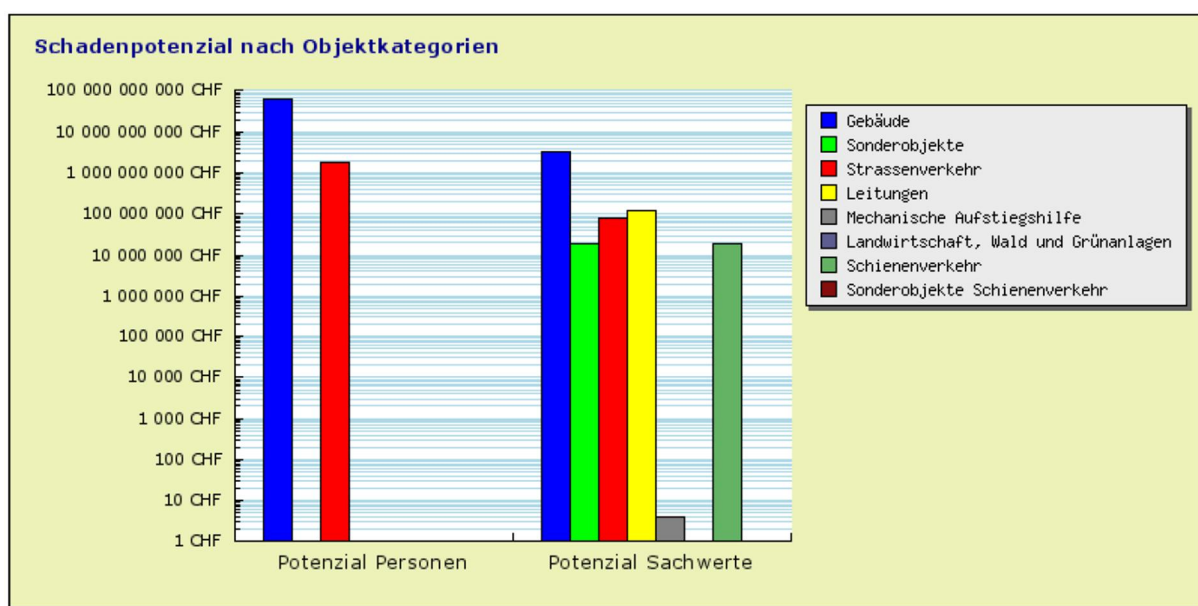


Abb. 40 SCHADENPOTENZIAL STEFFISBURG NACH OBJEKTKATEGORIEN

In untenstehender Tabelle ist erkennbar, dass potenziell etwa 10'000 Personen von einem Hochwasserereignis der Zulg betroffen sein können. In derselben Tabelle ist das Schadenpotenzial unterteilt in Personen-, resp. Sachschaden dargestellt.

Tab. 10 Schadenpotenzial unterteilt in Personen- und Sachschaden

Schadenpotenzial Anzahl Personen	9949.76
Schadenpotenzial Personen (monetarisiert)	65 668 416 000 CHF
Schadenpotenzial Sachwerte	3 532 845 174 CHF
Schadenpotenzial Gesamt	69 201 261 174 CHF

8.3.2. Schadenausmass

Das 'Schadenausmass' entspricht dem berechneten Wert des potenziellen Schadens in einem bestimmten Szenario. Im Fall der Zulg sind die Szenarien Hochwasserereignisse mit Jährlichkeiten von 30, 100, 300 Jahren und dem EHQ 1000 Jahre. Das Schadenausmass wird jeweils für jedes Szenario vor und nach Massnahmen analysiert und ist in den folgenden zwei Abbildungen dargestellt.

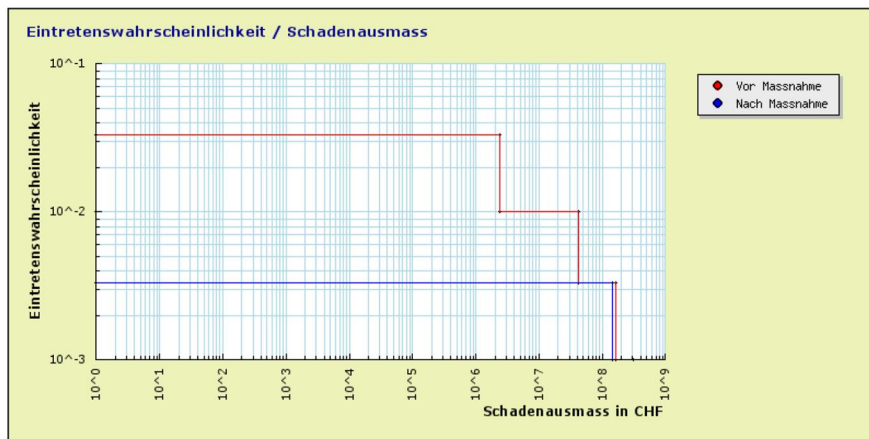


Abb. 41 SCHADENAUSMASS IN FUNKTION DER EINTRETENSWAHRSCHEINLICHKEIT

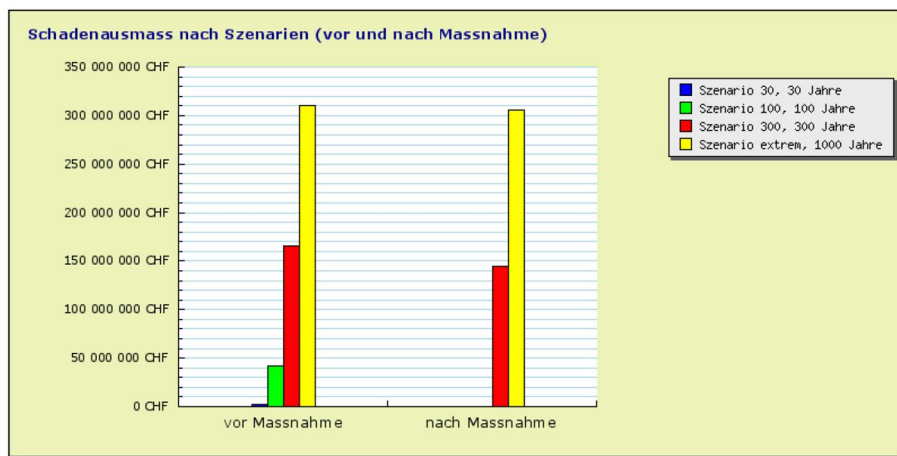


Abb. 42 SCHADENAUSMASS NACH SZENARIEN VOR / NACH MASSNAHMEN

8.3.3. Wirkung der Massnahmen

Die Wirkung der geplanten Massnahmen wird durch den Vergleich des Schadenrisikos vor, respektive nach Massnahmen untersucht. Es wird das jährliche Schadenrisiko in Franken pro Jahr (Fr./a) beziffert. Die untenstehende Tabelle fasst den Nutzen (Risikoreduktion) der Massnahmen für jedes Szenario zusammen.

Tab. 11 Schadenausschuss nach Szenarien

Risiken und Kosten der Massnahme HWS Zulg			
	Vor Massnahme	Nach Massnahme	Risikoreduktion (Nutzen) CHF/a
Risikobeitrag Szenario 30 (30 Jahre, 0.0233)	56 655	0	56 655
Risikobeitrag Szenario 100 (100 Jahre, 0.0067)	282 352	0	282 352
Risikobeitrag Szenario 300 (300 Jahre, 0.0023)	385 740	336 201	49 539
Risikobeitrag Szenario extrem (1000 Jahre, 0.001)	310 134	305 156	4 978
Gesamtrisiko	1 034 881	641 357	393 524
Investitionskosten			11 310 000 CHF
Jährliche Unterhaltskosten			30 000 CHF/a
Jährliche Betriebskosten			30 000 CHF/a
Massnahmekosten pro Jahr			314 475 CHF/a
Nutzen/Kosten Verhältnis			1,3 CHF/a

Der jährliche Schadenerwartungswert beläuft sich im Ist-Zustand auf gut 1'000'000.- Fr./a. Nach Ausführung der Massnahmen belaufen sich diese Kosten noch auf ca. 640'000.- Fr./a. Damit beträgt die jährliche Risikoreduktion etwa 394'000.- Fr./a.

Die jährlichen Kosten für die geplanten Massnahmen (Amortisation der Investition) bewegen sich in der Grössenordnung von 315'000.- Fr./a.

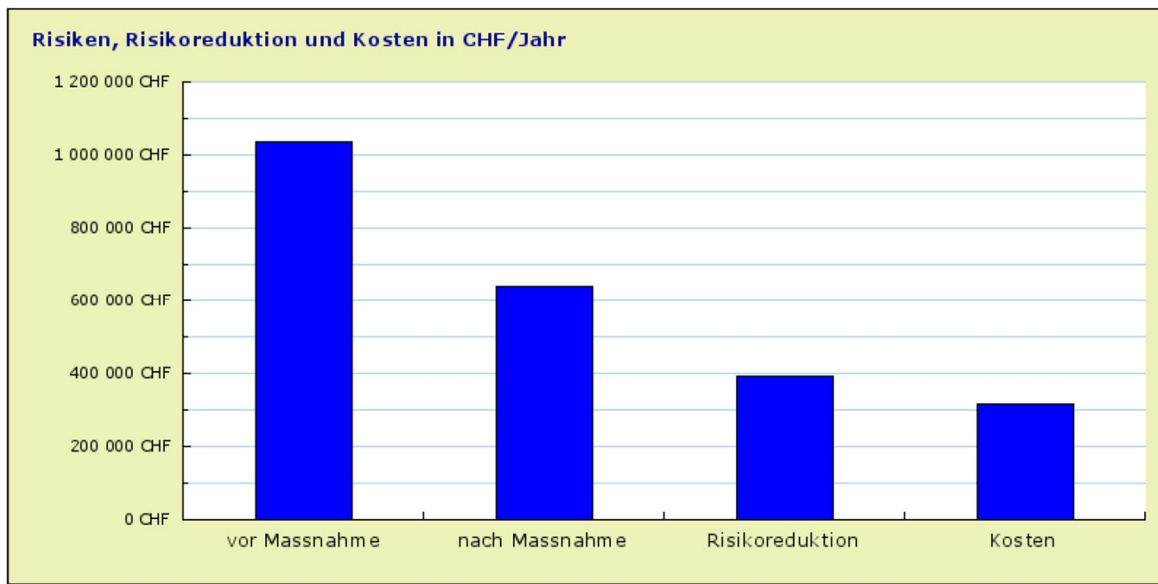


Abb. 43 RISIKEN, RISIKOREDUKTION UND KOSTEN

Wirtschaftlichkeit des Hochwasserschutzprojektes

Mit den oben genannten Zahlen lässt sich der Nutzen- / Kosten-Faktor berechnen. Dieser entspricht dem Verhältnis der Risikoreduktion und Massnahmenkosten. Jedes Projekt, das einen Nutzen- / Kosten-Faktor aufweist, der grösser als 1.0 ist, gilt als wirtschaftlich.

Der Faktor beläuft sich für das Projekt 'Hochwasserschutz Zulg' auf 1.3.

Die Prozesse im Überflutungsgebiet können als dynamische Überschwemmung bezeichnet werden, dies zeigen die 2d-Modellierungen. Dafür spricht auch der Wildbachcharakter der Zulg, die raschen Anstiege, die brutalen Prozesse in den Brückenbereichen (Verkläusungen, evtl. auch Aufstellen und herauspringen von Holzstämmen) und die Lage auf dem Kegel.

Daher wurde im vorliegenden Fall mit einer dynamischen Überflutung gerechnet.

8.4. Kostenträger und Finanzierung

Erfüllungspflichtig ist die Gemeinde Steffisburg. Sie muss daher das Projekt vorfinanzieren und einen Bruttobeschluss über die Gesamtkosten fällen. Dieser kann unter Vorbehalt der Subventionsbeschlüsse erbracht werden.

Es ist vorgesehen, das Projekt als Hochwasserschutzprojekt von Kanton und Bund subventionieren zu lassen. Dazu gehören auch alle Massnahmen zur Längsvernetzung.

Kostenträger ist in erster Linie der Wasserbauträger, also die Gemeinde. Beiträge können von Fondsmitteln wie dem Renaturierungsfonds des Kantons Bern oder entsprechenden Fondsgeldern von Kraftwerken erfolgen. Zusicherungen sind hierzu noch keine vorhanden.



Der voraussichtliche Beitrag von Bund und Kanton beträgt minimal 60%, maximal 80%. Die entsprechenden Nachweise für Mehrleistungen über 60% sind vor Einreichung des Subventionsgesuches noch zu erarbeiten. Die definitiven Subventionssätze werden erst mit den Finanzbeschlüssen festgelegt.

Wie weit die Anpassung des Gummsteges mitsubventioniert wird, muss zwischen der Gemeinde als Werkeigentümerin und den Behörden für die Ausarbeitung des Finanzbeschlusses Kanton noch geklärt werden. Je nach Inhalt der wasserbaupolizeilichen Bewilligung ist hier der Werkeigentümer alleine in der Pflicht.

Eine Kostenbeteiligung Dritter für die notwendigen Werkleitungsanpassungen ist vorgesehen.



9. AUSWIRKUNGEN DES PROJEKTES

9.1. Gefahrenkarte nach Massnahmen

Die Gefahrenkarte sowie Intensitätskarten nach Massnahmen geben Auskunft über den Nutzen und die Wirtschaftlichkeit der Hochwasserschutzmassnahmen. Sie bilden unter anderem die Grundlage für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit (EconoMe).

Szenarien

Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Massnahmen ergeben sich folgende Szenarien unterstrom des projektierten Holzrechens.

Tab. 12 Szenarien GK nach Massnahmen

Jährlichkeit	Freibord	Schwemmholz	Ausbruch Wasser
HQ ₃₀	erfüllt	Einzelstämme, Einzelne Wurzelstöcke	Nein
HQ ₁₀₀	Brücken: Beide Brücken Bernstrasse unterschritten, ebenso Velo- und Eisenbahnbrücke <i>(Hinweis: an der alten Bernstrassenbrücke ist ein Projekt zur Verbesserung der Freibordsituation in Bearbeitung)</i>	Einzelstämme, Einzelne Wurzelstöcke	Nein
HQ ₃₀₀	Freibord bei allen Brücken unterschritten <i>(Hinweis: an der alten Bernstrassenbrücke ist ein Projekt zur Verbesserung der Freibordsituation in Bearbeitung)</i>	Grössere Mengen Schwemmholz, teilweise in Teppichform möglich	Ja Teilverklausungen an Brücken (Ausbruch Wasser 20 m ³ /s während 1h)
EHQ	Freie Strecke z.T. bordvoll, Brücken Freibord unterschritten	Schwemmholzteppich	Ja Vollverklausungen an sämtlichen Brücken, Austritt der gesamten Wassermenge

Intensitätskarte / Gefahrenkarte (Entwurf)

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen den Entwurf der Intensitätskarten und der Gefahrenkarte nach Massnahmen. Die definitive Anpassung der Gefahrenkarte erfolgt im Kanton Bern erst nach Abschluss der Bauarbeiten.

Die Intensitätskarten IK₃₀ und IK₁₀₀ werden künftig praktisch weiss sein. Ausnahme bilden einzelne ufernahe Senken. Die Intensitätskarte IK₃₀₀ wurde anhand obiger Szenarien mittels 2d-Hydraulik modelliert. Sie weist durchgehend schwache Intensitäten auf, abgesehen vom unmittelbaren Brückenbereich und in Unterführungen oder ähnlichen Senken (beides nicht dargestellt).

Die Gefahrenkarte nach Massnahmen zeigt künftig nur noch gelbe, respektive gelb-weisse (EHQ) Flächen.

Wie in Kap. 3.11 beschrieben, können diese Karten nicht telquel mit den Intensitätskarten und der Gefahrenkarte von 2009 [14] verglichen werden, da dort keine Brückenverkläuerungen abgebildet sind.

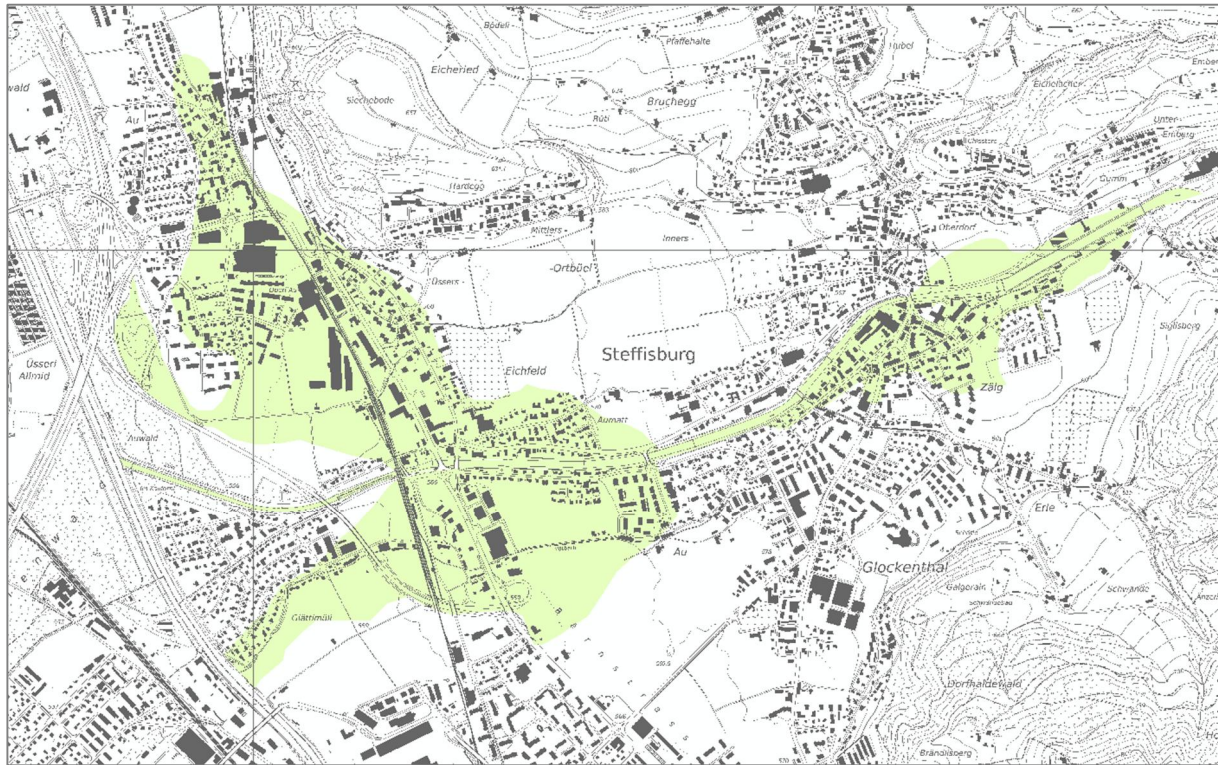


Abb. 44 INTENSITÄTSKARTE IK₃₀₀ NACH MASSNAHMEN (ENTWURF)

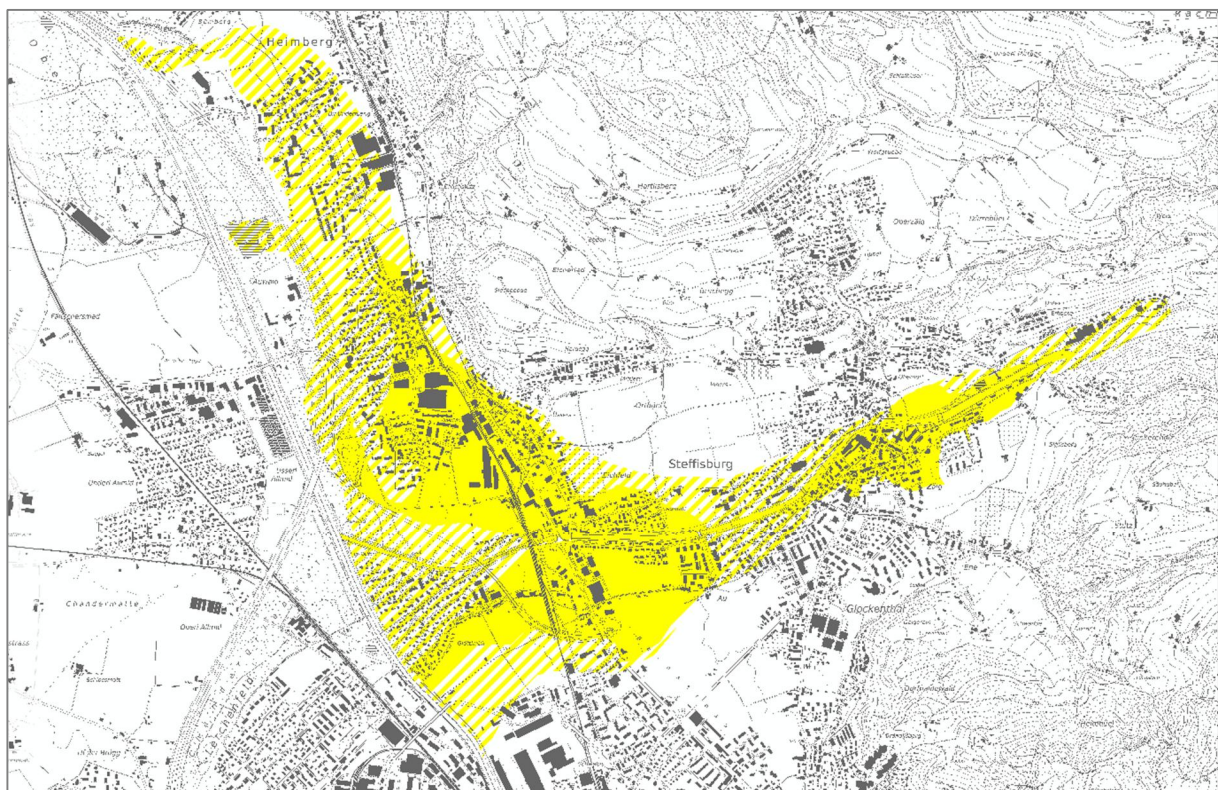


Abb. 45 GEFAHRENKARTE NACH MASSNAHMEN (ENTWURF)



9.2. Landerwerb

Der Umbau der Müllerschwellen mit allen Nebenbauwerken, wie auch alle anderen Massnahmen innerorts können vollständig auf kantons- und gemeindeeigenem Land gebaut werden.

Für Baupisten (Gerinnezufahrten) und Installationsplätze werden temporäre Flächen auf Privatparzellen benötigt, etwa neben dem Sandfang Müllerschwellen oder bei Zufahrten ins Gerinne.

Der Holzrechen liegt grösstenteils innerhalb der kantonseigenen Gewässerparzellen Nr. 2333 (Gde. Steffisburg) und Nr. 458 (Gde. Fahrni) sowie auf der Parzelle Nr. 412 (Moser Simon). Der betroffene Teil dieser Parzelle ist als Wald ausgeschieden, liegt jedoch heute teilweise im Gerinne.

Die Parzelle Nr. 1166 der Burgergemeinde ist von der Zufahrt zum Holzrechen betroffen. Einerseits temporär vom Ausbau, andererseits durch örtliche Verbreiterungen und die Wendeanlage auch dauernd.

Randlich und voraussichtlich nur temporär vom Wegausbau ist die Parzelle 4543 (Krähenbühl Fritz) betroffen.

Aufgrund der neuen juristischen Anforderungen an den Landerwerb im Kanton Bern ist es erforderlich, neben den Landerwerbsflächen auch die Dienstbarkeiten in den Landerwerbsplänen auszuweisen und mit separaten Verträgen und Eintrag ins Grundbuch zu regeln [46].

Total Eigentumserwerb (definitiver Landerwerb): **0 m²**

Total dauernde Dienstbarkeiten: **56'564 m²**

Total vorübergehende Beanspruchung (temp. Landerwerb): **45'030 m²**

9.3. Betroffene Anlagen der Gemeinde und Dritter

9.3.1. Brücken

Der Gummsteg wird in gleicher Lage um 1 m angehoben. Der Kostenteiler dafür ist noch festzulegen. Werkeigentümerin ist die Gemeinde.

9.3.2. Strassen und Wege

Gemeinde

Die Fusswege auf den Ufern sind nur während dem Bau betroffen. Sie können vollumfänglich wiederhergestellt werden.

Die Gemeindestrassen werden für die Baustellenerschliessung benutzt.

Burgergemeinde

Wie im Kap. 9.2 'Landerwerb' beschrieben, wird die Walderschliessungsstrasse 'Zulgrainweg' der Burgergemeinde, welche linksufrig entlang der Zulg verläuft, für den Bau benutzt.

Im Kostenvoranschlag und Bauprogramm ist vorgesehen, die Strasse für die Bauphase nur örtlich zu ertüchtigen (verbreitern, provisorisch aufkoffern) und nach Bauende den Koffer durchgehend zu erneuern oder zu ergänzen und eine neue Verschleisschicht aufzubringen. Die Strasse wird also nach Bauende vollständig instand gestellt.

9.3.3. Werkleitungen

Grundlagen

Es wurden folgende Werkleitungen erhoben (Stand November 2013) und in den Plänen dargestellt:

- Wasserversorgung
- Kanalisation



- Swisscom
- TV
- Elektrotrassees und -freileitungen

Bereich Müllerschwelle

Im Abschnitt der Sohlabsenkung oberstrom der Müllerschwelle queren eine Wasserleitung (Grauguss DN 200), ein TV-Kabel und eine Stromleitung die Zulg. Die Tiefenlage der beiden Leitungen ist nur ungefähr bekannt und wird von der Gemeinde mit 1.0 bis 1.5 m angegeben. Diese Leitungen müssen neu verlegt werden. Im Falle der Wasserleitung sollte der alte Grauguss ohnehin ersetzt werden.

Die Elektroleitungen sind ausser mit der NetZulg AG auch mit der BKW zu koordinieren.

Im Detailplan 'Sanierung der Hauptschwelle' (1982) befindet sich ausserdem ein von Hand einskizzierter Leitungsblock unmittelbar oberstrom der Müllerschwelle. Diese Leitungen erscheinen aber nicht im Leitungskataster. Gemäss Angabe der NetZulg AG könnte es sich höchstens um Leerrohre handeln. Während der Bauarbeiten muss dieser Bereich aber zwingend sondiert werden.

Für den Neubau des Fischpasses kann das bestehende Regenüberlaufbauwerk westlich des Sandfanges belassen werden. Jedoch muss dessen Überlaufleitung verlegt und neu angeschlossen werden.

Gummsteg

Im Bereich Gummsteg sind etliche Werkleitungen im Boden. Ein Kabelblock quert die Zulg gemäss den Angaben der Werke wenige Meter oberstrom der Brücke. Ob diese Leitungen evtl. an der Brücke verlaufen, muss im Ausführungsprojekt geklärt werden. Ein Elektrokabel ist an der Brücke verzeichnet. Weiter ist rechtsufrig eine Swisscomleitung, welche im Uferweg verläuft, betroffen.

Die Platzentwässerung linksufrig muss angepasst werden (Ausläufe).

Ufererhöhung Werkhof bis Post

In diesem Bereich sind eine Wasserleitung und Elektrokabel betroffen. Die Kanalisation im Schächliweg muss während dem Bau der Mauer sondiert und geschützt werden.

Die gesamte Strassen- und Platzentwässerung des Areals wird hier in die Zulg geführt. Die Ausläufe müssen mit Rückstauklappen versehen werden, da entwässerten Flächen ja deutlich unter dem neuen Schutzniveau und damit unter dem Hochwasserstand der Zulg liegen.

9.3.4. Einmündung Bösbach

Kurz unterhalb des Schulhaussteges mündet der Bösbach in die Zulg. In diesem Bereich wird die Sperre eingeschnitten (Messstelle AWA). Der Einlauf ist davon nur randlich betroffen, da die Sohlenhöhe beim Einlauf gleich bleibt. Er kann falls nötig im Ausführungsprojekt einfach angepasst werden. U.U. wäre eine Sohlabsenkung im Bösbach dienlich, muss jedoch in einem anderen Projekt untersucht werden.

10. BAUAUSFÜHRUNG

10.1. Etappierung und Termine

Mit der Bauausführung kann je nach Dauer der Genehmigung, nach eingehenden Einsprachen und dergleichen ca. 2022 begonnen werden.

Das Vorhaben eignet sich für eine Etappierung. Die genaue Bauloseinteilung wird im Rahmen der Submission festgelegt. Dabei sind die Abhängigkeiten der Materialbewirtschaftung und der Wasserhaltung, sowie die Hochwassersaison und die Sperrzeiten (Rodungen, Fischerei) zu beachten.

Es bieten sich drei Hauptetappen an, verteilt über drei Winterperioden (Niederwasser). Die grösste Risikoreduktion bietet der Holzrechen, weshalb dessen Bau priorisiert werden sollte. Gleichzeitig kann ein erster Blockriegel erstellt werden, dieser dient als Muster und kann wichtige Erkenntnisse für Geometrie und Bauweise der weiteren Blockriegel und Sperrentreppen liefern.

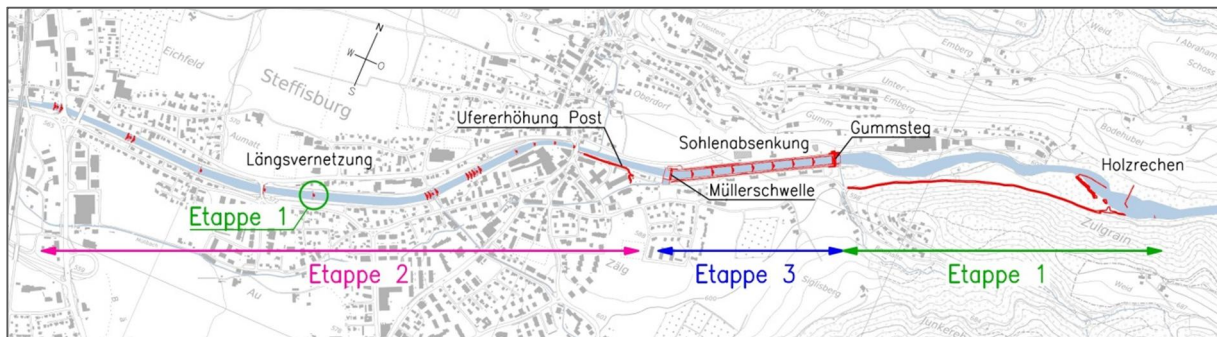


Abb. 46 VORSCHLAG ETAPPIERUNG

10.2. Logistik und Installationen

Die Erschliessung für den Umbau der Müllerschwelle erfolgt vorteilhaft auf der rechten Seite über die öffentlichen Strassen. Die Längsererschliessung für die Sohlenabsenkung und den Neuaufbau der Ufer bis hinauf zum Gummsteg kann im Gerinne selbst erfolgen (randliche Piste aus Sohlenmaterial). Mit Längspisten vor den Ufern kann zeitgleich auch die Wasserhaltung sichergestellt werden, so dass die Ufer im Trockenen erstellt werden können. Die Pisten dienen als Zufahrt für die Arbeitsgeräte wie auch für den An- und Abtransport von Material (Aushub, Blocksteine).

Der überschüssige Humus aus den Böschungen wird je nach Vorgabe des ANF entweder abtransportiert oder an Ort wieder eingebracht. Die Mengen sind gering, seitliche Liniendepots sind möglich. Für den Kostenvoranschlag wurde der Abtransport angesetzt.

Im Gerinne dürfen grundsätzlich keine Zwischendepots errichtet werden, mit Ausnahme eines Tagesbedarfes an Blocksteinen o.ä. Baumaschinen sind abends ausserhalb des Gerinnes abzustellen.

Für die Längsvernetzung der Sohle muss jede Sperre zugänglich sein. Im unteren Bereich (Sperren 11-13) kann dies mit einer temporären Rampe ins Gerinne gelöst werden. Die Sperren Nr. 10 und 9 oberhalb der Schönaubrücke sind über das linke Flachufer schon heute fast ohne Massnahmen zugänglich. Zwischen Dorfbrücke und Schulsteg sind die Ufer sehr steil und fest verbaut, das Gerinne ist schmal. Es ist geplant, die Sperren Nr. 3-8 längs zu erschliessen mit zwei Zugängen oberhalb Dorfbrücke und unterhalb linksufrig.



10.3. Bauvorgang

Bausaison

Die Arbeiten am Hauptgerinne müssen in der Niederwasserzeit erfolgen. Anders als bei anderen Gebirgsflüssen ist dies an der Zulg sowohl im Winter wie auch – noch vermehrt – im Sommer der Fall. Hingegen ist im Sommer das Hochwasserrisiko deutlich höher, so dass der Bau im Winter empfohlen wird.

Müllerschwelle

Für die Absenkung der Müllerschwelle ist vorgesehen, den gesamten Zulgabfluss durch den Sandfang zu leiten. Dazu wird er möglichst weit oben in einem grossen Rohr gefasst.

In der Sperre wird dann ein Voreinschnitt gemacht. Hierdurch kann Wasser im Hochwasserfall wie auch Sickerwasser abfliessen. Dann wird der gesamte Aushub oberstrom der Müllerschwelle gemacht. Nach dem Erreichen der Projekthöhe kann allfällig im Hauptgerinne abfliessendes Wasser mit Fangdämmen geleitet werden. Der Teilabbruch und die Reprofilierung der Müllerschwelle erfolgen hälftig in zwei Etappen.

Rechenstäbe

Die Rundprofile ($D=1.35\text{ m}$) der Holzrechen werden im Fels einbetoniert. Die dazugehörigen Bohrungen erfordern ein leistungsfähiges Grossbohrgerät (ca. 65 to). Vorgängig wird ein rund 10 m breites Bohrplanum erstellt, dieses soll gut drainiert und möglichst hochwassersicher sein. Auch die Zufahrtspisten sind so auszubilden, dass alle Baumaschinen über Nacht den Gewässerbereich verlassen können. Für das Bohrgerät bietet sich alternativ ein temporäres Podest als Stellplatz an.

Da die Pfähle grösstenteils ausserhalb des heutigen Flusslaufs zu stehen kommen, ist die Wasserhaltung nicht aufwändig. Ein bis zwei Überfahrten im Gerinne sind unumgänglich, diese erfordern entsprechende Rohrdurchlässe.

10.4. Baugrund

Der Baugrund besteht gemäss der geologischen Karte hauptsächlich aus den Alluvionen der Zulg selbst. Die Molasse steht untief an und tritt im Bereich Gummsteg bis Zulgboden an mehreren Stellen zutage.

Anfangs April 2015 wurden Sondagen in der Gerinnesohle durch die Gemeinde ausgeführt und dokumentiert. Beim Gummsteg wurde bis in eine Tiefe von 3 m ab Zulgsohle kein Fels freigelegt. Die Sondage wurde hier abgebrochen. Rund 200 m oberstrom des Gummsteges wurde in zwei weiteren Baggerschlitten der Felshorizont auf ca. 592 m ü.M. festgestellt (ca. 3 m unter der aktuellen Sohlenlage). Der Fels zieht sich hier fast horizontal quer über die Zulg.

Im Bereich Zulgboden wurde 2016 der Felshorizont sondiert und in einem Bericht festgehalten [43]. Der ungefähre Verlauf des anstehenden Nagelfluh-Gesteins war sowohl für den Modellversuch Holzrechen als auch für die Vorstatik der Rechenelemente dienlich.

Für die Ausarbeitung der übrigen Massnahmen sind die vorliegenden Kenntnisse genügend. Im Rahmen der Ausführungsplanung sollten weitere Untersuchungen vorgenommen werden, damit ein gültiges Baugrundmodell für die Projektbasis aller Kunstbauten erstellt werden kann.



10.5. Materialbewirtschaftung

Aushubmaterial

Für den Kostenvoranschlag wurde angenommen, dass das Aushubmaterial für die Hinterfüllungen wiederverwendet werden kann und auf Zwischendepot geht. Es entsteht ein Materialüberschuss von ca. 24'000 m³ (fest). Ein Teil davon kann unterhalb der Müllerschwelle in der Zulug belassen werden, die Koordination mit anderen Projekten und Zugabestellen ist zurzeit im Gange (siehe Kap. 8.1).

Bis zum Baubeginn müssen diese Abmachungen konkretisiert oder alternative Lösungen vorgeschlagen werden.

Tab. 13 Mengen Materialbewirtschaftung

Materialbilanz (alle Massen fest)					
Aushub / Abtrag fest	m ³	31787	davon	18'262.00	Abtrag Sohle
Schüttungen / Hinterfüllungen fest	m ³	7942	davon	-	Auftrag Sohle
<hr/>					
Materialüberschuss	m ³	23845	(fest)	29806	(lose)
<hr/>					
Blocksteine	to	25102			

Der grösste Teil des Aushubes stammt aus der Zulugsohle. Es handelt sich um sauberes, eher grobes Kies, welches für Schüttungen oder im Waldstrassenbau und dgl. Verwendung finden könnte.

Holz und Stauden, Wurzelstöcke

Stauden und Wurzelstöcke aus der Rodung der Gerinneböschungen müssen abgeführt werden. Geeignete Stauden können ausgegraben, seitlich gelagert und wieder eingesetzt werden. Ein Teil der Wurzelstöcke findet Verwendung in der ökologischen Detailgestaltung.

Humus

Der Humus im Wald wird einschichtig abhumusiert, seitlich gelagert und direkt wieder aufgebracht.

Die Böschungen werden ebenfalls einschichtig abhumusiert und sollen – wenn überhaupt - nur sehr dünn und örtlich anhumusiert werden, je nach vorgesehener Vegetation im Projektzustand. Der Humus aus den Böschungen muss daher grösstenteils abgeführt werden.

Blöcke

Total werden für den Böschungsverbau, die Blockriegel, Kolkschutz, Rampen und Strukturierung der Sohle gemäss Vorausmass über 25'000 to Blöcke benötigt. Die Anforderungen ergeben sich aus dem Verwendungszweck wie folgt:

- formwilde Wasserbausteine aus Kalk, Kieselkalk oder Granit
- frostsicher
- kantige Form, nicht kugelig oder plattig
- Abmessungen a/b/c ca. 0.75/1.0/1.4

Damit die Anbieter diese grosse Menge an Blöcken zu einem interessanten Preis liefern können, empfiehlt sich eine – auf den Baubeginn bezogen – sehr frühzeitige Submission.



10.6. Qualität

Um eine gute Bauqualität zu erreichen, soll vor Baubeginn ein Kontrollplan erstellt werden. Mindestens folgende Parameter müssen definiert und mit Prüfungen überwacht werden:

Tab. 14 Raster Kontrollplan Ausführung

Bereich	Prüfparameter
Humusarbeiten	Physikalischer Bodenschutz, Festlegen der Bodenparameter vor Ausführung Geeignete Lage und Anlage sowie Pflege von Humusdepots
Erdarbeiten	Materialqualität (Kornverteilung, Feinanteile, Sauberkeit) Wassergehalt beim Einbau ME-Werte und Proctordichte Geeignete Entwässerungen von nässenden Bereichen, Ableitung von Oberflächenwasser
Blockverbauungen	Qualität der Blocksteine (Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit, Form) Blockgewichte Anordnung und Einbau
Betonbau	Kontrolle des Einbaus und der Bedingungen (z.B. Temperaturen) durch Bauleitung Visuelle Beurteilung des ausgeschalteten Betons Druckfestigkeit / Frostbeständigkeit an Würfeln und Kernbohrungen (Prüfkörper)
Hochwasserrisiko	Alarmkonzept und Pikettdienst während der Baustelle