



Einwohnergemeinde Lauterbrunnen

Oberingenieurkreis I

Tiefbauamt
des Kantons Bern

Vorprojekt

Gemeinde	Lauterbrunnen	Datum Dossier	22.1.2014
Erfüllungspflichtiger	Schwellenkorporation Lauterbrunnen	Revidiert	
Gewässernummer	26133	Projekt-Nr.	

Gewässer **Rybibach Lauterbrunnen**

Massnahmen für Hochwasserschutz



Projektverfassende



Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch



GEOLOGEN
INGENIEURE
GEOPHYSIKER
UMWELTFACHLEUTE



MÄTZENER & WYSS
BAUINGENIEURE AG
INTERLAKEN UNTERSEEN MEIRINGEN

ARGE Rybibach per Adresse

Flussbau AG SAH Schwarztorstr. 7, CH-3007 Bern Tel. 031 - 376 11 05 Fax 031 - 376 11 06

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Anlass und Auftrag	2
2.1	Auftrag / Projektziele	2
2.2	Projektbegrenzung	2
2.3	Projektorganisation	2
2.4	Partizipation und Information	2
3	Ausgangssituation / Ist-Zustand	3
3.1	Historische Ereignisse	3
3.2	Bestehende / zukünftige Nutzung	3
3.3	Einzugsgebiet	3
3.4	Mögliche Gefahrenarten (Prozesse)	4
3.5	Beurteilung der bestehenden Schutzbauten	5
3.6	Gefahrenbeurteilung	6
3.7	Gefahrenkarte vor Massnahmen	8
3.8	Beurteilung Durchlass alte Strecke Wengernalpbahn (WAB)	9
3.9	Umwelt	9
3.10	Inventar historischer Verkehrswege (IVS)	10
3.11	Landwirtschaft	11
4	Projektziele	12
4.1	Gewählte Schutzziele	12
4.2	Schutzdefizite	12
5	Schadenpotenzial / Risikoanalyse	14
5.1	Was ist eine Risikoanalyse	14
5.2	Methodik	14
5.3	Erhebung Schadenpotenzial	14
5.4	Resultate	15
6	Massnahmen und Variantenstudium	17
6.1	Massnahmenkatalog	17
6.2	Variantenstudium	19
6.3	Nutzwertanalyse	22
6.4	Gefahrenkarte nach Massnahmen	23
7	Träger des Bauvorhabens	25

8 Grundlagenverzeichnis	26
8.1 Ortsspezifische Grundlagen	26
8.2 Wasserbauliche Grundlagen	26

Anhang

Anhang 1	Varianten I - III
Anhang 2	Nutzwertanalyse
Anhang 3	Gefahrenbeurteilung Durchlass altes Trasse Wengernalpbahn

1 Zusammenfassung

Die 2008 überarbeitete Gefahrenkarte zeigt für verschiedene Gebäude im Bereich Stocki in Lauterbrunnen eine Gefährdung durch Überflutungs- und Murgangprozesse, unter anderem für das Altersheim Günschmatte. Bereits bei einem 100-jährlichen Ereignis kann es an der Brücke Stocki zu einer Verklauung kommen. Wasser und Geschiebe können auf der linken Seite ausufernd und Richtung Altersheim fließen. Bei einem 300-jährlichen Ereignis ist mit Murgangablagerungen von hoher Intensität bis in den Bereich des Altersheims zu rechnen. Durch diese Gefährdung ergibt sich ein Todesfallrisiko von $2.3 \cdot 10^{-5}$. Um das individuelle Todesfallrisiko unter das akzeptable Schutzziel von 10^{-5} zu senken und Sachschäden zu minimieren, sollen verschiedene Massnahmenvarianten geprüft werden.

Aus dem Variantenstudium hat sich unter Berücksichtigung von Kostenüberlegungen, sowie Sicherheits-, Machbarkeits- und Landschaftsaspekten die Variante „Ersatz Brücke Stockiweg / Brücke lang“ herauskristallisiert. Durch diese Massnahme soll das Verklauungsrisiko an der Brücke minimiert und Ausuferungen verhindert werden. Um Ufer- und Sohlenerosionen zu verhindern, sollen zudem im Oberlauf bestehende Bauwerke (Holzkastensperren, Ufersicherungen) saniert und zusätzliche Querwerke erstellt werden. Gleichzeitig werden Gerinneabhängungen wo nötig ausgeholt.

Die Gesamtkosten des Wasserbauprojekts belaufen sich auf CHF 850'000. Diese Summe umfasst Baukosten im Umfang von rund CHF 510'000. für den Brückenersatz am Stockiweg und CHF 160'000 für Massnahmen im Oberlauf sowie Honorarkosten, Landerwerbs- und Nebenkosten von CHF 180'000.

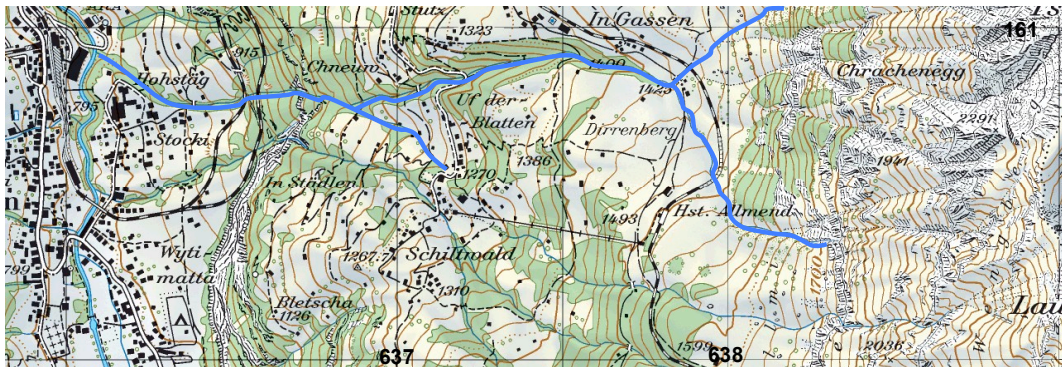


Abbildung 1: Einzugsgebiet Rybibach (Guferrgraben Nord-Ost, Plattibach (Süd-Ost, Chneuwgraben, Blattenbach, Rybibach)

2 Anlass und Auftrag

2.1 Auftrag / Projektziele

Die Überarbeitung der Gefahrenkarte für den Rybibach in Lauterbrunnen zeigt für das Gebiet Stocki eine Gefährdung durch Überflutungs- und Übermürungsprozesse. Gefährdet sind insbesondere das Altersheim Günschmatte, ein Mehrfamilienhaus und eine Ferienwohnung.

Die Schwellenkorporation Lauterbrunnen beabsichtigt dieses Schutzdefizit zu beheben und beauftragte am 7.4.2011 die Büros Flussbau AG SAH, GEOTEST AG und Mätzener & Wyss Bauing. AG mit der Erarbeitung eines Massnahmenkonzeptes. Ziel des Massnahmenkonzeptes ist die Prüfung verschiedener Varianten und die Evaluation einer Bestvariante bezüglich Gefährdung, Machbarkeit und Kostenwirksamkeit.

2.2 Projektbegrenzung

Das Projekt beschränkt sich auf Untersuchungen entlang des Rybibachs. Der Projektperimeter umfasst das Einzugsgebiet und das Wirkungsgebiet (Kegelbereich) des Rybibachs.

2.3 Projektorganisation

Für die Erarbeitung des Vorprojektes haben sich die beiden Büros Flussbau AG SAH und Mätzener & Wyss Bauing. AG zu einer Arbeitsgemeinschaft ARGE Rybibach zusammengeschlossen. Die Federführung liegt bei der Flussbau AG SAH. Sie zeigt sich für die Gesamtprojektleitung sowie für die hydraulischen und geschiebetechnischen Fragestellungen verantwortlich. Die bautechnischen und statischen Aspekte sowie die Planbearbeitung werden durch Mätzener & Wyss Bauing. AG sichergestellt. Die GEOTEST AG wurde für die Gefahrenbeurteilung der Hochwasserprozesse sowie für den Nachweis der Kostenwirksamkeit des Projektes (Berechnungen gemäss EconoMe) als Unterakordant beigezogen.

2.4 Partizipation und Information

Für die Erarbeitung des Vorprojektes wurden alle relevanten Projektentscheide im Rahmen des Leitungsteams mit den Vertretern der Schwellenkorporation, der Gemeinde und den kantonalen Fachstellen sowie den Projektverfassern gefällt.

3 Ausgangssituation / Ist-Zustand

3.1 Historische Ereignisse

Für den Rybibach sind drei Ereignisse in den Jahren 1965, 1981 und 1995 dokumentiert, bei denen es zu Verklauungen des Durchlasses WAB im Bereich "In Gassen" und der Brücke beim Stockiweg kam. Bei letzterem Ereignis kam es in der Folge zu einer Übermuerung des Kegels.

3.2 Bestehende / zukünftige Nutzung

Gemäss Richtplan des Kantons Bern [5], Stand Juli 2013 liegen folgende Nutzungen vor:

Siedlung

Das Wirkungsgebiet (Kegel) des Rybibachs befindet sich im oberen Bereich im Streusiedlungsgebiet. Der übrige Bereich gehört zum Siedlungsgebiet mit Wohnzone 2-geschossig, Mischzone 3-geschossig und Zone für öffentliche Nutzung.

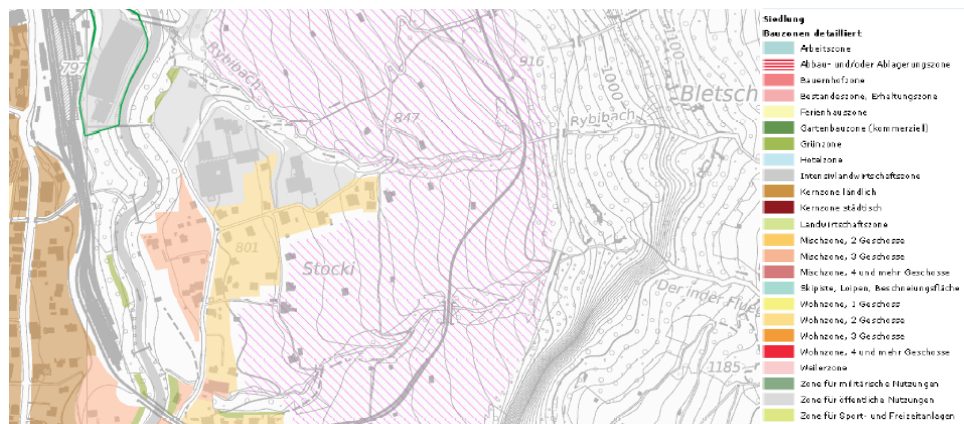


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Richtplan des Kantons Bern [5]

Verkehr / Wanderwege

Der Stockiweg dient als Erschliessungsstrasse, Wanderweg (nationaler Wanderweg Nr. 1, Via Alpina, Etappe Grindelwald – Lauterbrunnen) sowie Bikeroute (nationale Bikeroute Nr. 1, Alpen Bike, Etappe Grindelwald – Interlaken).

Wasserkraftnutzung

Es besteht aktuell keine Wasserkraftnutzung im untersten Abschnitt des Rybibachs. Gemäss Richtplan [5] ist eine Nutzung der Wasserkraft im Abschnitt zwischen Kegelhal und Einmündung in die Weisse Lütschine mit „zusätzlichen Anforderungen“ künftig möglich.

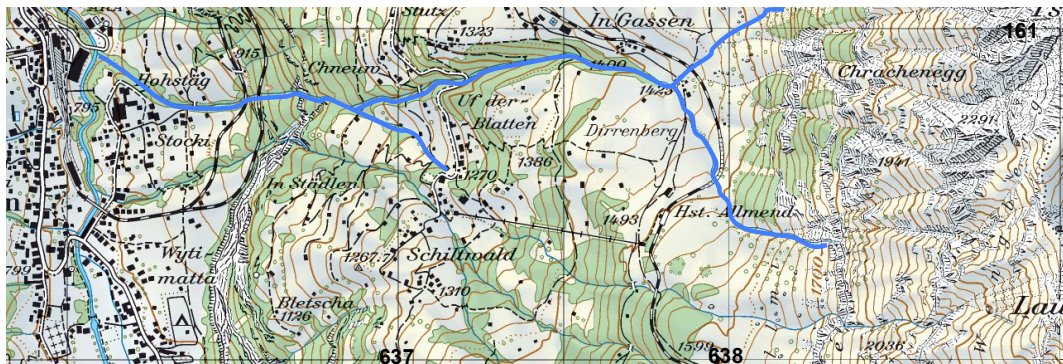
3.3 Einzugsgebiet

3.3.1 Ausdehnung, Ursprung und Vorflut

Das Einzugsgebiet erstreckt sich vom Tschuggen und vom Lauberhorn auf ca. 2500 m ü. M. über die Allmend und Innerwengen bis ins Siedlungsgebiet von Stocki in Lauterbrunnen. Der oberste Teil des Einzugsgebietes ist felsdominiert. Der mittlere Bereich umfasst die Alpweiden im Raum „In Gasse“ und Allmend. Der Rybibach (oder Chneuwgraben) hat sich unterhalb von „In Gassen“ bis nach Lauterbrunnen stark ins Lockermaterial eingetieft. Das Gerinne ist über weite Strecken mit Holz und teilweise mit Mauersperrern verbaut. An den Bacheinhängen können Böschungsrutschungen auftreten und zum Feststoffpotential des Rybibachs beitragen. Vor wenigen Jahren wurde der Fliessabschnitt zwischen 1150 – 1200 m ü. M. frisch ausgeholt und die Schwellen erneuert. Im Jahre 2007 wurde entlang des Rybibachs bei der Strassenbrücke auf Kote 845 m ü. M. eine Holzpalisade zum Schutz vor Geschiebeaustritten errichtet. Zudem wurde der Stockiweg nahe der Brücke mit einem leichten Quergefälle zum Gerinne hin ausgestaltet, um austretende Wasser- und Geschiebemengen zum Gerinne zurück zu leiten. Auf 795 m ü. M. mündet der Rybibach in die

Weisse Lütschine.

Abbildung 3: Einzugsgebiet Rybibach

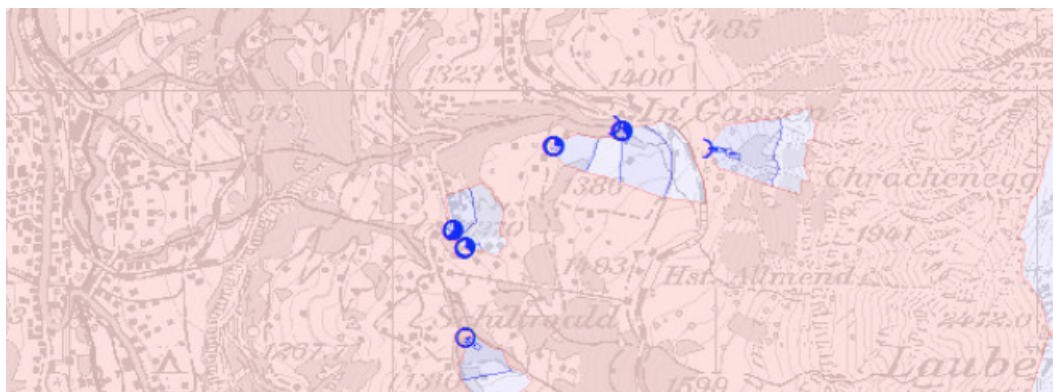


3.3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Der Kegelbereich des Rybibachs liegt gemäss Gewässerschutzkarte des Kantons Bern [6] im Gewässerschutzbereich Au. Gefasste oder ungefasste Quellen sind nicht vorhanden.

Im Gebiet „Under der Hus Sengg“ und ausgedehnter im Oberlauf des Chneuwgrabens / Gufergrabens befinden sich drei Fassungsgebiete der Zone S1 mit Quelfassungen (Schüttung 100 – 250 l/min, 1'000 – 5'000 l/min) und einer Stollenfassung sowie Schutzzonen S2 und S3.

Abbildung 4: Ausschnitt Gewässerschutzkarte des Kantons Bern im Bereich des Rybibachs



3.4 Mögliche Gefahrenarten (Prozesse)

Das Gerinne des Rybibachs ist murfähig. Gemäss Gefahrenkarte Lauterbrunnen ist bei häufigen, bis 30-jährlichen Ereignissen aber noch nicht mit Murgängen, sondern mit Geschiebe- und Holztrieb zu rechnen. Ab 100-jährlichen Ereignissen ist hingegen mit grösseren Murgängen und entsprechenden Feststoffverlagerungen zu rechnen. Die Szenarien gemäss Gefahrenkarte werden nachfolgend beschrieben.

3.4.1 Abflussszenarien

Die Werte zu den Spitzenabflüssen können der aktualisierten Gefahrenkarte Lauterbrunnen [24] entnommen werden und sind nachfolgend dargestellt. „HQ“ steht für Hochwasser und die Zahl für die Wiederkehrperiode (Bsp: HQ₁₀₀ = Hochwasser mit einer 100-jährlichen Wiederkehrperiode).

Tabelle 1:
Abflussszenarien nach
Wiederkehrperiode

HQ ₃₀	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀	EHQ*
9.6 m ³ /s	14 m ³ /s	18 m ³ /s	28 m ³ /s

* EHQ = HQ₁₀₀ * 2

Die Spitzenabflüsse (Reinwasser) sind bezüglich der Szenarien nur bedingt aussagekräftig. Für die Gefahrenbeurteilung entscheidend sind die in Kapitel 3.6 formulierten Murgangsszenarien. Der Maximalabfluss eines Murgangs ist deutlich höher als der Reinwasserspitzenabfluss.

3.4.2 Geschiebe- und Schwemmholszenarien

Das Gerinne des Rybibachs verläuft mit Ausnahme des oberen Teileinzugsgebietes im Bereich Allmend fast vollständig durch bewaldete Gerinneabschnitte. Im Ortsteil Wengen bestehen zwar kleinere Geschiebesammler, die einen Teil des oberhalb von Kote 1270 m ü. M. mobilisierten Geschiebes zurückzuhalten vermögen. Dabei handelt es sich aber um bescheidene Kubaturen (Kubikmeterbereich). Die unterhalb Wengen gelegenen, bewaldeten Gerinneabschnitte bei Chneuw tragen erneut zur Geschiebe- und Schwemmholt-Mobilisierung bei.

30-jährliche Ereignisse

Die Geschiebemobilisierung am Kegelhals beträgt rund 500 bis 1'000 m³. Murgänge sind nicht zu erwarten.

100-jährliche Ereignisse

Im Einzugsgebiet können rund 1'000 bis 1'500 m³ mobilisiert werden. Geschiebequellen sind zu ähnlichen Teilen Böschungen und Sohle. Es ist mit Murgängen zu rechnen. Diese werden im Bereich der alten und der neuen Brücke WAB zwar energetisch gebremst, dennoch können sie den Bereich Brücke Stockiweg erreichen und hier zu Verklausungen und sekundär zu Übermürungen führen.

300-jährliche Ereignisse

Es können bis zu 2'000 m³ Geschiebe mobilisiert werden. Murgänge sind sehr wahrscheinlich. Es ist mit grösseren Geschiebe-Austritten bei der Brücke Stockiweg zu rechnen.

Schwemmholt

Der Ereigniskataster sowie Aussagen von Anwohnern bestätigen, dass Schwemmholt in Kombination mit Geschiebetransport immer wieder zu Verklausungen bei der Brücke Stockiweg führte.

Die Stammlängen im Einzugsgebiet betragen bis 30 m. Aus den bisherigen Ereignissen und gemäss Aussagen von Anwohnern wurden im Bereich der Brücke Stockiweg bereits Stammlängen von 5 m beobachtet. Zur Einschätzung der Verklausungswahrscheinlichkeit der Stockibrücke im Ist-Zustand und im Verbauungszustand wurden in Zusammenarbeit mit dem Forstrevier Lauterbrunnen (Ralph Schai) maximal mögliche mobilisierbare Stammlängen von 10 m festgelegt.

3.5 Beurteilung der bestehenden Schutzbauten

Die Beurteilung der Schutzbauten wurde teilweise im Rahmen von Gefahrenkartenrevisionen (2011 und 2013) durchgeführt.

Folgende Schutzbauwerke wurden beurteilt:

- Der realisierte Gerinneunterhalt oberhalb des Felsbandes im Bereich zwischen 1'150 und 1'200 m ü. M. hat einen untergeordneten Einfluss auf die Szenarien, wird aber nach PROTECT [14] generell als zuverlässig eingestuft.
- Die bestehende Holzpalisade (Abbildung 5) bei der Brücke Stockiweg ist gemäss PROTECT [14] infolge der fehlenden Gebrauchstauglichkeit, der nicht ausreichenden Tragfähigkeit und der als nicht genügend eingeschätzten Dauerhaftigkeit als nicht zuverlässig zu beurteilen.
- Der Durchlass beim früheren, heute nicht mehr benutzen WAB-Trasse ist zwar keine Schutzbaute, hat aber dennoch eine prozessbeeinflussende Wirkung. Für die hier definierten Szenarien ist der Durchlass aber ebenfalls von untergeordneter Bedeutung, wie die Herleitung in [24] zeigt.

Abbildung 5: Holzpalisade bei der Brücke Stockiweg in Fließrichtung links



3.6 Gefahrenbeurteilung

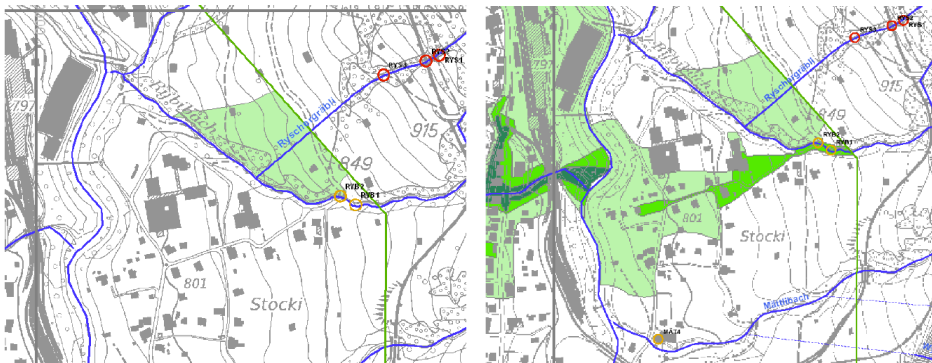
30-jährliche Ereignisse (Hochwasser- und Geschiebetransport Szenario)

Bei häufigen Ereignissen ist mit einem Spitzenabfluss von rund $10 \text{ m}^3/\text{s}$ zu rechnen. Die Kapazitäten der Brücke WAB und der Brücke Stockiweg sind ausreichend. Es ist nicht mit Verklausungen oder Geschiebe-/ Wasseraustritten zu rechnen.

100-jährliche Ereignisse (Murgangsszenario)

Geschiebe wird aus Sohle und Böschungen zu ähnlichen Teilen mobilisiert. Schwemmholz ist praktisch auf der gesamten Fließstrecke ober- und unterhalb Wengen vorhanden und kann bei der Brücke Stockiweg zu Verklausungen führen. Genannte Brücke ist die entscheidende Schwachstelle. Hier können Murgänge aus dem Gerinne auf die linke Kegelseite ausbrechen. Nach kurzer Fließstrecke auf dem Stockiweg erfolgt allerdings mehrheitlich ein Rückfluss ins Gerinne. Es sind aber partielle Weiterverlagerungen der Geschiebemengen mit Übersarung mittlerer Intensität des Kegels bis in den Bereich des Altersheims zu erwarten. Hier lagert sich der Großteil des Geschiebes ab. Unterhalb des Altersheimes sind noch Überflutungen mit geringer Intensität zu erwarten. Hiervon ist der untere Kegelbereich bis zur Lutschine betroffen (blauer und gelber Gefahrenbereich. Ü5 und Ü2 in Abbildung 8).

Abbildung 6: Intensitätskarten 30-jährliches (linkes Bild) und 100-jährliches Ereignis (rechtes Bild)



Folgende Parameter sind für Murgangereignisse mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren zu erwarten:

Parameter	Wert
Max. Fließgeschwindigkeit Murgang v_{\max}	5-6 m/s
Wahrscheinlichkeit Verklausung	Sehr hoch
Kurzzeitiger max. Spitzenabfluss Murgang [18] G100	40 m ³ /s
Kurzzeitiger max. Spitzenabfluss Murgang [18] G100 bei 3 Schüben	17 – 20 m ³ /s
Geschiebefracht	Bis zu 1'500 m ³
Ereignisdauer (geschätzt)	Peak nach 20' der Gesamtereignisdauer, Ereignisdauer insgesamt 40'

Tabelle 2:
Prozessparameter für
ein 100-jährliches
Ereignis

300-jährliche Ereignisse (Murgangsszenario)

Die Szenarien und Gefahrenflächen sind ähnlich wie bei 100-jährlichen Ereignissen. Die Übermürungen im Gebiet Stocki erreichen hohe Intensitäten (roter und gelber Gefahrenbereich, M7, Ü4 und Ü1 in Abbildung 8).

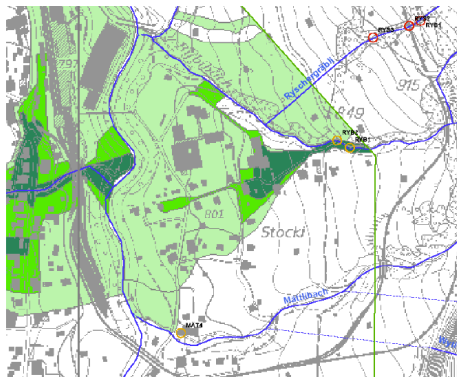


Abbildung 7: Intensi-
tätskarte 300-jährliches
Ereignis

Folgende Parameter sind für Murgangereignisse mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren zu erwarten:

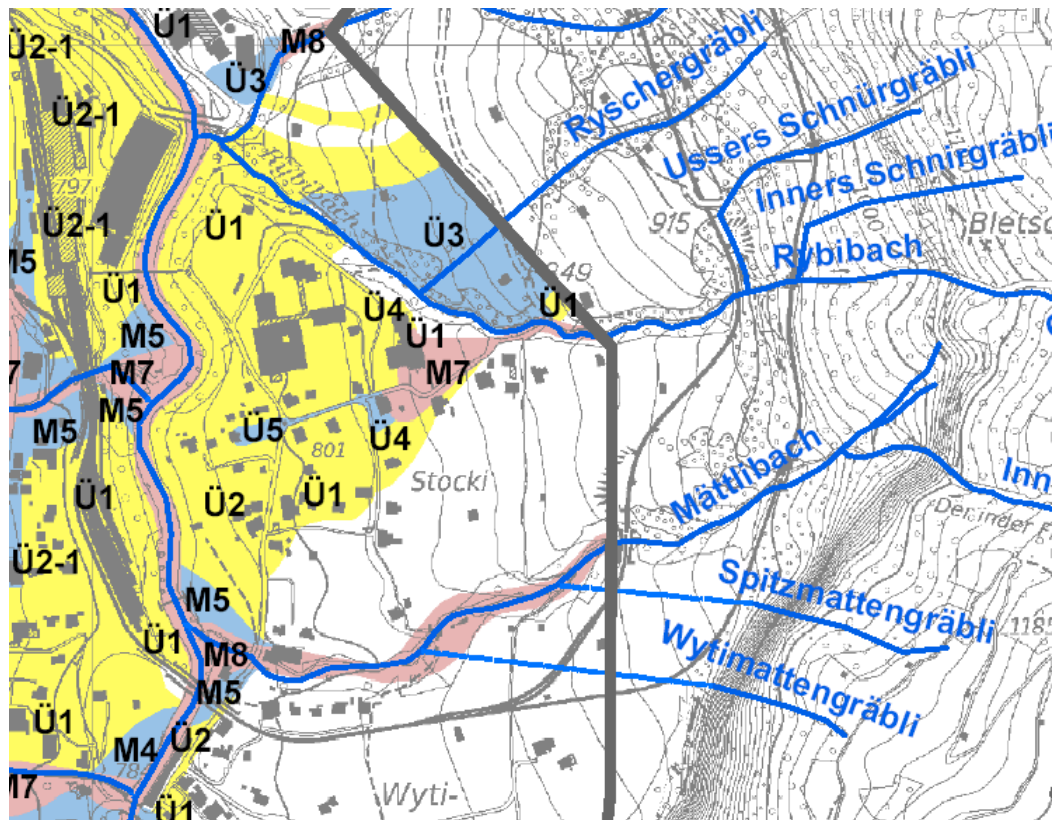
Parameter	Wert
Max. Fließgeschwindigkeit Murgang v_{\max}	6-8 m/s
Wahrscheinlichkeit Verklausung	Sehr hoch
Kurzzeitiger max. Spitzenabfluss Murgang [18] G300	50 m ³ /s
Kurzzeitiger max. Spitzenabfluss Murgang [18] G300 bei 3 Schüben	20 – 23 m ³ /s
Geschiebefracht	Bis zu 2'000 m ³
Ereignisdauer (geschätzt)	Peak nach 30' der Gesamtereignisdauer, Ereignisdauer insgesamt 60'

Tabelle 3:
Prozessparameter für
ein 300-jährliches
Ereignis

3.7 Gefahrenkarte vor Massnahmen

Die aktuelle Gefahrenkarte ist in Abbildung 8 dargestellt. Es zeigt sich, dass im oberen Bereich des Schwemmkegels des Rybibachs die durch Murgänge verursachten hohen Prozessintensitäten zu roten Gefahrenbereichen führen. Dies tangiert insbesondere das Altersheim, das direkt von Murgängen angeströmt werden kann. Mit zunehmender Distanz zur Ausbruchsstelle bei der Brücke Stockiweg nehmen die Prozessintensitäten ab. Der restliche Bereich des Rybibachkegels liegt deshalb mehrheitlich im gelben Gefahrenbereich. Mehrere Wohnhäuser südlich des Altersheimes liegen aber auch in roten und blauen Gefahrenbereichen.

Abbildung 8: Gefahrenkarte Ist-Zustand (Stand 2012)



3.8 Beurteilung Durchlass alte Strecke Wengernalpbahn (WAB)

Im Rahmen der Projektsitzung zum Ausbau des Rybibachs vom 14.3.2013 wurde von Seiten Schwellenkorporation Lauterbrunnen vermerkt, dass der alte WAB-Durchlass des Rybibachs verklauungsgefährdet sei. Dieser sei in die Szenarienbildung für das Vorprojekt miteinzubeziehen.

Oberhalb des WAB-Durchlasses verläuft der Bach steil auf anstehendem Fels und vollständig im Wald. Das Gerinnegefälle beträgt pauschal ca. 55 % (gemessen auf dem Übersichtsplan UP10 des Kantons Bern). Direkt beim Durchlass versteilt sich das Gefälle auf deutlich über 100 %. Das Gerinne verläuft hier schluchtartig im ausgewaschenen Fels (Abbildung 9).



Abbildung 9: Rybibach direkt oberhalb des Durchlasses der WAB auf Höhe 940 m ü. M.

Die Gefahrenbeurteilung zeigte (vgl. auch Anhang 3), dass die von der Schwellenkorporation geäusserte Vermutung, dass an der Stelle eine Verklauung stattfinden könnte, zutreffend ist und max. ca. 400 m³ in den Mättlichbach umgelenkt werden können. Das Gefährdungsbild auf dem Kegel des Rybibachs unterscheidet sich unwesentlich gegenüber dem Szenario ohne Verklauung WAB.

3.9 Umwelt

3.9.1 Wald

Das Einzugsgebiet des Rybibachs ist gesamthaft eher spärlich bewaldet, dagegen sind die unmittelbaren Bacheinhänge unterhalb der Allmend dicht bestockt. Bei den gerinnenahen Waldgebieten handelt es sich weitgehend um Objektschutzwald. Unterhalb von „Uf em Chneuw“ befindet sich ein kleines Gebiet mit Standortschutzwald.

3.9.2 Schutzgebiete, Schutzobjekte und Inventare

Die Naturschutzkarte des Kantons Bern [8] weist einzig im Gebiet „In Gassen“ einen Trockenstandort (ca. 1'000 m²) von regionaler Bedeutung auf.

Weitere Schutzobjekte oder Inventare liegen nicht vor.

3.9.3 Ökomorphologie

Die ökomorphologische Karte der Fließgewässer des Kantons Bern [9] zeigt für den Rybibach unterschiedliche Natürlichkeitsgrade. Diese reichen von „natürlich/naturnah“ bis „künstlich/naturfremd“. Im Abschnitt der geplanten Massnahmen wird das Gerinne als „natürlich/naturnah“ eingestuft.

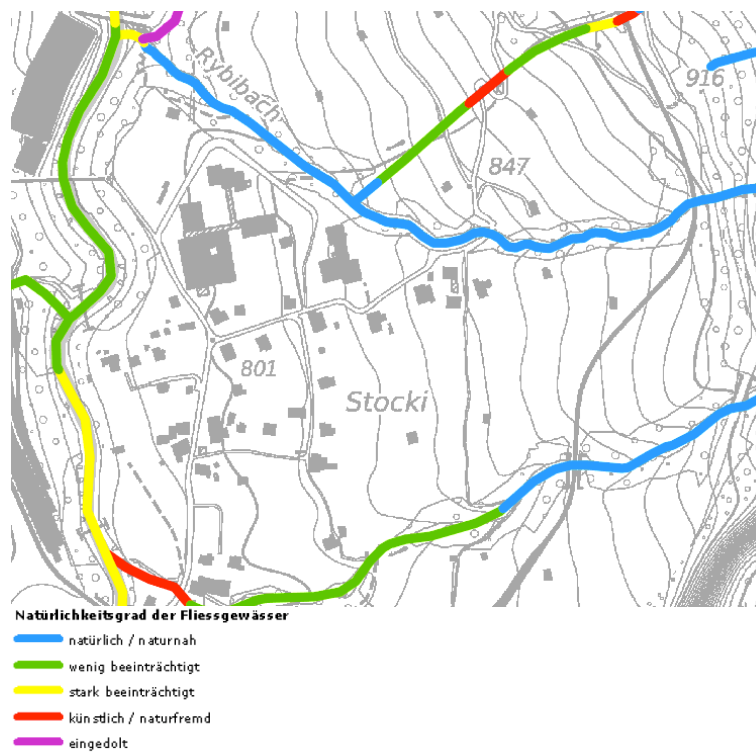


Abbildung 10: Ausschnitt aus der Öko-morphologischen Karte des Kantons Bern [9]

3.9.4 Raumbedarf Fließgewässer

Der Gewässerraum entlang des Rybibachs (Abschnitt Kegelhals bis Mündung) wird gemäss öko-morphologischer Karte der Fließgewässer des Kantons Bern [9] für das linke Ufer als genügend bezeichnet. Der rechte Uferbereich wird im Abschnitt oberhalb der Stockiweg Brücke bis auf Höhe des Altersheims Günschmatte als ungenügend klassiert, in den übrigen Abschnitten als genügend.

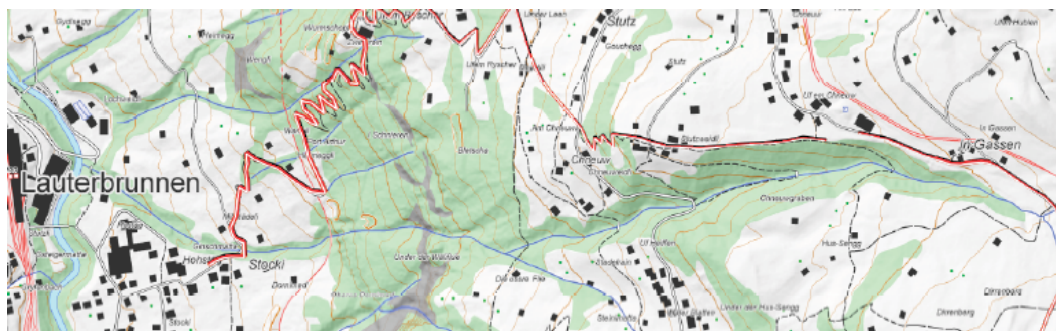
3.9.5 Belastete Standorte / Altlasten

Im Kataster der belasteten Standorte [10] ist das ehemalige Trasse der WAB als belasteter Standort (Klasse Betriebsstandort) ausgewiesen.

3.10 Inventar historischer Verkehrswege (IVS)

Über die Brücke Stockiweg führt eine Hauptwanderoute, welche gleichzeitig als Historischer Verkehrsweg von nationaler Bedeutung eingestuft wird. Der Abschnitt von der Stockiwegbrücke bis hinauf zu „Indri Brich“ weist gemäss Sachplan Wanderroutennetz [11] einen „historischen Verlauf mit viel Substanz“ auf.

Abbildung 11: Kartenausschnitt Inventar der historischen Verkehrswege



3.11 Landwirtschaft

Der Kataster der landwirtschaftlichen Kulturen 2012 weist auf dem Kegel des Rybibachs wenige und kleine Flächen mit Hochstammfeldobstbaum-Kulturen aus. Linksseitig des Rybibachs, oberhalb des WAB-Trassees ist zudem eine Fläche extensiv genutzter Wiese mit standortgerechten Einzelbäumen ausgeschieden.

Als Massnahmengebiete liegen ein Waldrandpuffer sowie im oberen Bereich des Kegels ein „Erhaltungsgebiet strukturreiche Landschaft“ vor.

Die Bodenbedeckung auf dem Schwemmkegel setzt sich aus Acker, Wiese, Weide-Flächen, Gebäuden und Wald zusammen.

4 Projektziele

4.1 Gewählte Schutzziele

4.1.1 Akzeptiertes Individualrisiko

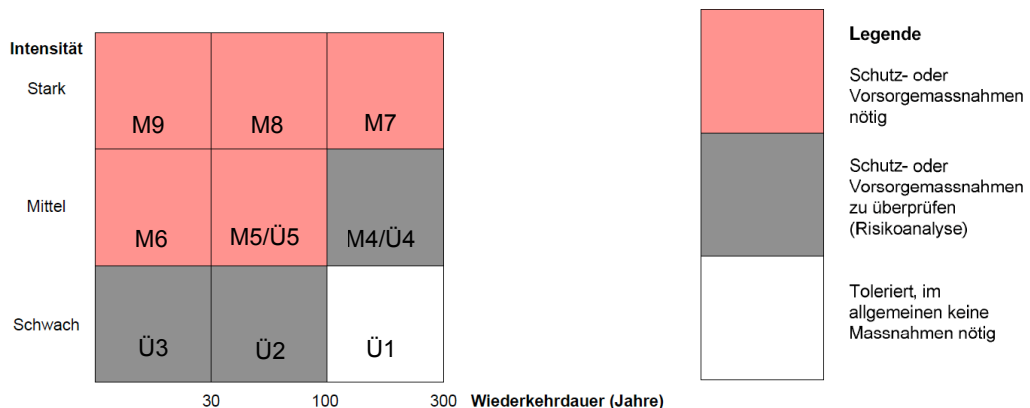
Gemäss Risikostrategie Naturgefahren des Kantons Bern [13] (Regierungsratsbeschluss vom 24.08.2005) soll das zu akzeptierende Grenzkrisiko für unfreiwillig eingegangene Risiken im Zusammenhang mit Naturgefahren maximal ein Zehntel bis ein Hundertstel des „totalen und durchschnittlichen Sterberisikos“ ausmachen. Das Individualrisiko nach Massnahmen muss demnach kleiner sein als 10^{-5} bis 10^{-6} pro Jahr.

Im Internet-Tool des Bundes EconoMe 2.2 wird 10^{-5} als Grenzwert für das akzeptierte individuelle Risiko verwendet.

4.1.2 Schutzzielmatrix des Kantons Bern

Die im Rahmen der Risikostrategie Naturgefahren des Kantons Bern [13] (Beschluss des Regierungsrates vom 24.8.2005) publizierten Schutzziele sollen auch am Rybibach angewendet werden. Die Schutzzielmatrix für die Objektkategorie 1 (Bauzonen, geschlossene Kleinsiedlungen, ständig bewohnte Einzelbauten, Gewerbe- und Industriebauten sowie Freizeit- und Sportanlagen) ist nachfolgend dargestellt (Abbildung 12). Die Felder beziehen sich auf die übliche Gefahrenstufenmatrix für Gefahrenkarten.

Abbildung 12:
Schutzzielmatrix der
Objektkategorie 1
gemäss [13]



4.2 Schutzdefizite

Die Schutzdefizite am Rybibach in Lauterbrunnen werden durch Ereignisse mit mittlerer und geringer Wahrscheinlichkeit (HQ_{100} / HQ_{300}) verursacht. Die häufigen Ereignisse können durch das bestehende Gerinne abgeführt werden und rufen keine Schutzdefizite hervor.

Ein 100-jährliches Ereignis verursacht im gerinnenahen Bereich sowie auf der orografisch linken oberen Kegelhälfte mittlere Intensitäten durch Übermuring (M5). Auf den daran angrenzenden Gebieten treten bis hinunter zur Weissen Lütschine schwache Intensitäten durch Übersarung und Überschwemmung (Ü2) auf.

Bei einem 300-jährlichen Ereignis sind grosse Teile des Siedlungsgebietes auf dem Kegel betroffen. Bis auf Höhe des Altersheimes Günschmatte muss mit Murgangablagerungen von hoher Intensität (M7) gerechnet werden. Daran anschliessend folgt eine schmale Zone mit mittleren Intensitäten (Ü4). Die übrigen Bereiche werden mit geringer Intensität (Ü1) überströmt. Zahlreiche Gebäude, unter anderem das Altersheim und das Schulhaus, wie auch verschiedene Zufahrtsstrassen sind dadurch betroffen und weisen somit ein Schutzdefizit auf.

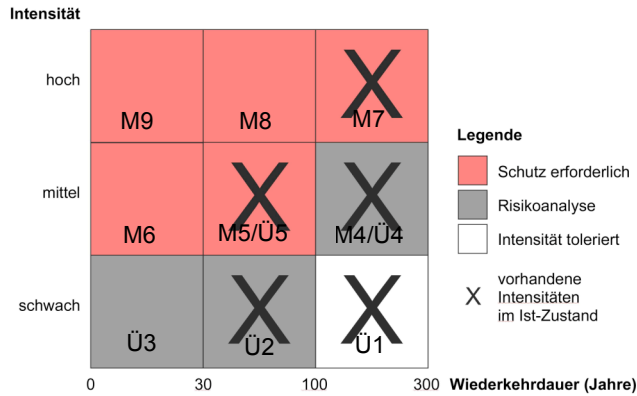


Abbildung 13: Übersicht der relevanten Ereignisse und Intensitäten für die Ermittlung der Schutzdefizite in Bezug auf Wassergefahren

5 Schadenpotenzial / Risikoanalyse

5.1 Was ist eine Risikoanalyse

Die Risikoanalyse gibt Antwort auf die Frage, welche **Schäden** durch Naturgefahrenprozesse zu erwarten sind. Es wird unterschieden zwischen Personen- und Sachrisiken.

Risiken können in Franken pro Ereignis oder als Durchschnittswerte pro Jahr angegeben werden. Todesfallrisiken bei Personen werden zu diesem Zweck in Geldwerten angegeben (sog. monetarisiert).

Das Risiko oder der Schadenerwartungswert wird als Produkt aus **Schadenswahrscheinlichkeit und Schadenausmass** berechnet. Die Wahrscheinlichkeit eines Schadens ergibt sich einerseits aus der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines gefährlichen Naturprozesses, und andererseits aus der Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Person oder ein Sachwert im Gefahrenbereich befindet (sog. Präsenzwahrscheinlichkeit). Das Schadenausmass ergibt sich aus der Anzahl Personen, die sich im Gefahrengebiet aufhalten, der Intensität des Prozesses, der Höhe der Sachwerte sowie der Empfindlichkeit der Sachwerte auf Schäden (sog. Schadenempfindlichkeit). Da die Intensität des Ereignisses eine zentrale Eingangsgrösse ist, ist auch die Erarbeitung von Intensitätskarten notwendig und wurde im vorliegenden Fall vor der Risikoberechnung durchgeführt.

5.2 Methodik

Die nachfolgend dargestellten Resultate wurden mit EconoMe 2.2 [21] errechnet. EconoMe ist ein Berechnungsinstrument, bei welchem in 11 Arbeitsschritten der Nutzen-Kosten-Faktor von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahrenprozesse bestimmt wird. Dieses Berechnungsinstrument wurde durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) entwickelt und im Juli 2008 offiziell in Betrieb genommen. Die Berechnungen laufen direkt über eine Internetplattform.

5.3 Erhebung Schadenpotenzial

Für die Analyse wurde das Schadenpotenzial detailliert ermittelt. Hierzu wurden Wohngebäude, Gewerbe- und Industriebauten, Garagen, Schuppen sowie die wichtigsten Verkehrsträger (Bahn) erfasst. Für alle Szenarien wurde auch die Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen innerhalb von gefährdeten Gebäuden ermittelt. Für die Wertbestimmung der Gebäude wurden teils Standardwerte, teils auch die effektiven Versicherungswerte verwendet. Die Werte für die durchschnittlichen Zugsfrequenzen und Zugslängen wurden von den Wengernalpbahnen, die Werte für den durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) durch das zuständige Strasseninspektorat (Oberland Ost) zur Verfügung gestellt.

Für die Berechnung in EconoMe 2.2 wurden Angaben der Gemeinde Lauterbrunnen zu den Gebäudeversicherungswerten ihrer Liegenschaften Altersheim Günschmatte und der Schulanlage Hohsteg verwendet. Angaben zum Effektivwert der Trafostation/Kuppelstation der Elektrizitätswerke Lauterbrunnen (EWL) wurden erhoben und berücksichtigt. Die genannten Infrastrukturen wurden als Sonderobjekte definiert. Angaben zur durchschnittlichen Personenbelegung wurden von der Schulleitung Lauterbrunnen und der Gemeinde geliefert. Die Intensitäten für die betroffenen Parzellen und Gebäude wurden den Intensitätskarten der Gefahrenkarte Lauterbrunnen entnommen. Dabei wurden die Prozesse dynamische Überflutung und Murgang (300-jährliches Ereignis) berücksichtigt.

5.4 Resultate

Schadenpotenzial und Risiken vor Massnahmen

Die Schadenausmasse Gesamt (Sach- und Personenschäden) sowie separat für die Personenschäden pro Szenario sind in Tabelle 4 dargestellt.

Prozess	Parameter	Schadenerwartungswerte [CHF]		
		30 Jahre	100 Jahre	300 Jahre
Dynamische Überflutung	Gesamt	keine	5'756'820	4'633'330
	Personen	keine	1'258'730	2'674
Murgang	Gesamt	keine	keine	200'871'184
	Personen	keine	keine	192'860'160
Dynamische Überflutung & Murgang	Gesamt	keine	5'756'820	205'507'188
	Personen	keine	1'258'730	192'862'834

Tabelle 4: Schadenerwartungswerte nach Szenarien und Prozessen für den Perimeter Rybibach [CHF]

Ein 30-jährliches Hochwasserereignis verursacht heute am Rybibach keine Schäden. Ein Schadenerwartungswert von rund 5.8 Mio. CHF resultiert im Perimeter nach einem 100-jährlichen Ereignis mit dynamischer Überflutung. Die sehr hohen Schadenerwartungswerte von rund 205.5 Mio. CHF im 300-jährlichen Ereignis sind massgeblich auf den Prozess Murgang zurückzuführen. Das Altersheim Günschmatte ist nebst zwei anderen Gebäuden von Murgangprozessen mit starker Intensität betroffen (M7 auf der Gefahrenkarte). Die Schäden, welche im 300-jährlichen Ereignis auf den Prozess der dynamischen Überflutung zurückzuführen sind, sind mit rund 4.6 Mio. CHF vergleichsweise gering. Die Personenschäden sind mit Anteilen von 28 % (100 Jahre) respektive 94 % (300 Jahre) differenziert zu betrachten. Während im 100-jährlichen Ereignis die Sachschäden klar überwiegen, ändert dieses Verhältnis diametral im 300-jährlichen Ereignisfall. Dies vor allem aufgrund der starken Murgangintensität und den fast 39 berechneten Todesfällen.

Murgang -			
Zusammenstellung Schadenausmass ohne Aversion			
Kategorie	Szenario 30	Szenario 100	Szenario 300
Gebäude	0 CHF	0 CHF	1 051 024 CHF
Sonderobjekte	0 CHF	0 CHF	6 960 000 CHF
Strassenverkehr	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Leitungen	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Mechanische Aufstiegshilfe	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Landwirtschaft, Wald und Grünanlagen	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Schiennenverkehr	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Sonderobjekte Bahn	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Personen	0 CHF	0 CHF	192 860 000 CHF
Schadenausmass Gesamt	0 CHF	0 CHF	200 871 000 CHF
Schadenausmass Personen	0	0	38.572

Abbildung 14: Risiko-Verteilung nach Szenarien und Objektkategorien für den Prozess Murgang (nur 300-jährliches Szenario)

Abbildung 15: Risiko-
verteilung nach Szena-
rien und Objekt-
kategorien für den
Prozess Dynamische
Überflutung

Dynamische Überschwemmung -			
Zusammenstellung Schadensausmass ohne Aversion			
Kategorie	Szenario 30	Szenario 100	Szenario 300
Gebäude	0 CHF	1 330 844 CHF	2 276 867 CHF
Sonderobjekte	0 CHF	3 027 171 CHF	1 718 577 CHF
Strassenverkehr	0 CHF	140 070 CHF	509 220 CHF
Leitungen	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Mechanische Aufstiegshilfe	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Landwirtschaft, Wald und Grünanlagen	0 CHF	0 CHF	125 993 CHF
Schieneverkehr	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Sonderobjekte Bahn	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Personen	0 CHF	1 258 730 CHF	2 674 CHF
Schadensausmass Gesamt	0 CHF	5 756 820 CHF	4 633 330 CHF
Schadensausmass Personen	0	0.251745	0.000534767

In Bezug auf die integrierten Risiken in CHF/Jahr über alle Szenarien ergibt sich folgendes Bild:

Risiko Sachwerte: 26'703 CHF/Jahr
 Risiko Personen: 642'867 CHF/Jahr
Gesamtrisiko: 669'570 CHF/Jahr

Individuelles Todesfallrisiko

Für den Prozess dynamische Überschwemmung haben wir im Altersheim Günschmatte und in der Sporthalle Hohsteg zu hohe individuelle Todesfallrisiken ($2.8 \cdot 10^{-5}$, bzw. $1.225 \cdot 10^{-5}$).

Für den Prozess Murgang (nur im 300-jährlichen Fall) resultieren an 3 Objekten zu hohe individuelle Todesfallrisiken:

- Altersheim Günschmatte ($2.1 \cdot 10^{-3}$)
- Ferienwohnung N° 4 ($8 \cdot 10^{-5}$)
- sowie Mehrfamilienhaus 5a ($4.8 \cdot 10^{-5}$)

6 Massnahmen und Variantenstudium

Zur Verbesserung der Gefahrensituation am Rybibach wurden verschiedene Massnahmen untersucht und ihre Wirksamkeit sowie die Machbarkeit geprüft. Die Erkenntnisse sind im folgenden Kapitel umschrieben.

6.1 Massnahmenkatalog

Es wird grundsätzlich unterschieden zwischen aktiven Massnahmen zur Reduktion der Gefährdung (wie Umleiten, Durchleiten und Rückhalten) sowie passiven, vorsorglichen Massnahmen (wie raumplanerische Massnahmen und Notfallplanung).

6.1.1 Raumplanerische Massnahmen

Der Schutz vor Hochwasser ist in erster Linie durch den Unterhalt der Gewässer und durch raumplanerische Massnahmen sicherzustellen (Art. 3 Abs. 1 Bundesgesetz über den Wasserbau). Das kantonale Wasserbaugesetz detailliert diesen Auftrag in Artikel 15. Am Rybibach reichen jedoch raumplanerische Massnahmen nicht aus, um die Gefährdung von Mensch, Tier und Sachwerten genügend zu reduzieren. Der Schwemmkegel des Rybibachs ist bereits dicht besiedelt. Bauliche Massnahmen im Sinne von Art. 3 Abs. 2 Bundesgesetz über den Wasserbau sind daher unumgänglich.

6.1.2 Notfallplanung

Zur Bewältigung von Katastrophen und Notlagen verfügt die Gemeinde über ein Gemeindeführungsorgan (GFO). Auf Grund der geografischen Situation wird das GFO durch drei Ortsführungsorganisationen (OFO) in Wengen, Mürren/Gimmelwald und dem Talboden unterteilt. Im Bereich Rybibach ist die Ortsführungsorganisation Talboden zuständig.

Mit Notfallplanungs-Massnahmen alleine kann im Gefahrengebiet des Rybibachs die Sicherheit nicht jederzeit gewährleistet werden, da die dazu notwendigen Vorwarnzeiten je nach Ereignisablauf sehr kurz sein können.

6.1.3 Bauliche Massnahmen

Da sowohl mit raumplanerischen als auch mit Notfallmassnahmen keine wirkungsvolle Reduktion der Gefährdung geschaffen werden kann, sind bauliche Massnahmen zwingend. Bei den baulichen Massnahmen wurde in einem ersten Schritt drei Grundvarianten Umleiten, Durchleiten und Rückhalten bezüglich deren Machbarkeit geprüft

Umleiten

Der Schwemmkegel des Rybibachs, welcher sich grundsätzlich für Umleitungs-Massnahmen anbieten würde ist insbesondere im untersten Bereich dicht bebaut. Freiräume bestehen kaum. Eine Umleitung in Richtung Mättlibach wäre nur durch einen neu zu schaffenden Abflusskorridor möglich. Dies würde aufwändige Terrainanpassungen erfordern und könnte zudem die Gefahrensituation im Mättlibach verschärfen. Die Grundvariante Umleiten wurde aus diesen Gründen nicht weiterverfolgt.

Rückhalten

Unter Rückhaltmassnahmen kommen einerseits Stabilisierungsmassnahmen im Einzugsgebiet/Gerinne wie auch ein Geschieberückhalt im Unterlauf in Frage.

Es bestehen grundsätzlich Möglichkeiten zur Stabilisierung im Einzugsgebiet. Das Gelände ist aber teilweise sehr steil und nur schwer zugänglich. Bau und Bewirtschaftung sind daher sehr schwierig und nur eingeschränkt möglich. Die Anrissgebiete sind diffus und können nicht genau lokalisiert werden. Zusätzliche Massnahmen als Ergänzung der bereits realisierten Massnahmen im Einzugsgebiet wurden deshalb nicht weiter verfolgt. Die bestehenden Querbauwerke sollen aber er-

halten werden. Für die Instandstellung der bestehenden Massnahme wurde ein entsprechender Betrag in der Kostenschätzung aufgeführt.

Ein Geschieberückhalt müsste oberhalb der Schwachstelle bei der Brücke Stockiweg zu liegen kommen. Geprüft wurde ein Geschiebeablagerungsraum unmittelbar oberhalb des Stockiweges. Dabei standen zwei Varianten im Vordergrund:

- klassischer Geschiebesammler
- Geschieberückhalt mittels Netzsperrn

Aus Kostengründen (Investition- und Unterhaltskosten) wurde nur die Variante Netzsperrn weiterverfolgt.

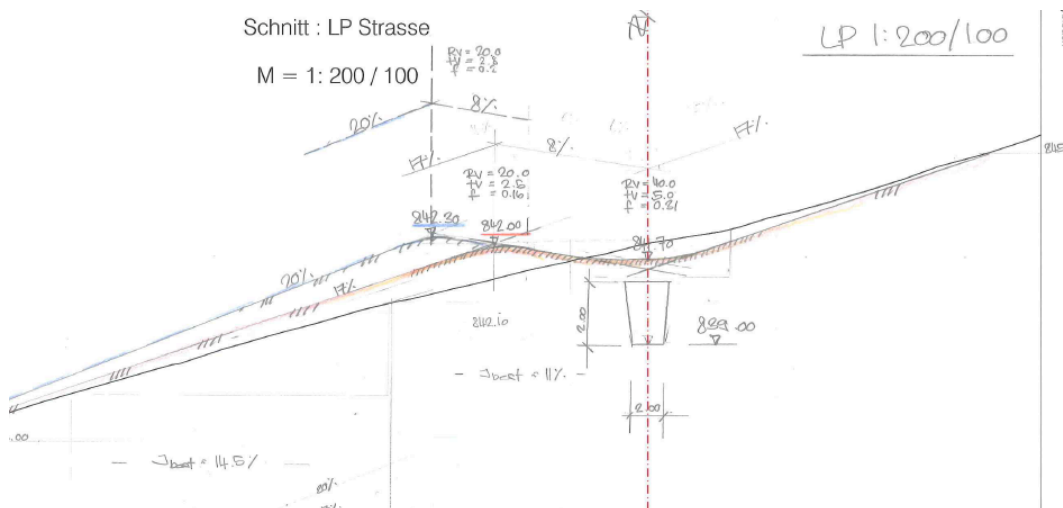
Durchleiten

Voraussetzungen für Durchleit-Massnahmen ist das Vorhandensein genügender Durchflusskapazitäten. Sowohl oberhalb als auch unterhalb des Stockiweges sind die Durchflusskapazitäten im Gerinne für Grossereignisse (300-jährliche Ereignisse) gewährleistet. Schwachpunkt stellt jedoch die Stockiwegbrücke dar, bei welcher es schon vermehrt zu Verklausungen und zu Ausuferungen kam. Als Massnahmen wurden folgende Varianten geprüft:

- Ersatz der Brücke Stockiweg: Entschärfung der Verklausungsgefahr
- Anpassung Stockiweg: Strassenanpassung mit Hochpunkt zur Rückleitung von Geschiebe ins Gerinne
- Variante Terrainanpassung Dämme: Sicherstellung Abflusskorridor zur schadenfreien Geschiebeableitung

Die Anpassung der Linienführung des Stockiweges und das Schaffen eines Hochpunktes um das Abfliessen des Murschubes über die Brücke zu gewähren, wurde nicht weiter verfolgt. Der Hochpunkt der Strasse konnte wegen der Steilheit des Geländes nicht so geschaffen werden, dass die resultierende Abflusskapazität der „Furt“ ausgereicht hätte. Eine Versteilung der Strasse von 11 auf 20 % hätte eine „Furt“ gegeben, bei welcher der Hochpunkt der Strasse nur gerade 0.5 m über dem tiefsten Punkt der Brücke liegen würde.

Abbildung 16: Längenprofil Strassenanpassung (nicht Massstabsgetreu).



Wegen der Steilheit des Kegels wurde auch die Variante Terrainanpassung Dämme als technisch nicht machbar beurteilt.

6.2 Variantenstudium

6.2.1 Variante I: Ringnetzsperr

Eine rund 30 m breite und 6 m hohe Ringnetzsperr hält Geschiebe oberhalb der Brücke Stockiweg zurück. Die Sperr ist seitlich mit Mikropfählen in den Gerinneflanken verankert. Zum Schutz gegen Erosion sind Sohle und Böschungen im Netzbereich mit Natursteinblöcken gesichert. Mit einem Rückhaltevolumen von rund 3'000 m³ kann die Geschiebefracht eines 300-jährlichen Murgangereignisses problemlos zurückgehalten werden. Die Erschliessung des Bauwerks erfolgt über eine Unterhaltszufahrt auf der Nordseite. Stockiweg und bestehende Brücke werden nicht verändert.

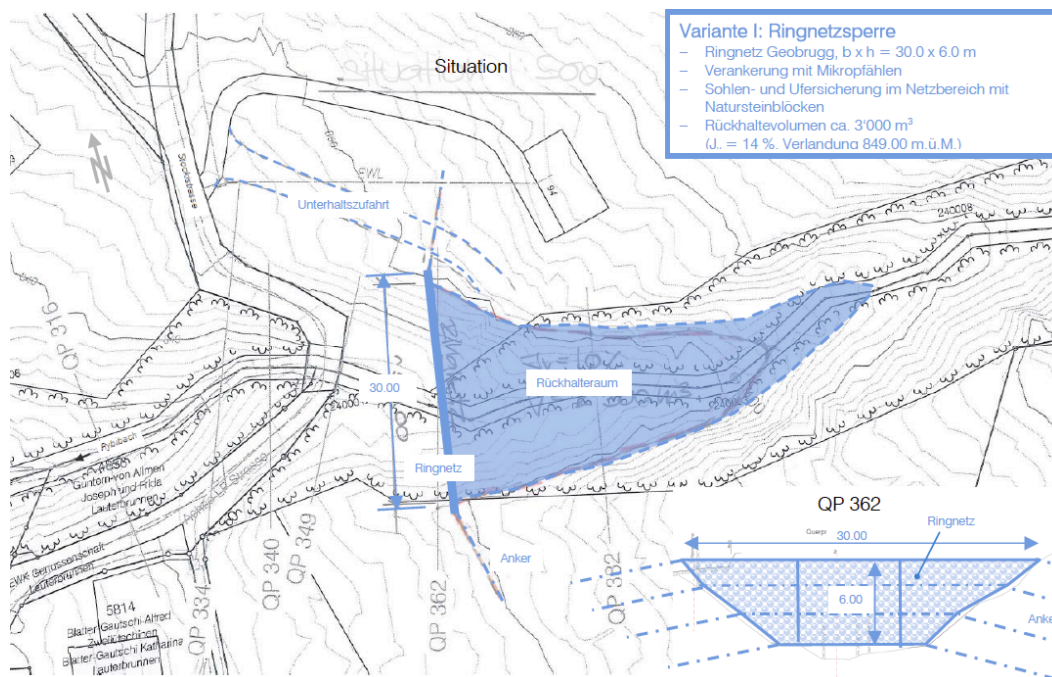
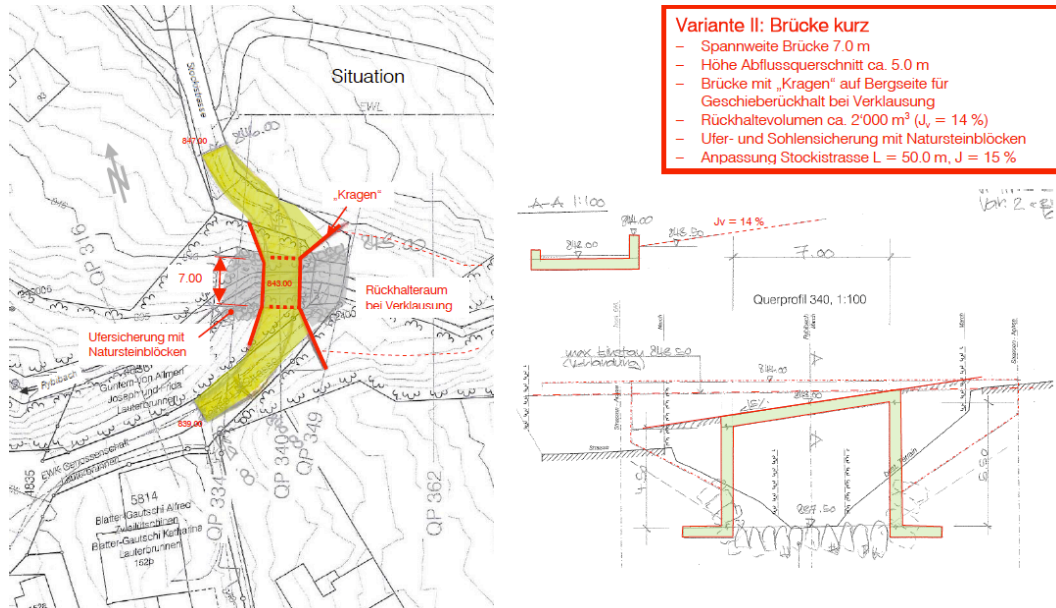


Abbildung 17: Variante I Ringnetzsperr

6.2.2 Variante II: Ersatz Stockiweg durch kurze Brücke

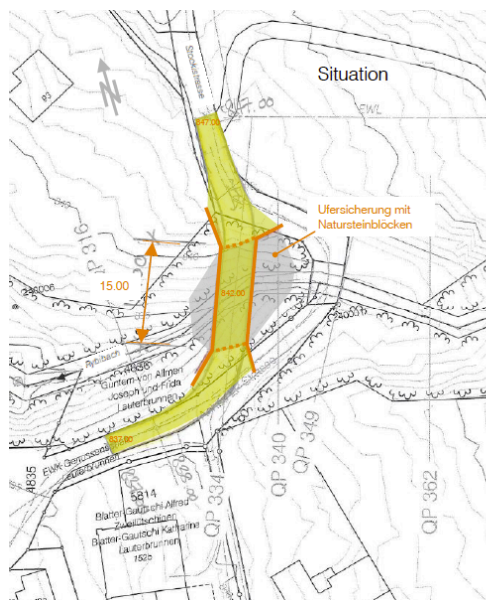
Der Stockiweg wird auf einer Länge von rund 50 m angepasst und gegen die Talseite verschoben. Eine neue Ort betonbrücke mit 7 m Spannweite und 5 m Durchflusshöhe ersetzt den bestehenden Durchlass. Sohle und Ufer sind im Brückenbereich mit Natursteinblöcken gesichert. Bei 7 m Spannweite besteht nach wie vor ein Verklausungsrisiko. Mit einem Kragen soll sichergestellt werden, dass sich Geschiebematerial im Verklausungsfall oberhalb ablagern kann bzw. zurückgehalten wird. Mit einem Rückhaltevolumen von rund 2'000 m³ kann die Geschiebefracht eines 300-jährlichen Ereignisses zurückgehalten werden. Der Zugang zum Rückhalteraum erfolgt ab dem Stockiweg auf der rechten Gerinneseite.

Abbildung 18: Variante II Brücke kurz



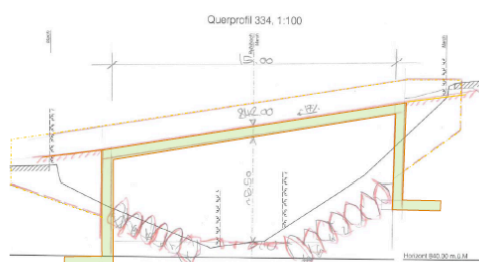
6.2.3 Variante III: Ersatz Stockiweg durch lange Brücke

Bei Variante III wird der bestehende Durchlass durch eine neue Ortbetonbrücke mit 15 m Spannweite ersetzt. Der Stockiweg wird dazu auf einer Länge von rund 60 m angepasst und rund 13 m gegen die Talseite verschoben. Die grosszügige Bauwerksabmessung verhindert eine Verklauung der Brücke. Ein 300-jährliches Ereignis kann im Gerinne abgeleitet werden. Sohle und Ufer werden im Brückenbereich mit Natursteinblöcken gesichert



- Variante III: Brücke lang**
- Spannweite 15.0 m
 - Höhe Abflussquerschnitt ca. 5.0 m
 - Strassenanpassung L = ca. 60.0 m
 - Rückhaltevolumen ca. 2'000 m³ (J₃₀₀ = 14 %)
 - Ufer- und Sohlensicherung mit Natursteinblöcken
 - Anpassung Stockistrasse L = 60.0 m, J = 17 %

Abbildung 19: Variante III Brücke lang



6.2.4 Kosten

Für die drei Varianten werden folgende Kosten geschätzt (Genauigkeit +/- 20 %, Kostenstand März 2013)

Kosten [CHF]	Variante I Netz	Variante II Brücke kurz	Variante III Brücke lang
Baukosten Variante	330'000	290'000	420'000
Unvorhergesehene Kosten	40'000	40'000	50'000
Massnahmen im Oberlauf	150'000	150'000	150'000
Honorare	110'000	110'000	140'000
Landerwerb und Nebenkosten	30'000	30'000	30'000
Total exkl. MwSt.	660'000	620'000	790'000
Mehrwertsteuer 8 % (gerundet)	50'000	50'000	60'000
Total inkl. MwSt.	710'000	670'000	850'000

Tabelle 5: Kostenschätzung pro Variante, Kostenstand März 2013

6.2.5 Massnahmenwirkung

Bei der Variante I und III geht man davon aus, dass ein 300-jährliches Ereignis schadlos bewältigt werden kann. Bei der Netzvariante besteht bei einem Verlandungsgefälle von 14 % eine Reserve gegenüber dem 300-jährlichen Szenario von rund 1'000 m³. Bei der Variante III wird das Verklauungsrisiko bei einem 300-jährlichen Ereignis als gering eingestuft. Bei der Variante II wird beim 300-jährlichen Ereignis mit Überflutungen und Übersarungen gerechnet, da bei einer Verklauung der Brücke zwar das Geschiebe zurückgehalten werden kann, das Wasser aber via Brücke in den besiedelten Bereich des Kegels abfließt.

Risikoreduktion und Kostenwirksamkeit der Massnahme

Wie die Einschätzung der Gefahrensituation nach Massnahmen zeigt, werden die heute vorhandenen Risiken für die 30-, 100- und 300-jährlichen Ereignisse mit den Varianten I und III vollständig eliminiert. Es verbleibt einzig noch eine Restgefährdung bei Extremhochwasser.

Als Ausgangsgrößen für die Berechnung der Kostenwirksamkeit wurde von folgenden Werten ausgegangen:

Tabelle 6: Ausgangsgrößen für Berechnung der Kostenwirksamkeit

	Variante I Netz	Variante II Brücke kurz	Variante III Brücke lang
Kosten Total inkl. MWSt. (Investitionssumme)	710'000	670'000	850'000
Aufwand für Betrieb und Unterhalt (% der Investitionssumme)	3%	1%	1%

Der höhere Betriebs- und Unterhaltsaufwand bei der Variante I ergibt sich aus der Annahme, dass das Netz häufiger unterhalten und ggf. geleert werden muss. Ausserdem ergeben sich aufgrund der kürzeren Lebensdauer des Netzes häufigere Inspektionsintervalle, die kostenrelevant sind.

Auf Grund der Gefahreinschätzung und der oben angegebenen Investitionssummen ergeben sich für die drei Varianten folgende Kostenwirksamkeiten:

Tabelle 7: Kostenwirksamkeit Varianten I - III

	Variante I Netz	Variante II Brücke kurz	Variante III Brücke lang
Risikoreduktion	vollständig	teilweise	vollständig
Kostenwirksamkeit	12.2	19.3	21.3

Es gilt anzumerken, dass bei Variante I und III auch die individuellen Todesfallrisiken vollständig eliminiert werden. Einzig bei Variante II verbleiben gewisse Risiken. Diese liegen allerdings deutlich unter dem Schwellenwert von 10^{-5} Todesfällen/Jahr.

6.3 Nutzwertanalyse

Um aus den geprüften Varianten die Bestvariante zu bestimmen wurde eine Bewertung der Varianten durchgeführt. Dazu wurden die Varianten I, II und III bezüglich der Kriterien „Hochwasserschutz im Überlastfall“, „Kostenwirksamkeit“, „Betrieb“ und „Landschaftliche Aspekte“ beurteilt.

Durch eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Kriterien konnte die Robustheit der Variantenbewertung geprüft werden.

*Tabelle 8:
Variantenbeurteilung*

Gewichtung	Variante I Netz	Variante II Brücke kurz	Variante III Brücke lang
Ausgewogen alle Kriterien gleich gewichtet	300	275	350
Landschaftsaspekt untergeordnet	280	290	360
Hochwasserschutz zentral	290	280	350
Kostenwirksamkeit sehr hoch	300	330	370
Kostenwirksamkeit hoch	290	320	370

Details zur Nutzwertanalyse können dem Anhang 2 entnommen werden.

Die Auswertungen zeigen, dass die Variante III, Brücke lang bei allen Gewichtungsvarianten am besten abschneidet.

Anlässlich einer Projektsitzung im März 2013 wurden die Projektvarianten den Vertretern der Schwellenkorporation Lauterbrunnen, dem OIK I und dem SI präsentiert und die Variantenbewertung diskutiert. Dabei hat sich die Variante III, Brücke lang als Bestvariante herauskristallisiert. Sie birgt die geringsten Massnahmenrisiken und erfüllt die Projektziele.

6.4 Gefahrenkarte nach Massnahmen

Die nachfolgende Beurteilung des Bauwerkes sowie die Beurteilung der verbleibenden Gefahren nach Massnahmen beziehen sich auf die zur Weiterbearbeitung empfohlene Variante III „Brücke lang“. Die beiden anderen Varianten wurden nicht im Detail beurteilt.

Beurteilung der Schutzmassnahme nach PROTECT

Das geplante Bauwerk in Form einer neuen Brücke über den Rybibach ist kein klassisches wasserbauliches Schutzbauwerk. Dennoch werden die bestehenden Szenarien dadurch massgeblich modifiziert. Eine Beurteilung nach PROTECT ist daher aus unserer Sicht notwendig.

Die nach PROTECT zu beurteilende Zuverlässigkeit eines Bauwerks (anhand der drei Kriterien der Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit) kann wie folgt beurteilt werden:

Tragsicherheit

Die Tragsicherheit der neuen Brücke (in Bezug auf die Wasserprozesse) kann aufgrund der heutigen zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht beurteilt werden. Sie muss durch den planenden Ingenieur belegt und im Rahmen der Bauwerksabnahme bzw. anhand der Unterlagen zum ausgeführten Bauwerk festgehalten werden. Da davon auszugehen ist, dass die Brücke die bestehenden Normenwerke (SIA) erfüllt, nehmen wir nachfolgend an, dass die Tragsicherheit erfüllt wird.

Gebrauchstauglichkeit

Die Gebrauchstauglichkeit ergibt sich aus der Fähigkeit der Brücke, die definierten Abfluss- resp. Murgangszustände ableiten zu können. Wie nachfolgend dargelegt wird, ist davon auszugehen, dass Murgänge bis zu 300-jährlichen Ereignissen unter der Brücke durchgeleitet werden können, ohne dass es zu Verklausungen kommt. Die Gebrauchstauglichkeit ist damit für bis zu 300-jährliche Szenarien gegeben.

Dauerhaftigkeit

Es ist mit einer Lebensdauer von mehr als 50 Jahren zu rechnen, damit das Kriterium der Dauerhaftigkeit erfüllt wird.

Zuverlässigkeit

Das Bauwerk wird für alle berücksichtigten Szenarien als zuverlässig beurteilt. Vorbehalten bleibt die Beurteilung der Tragsicherheit.

Voraussichtliche Szenarien nach Umsetzung der Bestvariante

Die Szenarien werden bei der Realisierung der Variante „Brücke lang“, unter Berücksichtigung der Beurteilung nach PROTECT, voraussichtlich wie folgt aussehen:

30-jährliches Ereignis

Bei der Annahme eines geschiebeführenden Hochwasserereignisses mit einem 10%-igen Geschiebeanteil muss für das HQ30 von max. 11 m³/s Abfluss (Reinwasser und Feststoffe) ausgegangen werden. Der Durchlass der neu geplanten Brücke weist eine Querschnittsfläche von rund 55 m² auf. Bei einer minimalen Fliessgeschwindigkeit von 2 m/s beträgt die Durchflusskapazität der Brücke somit mindestens 110 m³/s. Dies ist deutlich mehr als das Hochwasserszenario. Die auftretenden Hochwasser, verbunden mit Schwemmholz- und Geschiebetransport, führen zu keinen Verkläuerungen am neuen Brückendurchlass. Wasser und transportierte Feststoffe können durchgeleitet werden, ohne dass eine Gefährdung für den Kegelbereich entsteht.

100-jährliches Ereignis

Für die vorgängig beschriebenen Murgangereignisse (max. Abfluss von 17 - 20 m³/s, kurzzeitig bis 40 m³/s) ist die Brücke genügend gross dimensioniert. Eine Verkläuerung derselben wird als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt. Entsprechend gilt auch für das 100-jährliche Ereignis, dass Wasser und transportierte Feststoffe durchgeleitet werden können, ohne dass eine Gefährdung für den Kegelbereich entsteht.

300-jährliches Ereignis

Grundsätzlich ist die Brücke bei einer minimalen Durchlasskapazität von 110 m³/s auch für die sehr seltenen Ereignisse (max. Murgangspitzen von kurzzeitig bis 50 m³/s) genügend gross dimensioniert. Bei Anwendung der Verkläuerungskriterien nach Lange & Bezzola [23] ist aus stochastischen Gründen eine Verkläuerung der Brücke nicht ausgeschlossen. Die Verkläuerungswahrscheinlichkeit wird allerdings als gering eingeschätzt. Bei der Gewichtung der Eintretenswahrscheinlichkeit des 300-jährlichen Ereignisses mit der angenommenen Verkläuerungswahrscheinlichkeit ergibt sich eine sehr geringe Eintretenswahrscheinlichkeit des Verkläuerungsszenarios respektive eine Wiederkehrperiode, die deutlich über 300 Jahren liegt. Damit kann die noch bestehende Gefährdung auf dem Schwemmkegel des Rybibachs mit der Restgefährdung abgedeckt werden.

Umsetzung in die skizzierte Gefahrenkarte nach Massnahmen

Üblicherweise werden Gefahrenkarten erst nach Realisierung der Schutzmassnahmen angepasst. Die oben dargelegten Ergebnisse bezüglich der Szenarien und der Gefahrenkarte nach Massnahmen können nur die mögliche Wirkung der Massnahmen aufgrund der heute zur Verfügung stehenden Projektunterlagen im Sinne einer Prognose skizzieren (Abbildung 20). Sie ersetzen keinesfalls eine Revision der Gefahrenkarte nach Umsetzung der Massnahme. Die skizzierten Gefahrenbereiche haben deshalb keinerlei rechtliche Bedeutung.

Gefahrenbereiche nach Massnahmen

Infolge der formulierten Szenarien beschränkt sich die Gefahrenkarte nach Massnahmen auf die Wirkung des Extremereignisses mit einer Wiederkehrperiode von >> 300 Jahren. Damit kann der gesamte Kegelbereich des Rybibachs in die Restgefährdung eingestuft werden.

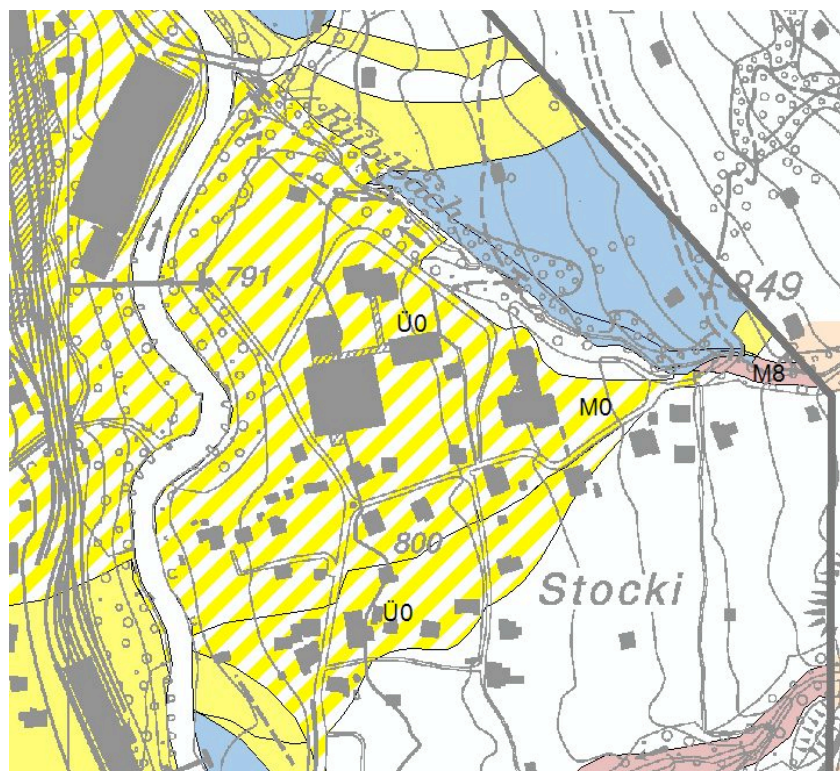


Abbildung 20:
Skizzierte, provisorische Gefahrenkarte
nach Massnahmen

7 Träger des Bauvorhabens

Träger des Bauvorhabens ist die Schwellenkorporation Lauterbrunnen.

Gemäss Auskunft von A. Schertenleib (Abt. Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt BAFU) ist auch der Ersatz einer bestehenden Brücke als Wasserbaumassnahme subventionierbar. Die subventionsberechtigten Kosten werden aber um den sogenannten Mehrwert (Neuwert abzüglich Zeitwert der bestehenden Brücke, Verstärkung Traglast, Fahrbahnverbreiterung, usw.) reduziert. Der Mehrwert ist vom Werkeigentümer zu tragen. Die subventionsberechtigten Kosten werden zu rund 60 % durch Bund und Kanton subventioniert.

Im Rahmen der Erarbeitung des Bauprojektes ist der genaue Kostenteiler zwischen Gemeinde und Schwellenkorporation festzulegen.

Vorgängig ist abzuklären, mit welchem Genehmigungs- oder Bewilligungsverfahren (Wasserbauplan-, Wasserbaubewilligungsverfahren oder kommunaler Strassenplan) das Vorhaben planrechtlich sichergestellt werden kann.

8 Grundlagenverzeichnis

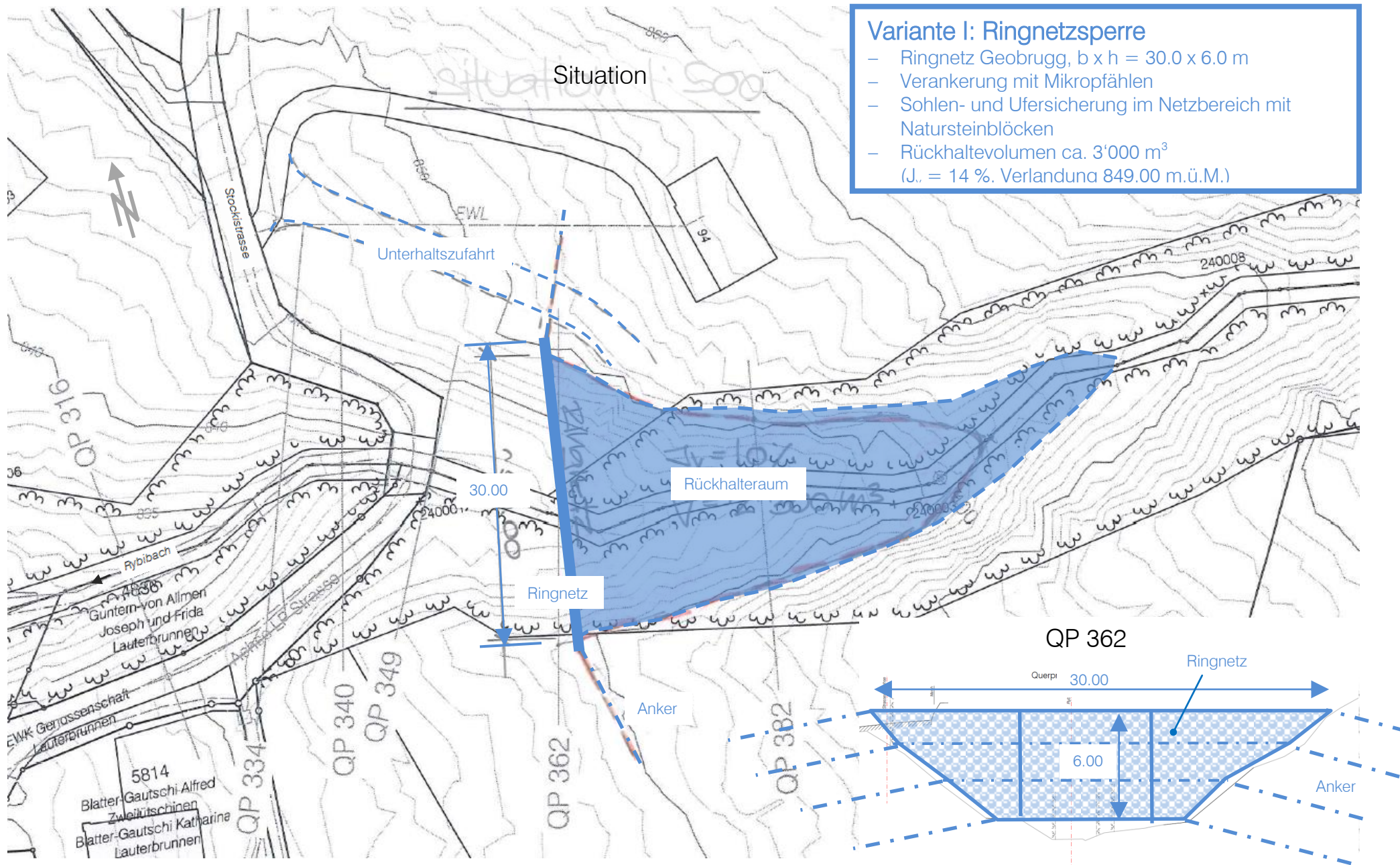
8.1 Ortsspezifische Grundlagen

- [1] Gefahrenkarte Lauterbrunnen. Bericht Nr. 00063.1 vom 31. Januar 2003 (GEOTEST AG / Impuls / Beffa)
- [2] Risikoanalyse Lauterbrunnen (Impuls/GEOTEST AG, November 2004)
- [3] Übersichtsplan ÜP5 des Kantons Bern. Copyright Amt für Geoinformation, Bern.
- [4] Digitales Höhenmodell DTM AV der Swisstopo.
- [5] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, AGR-Richtplan-Informationssystem des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [6] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Grundwasserkarte und Gewässerschutzkarte des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [7] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Schutzwaldhinweiskarte des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [8] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Naturschutzkarte des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [9] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Ökomorphologie der Fliessgewässer des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [10] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Kataster der belasteten Standorte des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [11] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Sachplan Wanderrouthenetz des Kantons Bern, Stand Juli 2013
- [12] Kanton Bern, Geoportal des Kantons Bern, Landwirtschaftliche Kulturen des Kantons Bern, Stand Juli 2013

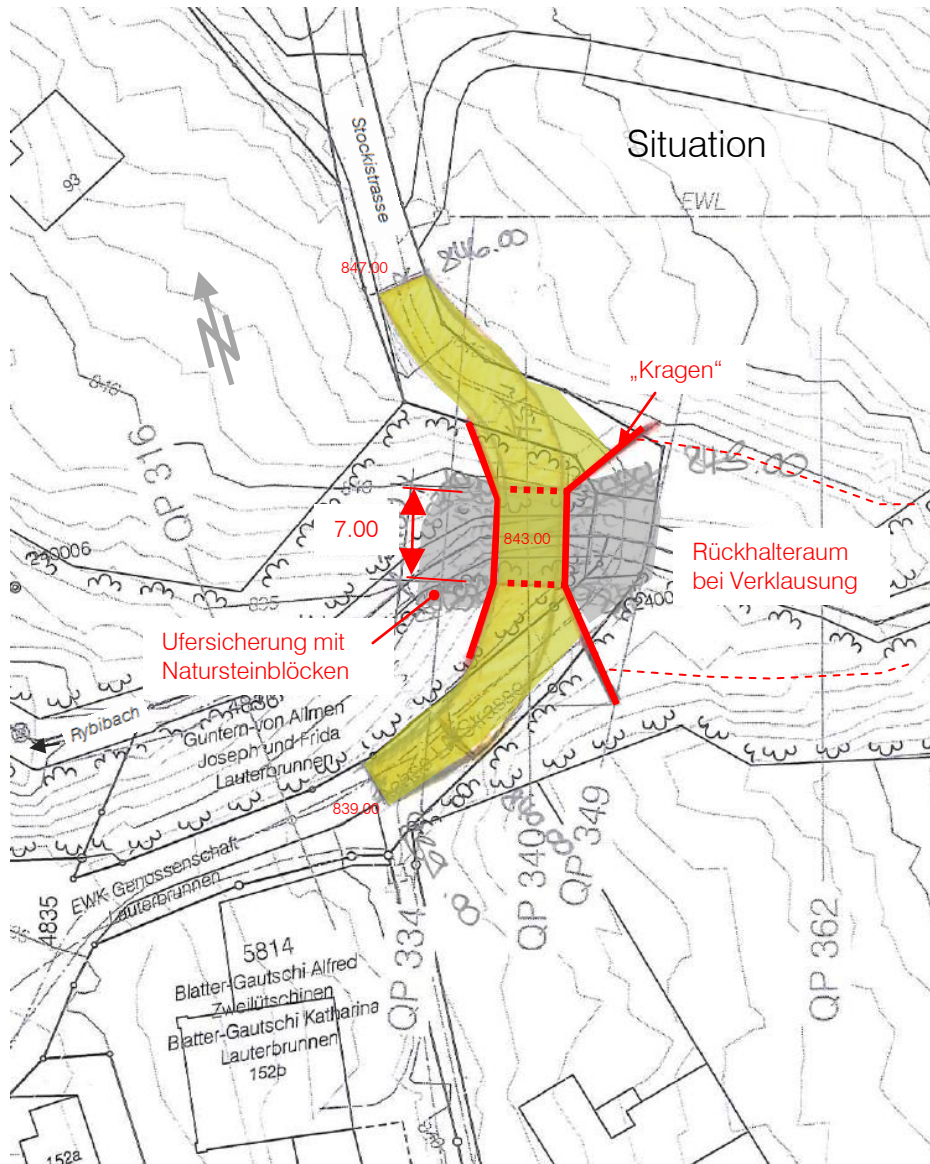
8.2 Wasserbauliche Grundlagen

- [13] Risikostrategie Naturgefahren: Umgang mit dem Risiko von Wasser-, Massenbewegungs- und Lawinenereignissen, Grundlagenpapier für die Klausursitzung des Regierungsrates zum Thema Risikostrategie Naturgefahren vom 10. August 2005, AG Nagef, 24. August 2005
- [14] Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für die Berücksichtigung in der Raumplanung (PROTECT). Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, 2008.
- [15] Risikokonzept für Naturgefahren, Umsetzung der Strategie Naturgefahren Schweiz, Einzelprojekt A1.1: Leitfaden, Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern 2009
- [16] Hochwasserschutz an Fliessgewässern: Wegleitung des BWG, Bern 2001
- [17] Sicherung des Raumbedarfs und Uferbereichs von Fliessgewässern, Empfehlung zur Umsetzung im Kanton Bern, AGR/LANAT/KUS/TBA, Bern 2004
- [18] Schwemmholz und Hochwasser. D. Rickenmann. wasser, energie, luft. 89. Jahrgang, Heft 5/6: 115 – 119.
- [19] Gefahreinstufung Rutschungen i. w. S. Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. Arbeitsgruppe Naturgefahren AGN, 2004.
- [20] Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. BRP, BWV, BUWAL, 1997.
- [21] EconoMe 2.1. Online Berechnungsprogramm zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt BAFU, 2009.
- [22] Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, Umwelt-Materialien Nr. 107-I und 107-II, Ittigen. BUWAL, 1999.
- [23] Lange D., Bezzola G. R. (2006): Schwemmholz. Probleme und Lösungsansätze. Mitteilungen der VAW Nr. 188. ETH Zürich.
- [24] GEOTEST AG (2013): Lauterbrunnen, Rybibach. Beurteilung alter Durchlass WAB. Aktennotiz vom 8. Juli 2013 (internes Arbeitsdokument).

Anhang 1: Varianten I – III

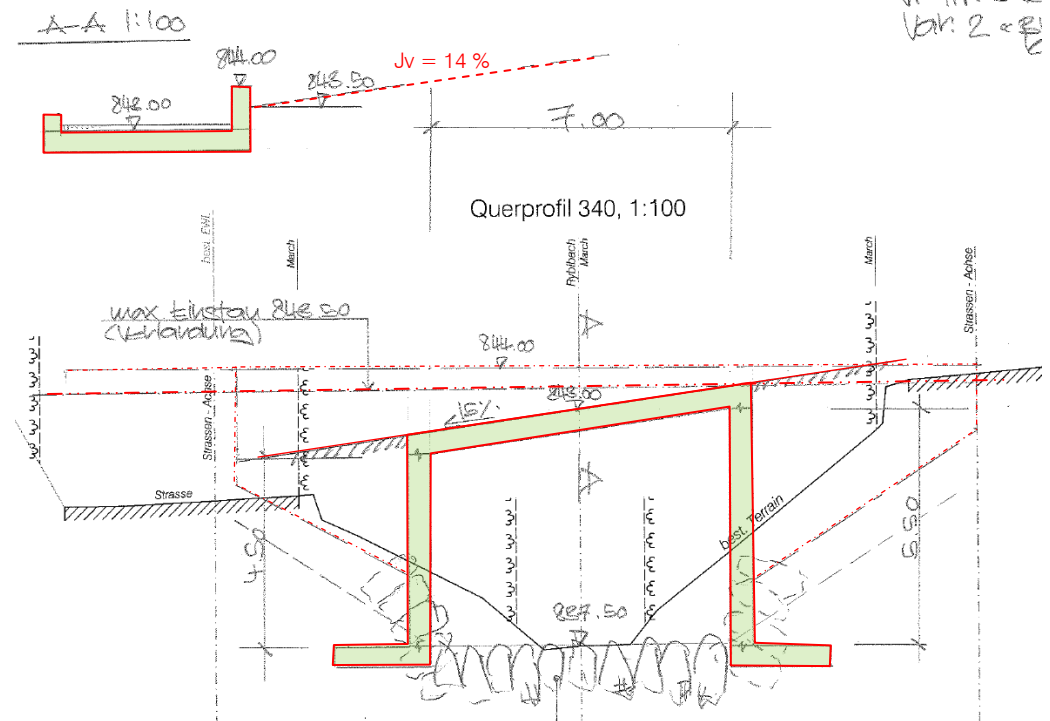


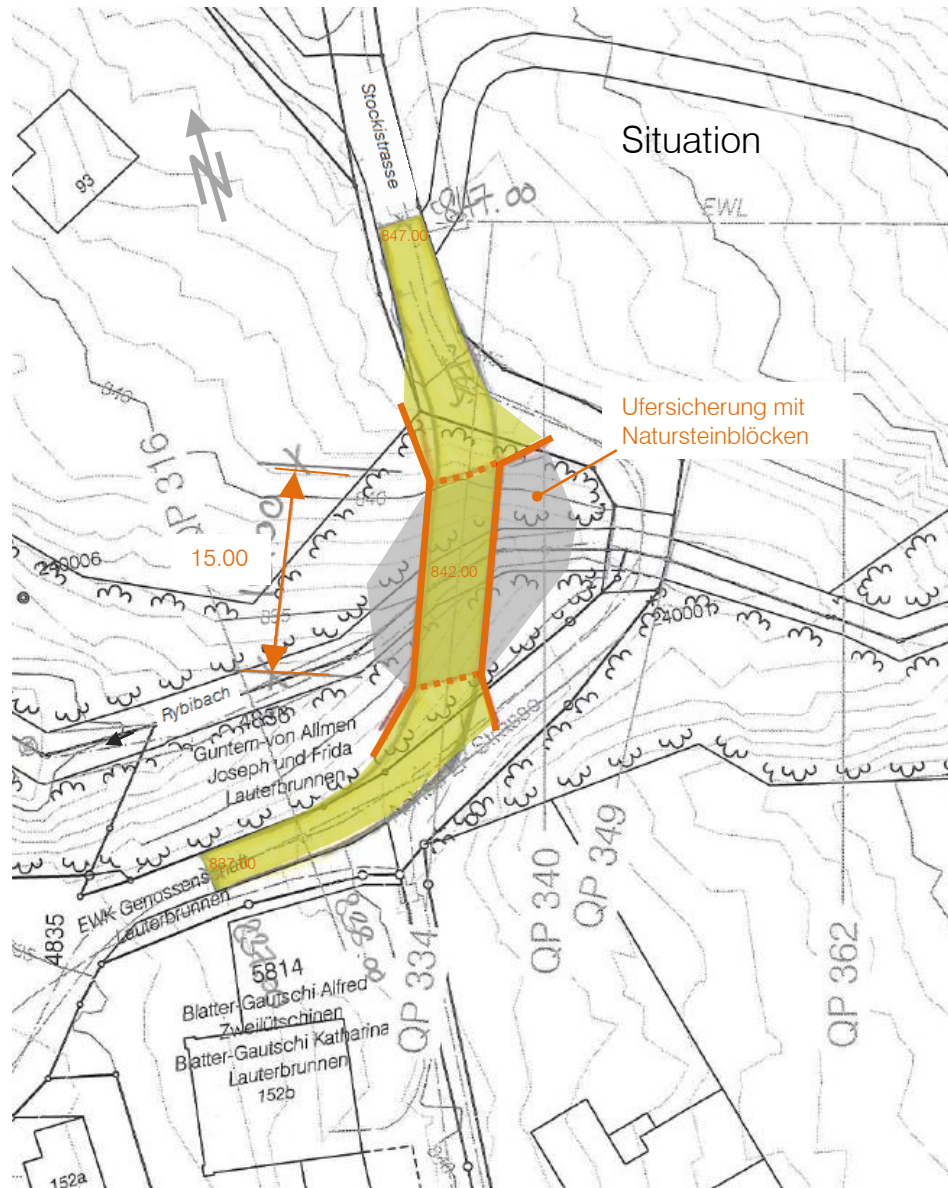
- Variante I: Ringnetzsperrre**
- Ringnetz Geobrigg, $b \times h = 30.0 \times 6.0 \text{ m}$
 - Verankerung mit Mikropfählen
 - Sohlen- und Ufersicherung im Netzbereich mit Natursteinblöcken
 - Rückhaltevolumen ca. $3'000 \text{ m}^3$
($J. = 14 \%$, Verlandung 849.00 m.ü.M.)



Variante II: Brücke kurz

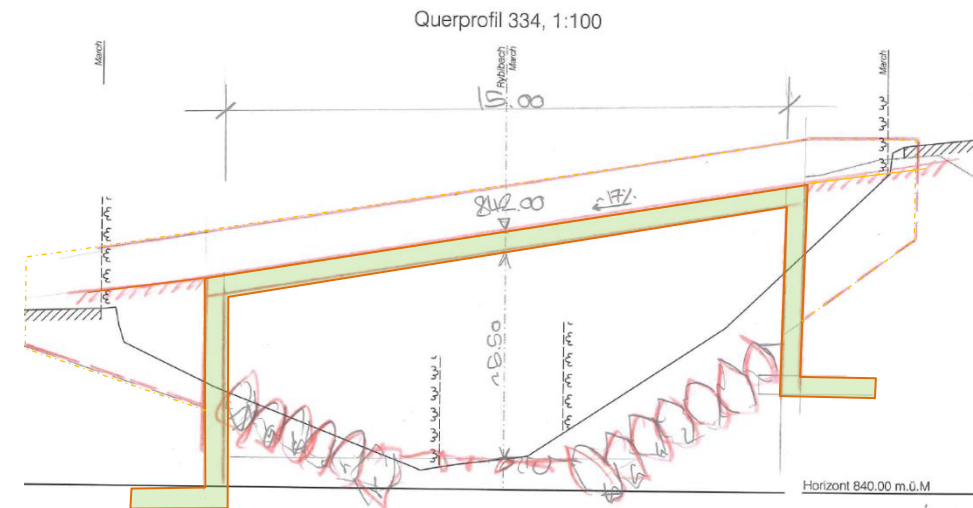
- Spannweite Brücke 7.0 m
- Höhe Abflussquerschnitt ca. 5.0 m
- Brücke mit „Kragen“ auf Bergseite für Geschieberückhalt bei Verklauung
- Rückhaltevolumen ca. 2'000 m³ ($J_v = 14\%$)
- Ufer- und Sohlensicherung mit Natursteinblöcken
- Anpassung Stockstrasse L = 50.0 m, J = 15%





Variante III: Brücke lang

- Spannweite 15.0 m
- Höhe Abflussquerschnitt ca. 5.0 m
- Strassenanpassung L = ca. 60.0 m
- Rückhaltevolumen ca. 2'000 m³ ($J_v = 14\%$)
- Ufer- und Sohlensicherung mit Natursteinblöcken
- Anpassung Stockstrasse L = 60.0 m, $J = 17\%$



Anhang 2: Nutzwertanalyse

Benotung

Note 1: keine Wirkung, sehr grosser Aufwand, schlecht

Note 2: geringe Wirkung, grosser Aufwand, genügend

Note 3: grosse Wirkung, geringer Aufwand, gut

Note 4: sehr grosse Wirkung, ohne Aufwand, sehr gut

	Gewichtung	Netz		Brücke kurz		Brücke lang		Bemerkungen
		Bew.	tot	Bew.	tot	Bew.	tot	
Hochwasserschutz Überlastfall	25	3	75	2	50	3	75	Reserve Rückhalt Netz 1'000 m3, Brücke lang Ereignisse < HQ300 keine Verklausung, Brücke kur Abfluss über Brücke nach links
Kostenwirksamkeit	25	3	75	4	100	4	100	
Betrieb	25	2	50	3	75	4	100	Brücke kurz muss bei Ablagerungen geleert werden
Landschaft	25	4	100	2	50	3	75	Brücke lang filigraner als Brücke kurz
			300		275		350	

	Gewichtung	Netz		Brücke kurz		Brücke lang		Bemerkungen
		Bew.	tot	Bew.	tot	Bew.	tot	
Hochwasserschutz Überlastfall	30	3	90	2	60	3	90	Reserve Rückhalt Netz 1'000 m3, Brücke lang Ereignisse < HQ300 keine Verklausung, Brücke kur Abfluss über Brücke nach links
Kostenwirksamkeit	30	3	90	4	120	4	120	
Betrieb	30	2	60	3	90	4	120	Brücke kurz muss bei Ablagerungen geleert werden
Landschaft	10	4	40	2	20	3	30	Brücke lang filigraner als Brücke kurz
			280		290		360	

	Gewichtung	Netz		Brücke kurz		Brücke lang		Bemerkungen
		Bew.	tot	Bew.	tot	Bew.	tot	
Hochwasserschutz Überlastfall	40	3	120	2	80	3	120	Reserve Rückhalt Netz 1'000 m3, Brücke lang Ereignisse < HQ300 keine Verklausung, Brücke kur Abfluss über Brücke nach links
Kostenwirksamkeit	30	3	90	4	120	4	120	
Betrieb	20	2	40	3	60	4	80	Brücke kurz muss bei Ablagerungen geleert werden
Landschaft	10	4	40	2	20	3	30	Brücke lang filigraner als Brücke kurz
			290		280		350	

	Gewichtung	Netz		Brücke kurz		Brücke lang		Bemerkungen
		Bew.	tot	Bew.	tot	Bew.	tot	
Hochwasserschutz Überlastfall	20	3	60	2	40	3	60	Reserve Rückhalt Netz 1'000 m3, Brücke lang Ereignisse < HQ300 keine Verklausung, Brücke kur Abfluss über Brücke nach links
Kostenwirksamkeit	60	3	180	4	240	4	240	
Betrieb	10	2	20	3	30	4	40	Brücke kurz muss bei Ablagerungen geleert werden
Landschaft	10	4	40	2	20	3	30	Brücke lang filigraner als Brücke kurz
			300		330		370	

	Gewichtung	Netz		Brücke kurz		Brücke lang		Bemerkungen
		Bew.	tot	Bew.	tot	Bew.	tot	
Hochwasserschutz Überlastfall	20	3	60	2	40	3	60	Reserve Rückhalt Netz 1'000 m3, Brücke lang Ereignisse < HQ300 keine Verklausung, Brücke kur Abfluss über Brücke nach links
Kostenwirksamkeit	50	3	150	4	200	4	200	
Betrieb	20	2	40	3	60	4	80	Brücke kurz muss bei Ablagerungen geleert werden
Landschaft	10	4	40	2	20	3	30	Brücke lang filigraner als Brücke kurz
			290		320		370	

Anhang 3: Gefahrenbeurteilung Durchlass altes Trasse Wengernalpbahn

Auftrag: **1411044.3**

Aktennotiz: **zu den Szenarien Durchlass Rybibach bei alter Strecke WAB**

Erstellt von: Severin Schwab, Georg Heim

Teilnehmer:

– --

Verteiler:

- R. Künzi, Flussbau AG
 - M. Amacher, Mätzener + Wyss AG
 - St. Tschiemer, Mätzener + Wyss AG
-

1. Auftrag

Im Rahmen der Projektsitzung zum Ausbau des Rybibaches vom 14.3.2013 wurde von Seiten Schwellenkorporation Lauterbrunnen vermerkt, dass der alte WAB-Durchlass des Rybibaches verklauungsgefährdet sei. Dieser sei in die Szenarienbildung für das Bauprojekt „Ausbau Rybibach“ miteinzubeziehen.

Die Geländebegehung fand am 27. Juni 2013 statt (Teilnehmer: S. Schwab).

2. Geländebefunde

Oberhalb des WAB-Durchlasses verläuft der Bach steil auf anstehendem Fels und vollständig im Wald. Das Gerinnegefälle beträgt pauschal ca. 55 % (gemessen auf dem Übersichtsplan UP10 des Kantons Bern). Direkt beim Durchlass versteilt sich das Gefälle auf deutlich über 100 %. Das Gerinne verläuft hier schluchtartig im ausgewaschenen Fels (Abbildung 1).



Abbildung 1: Rybibach direkt oberhalb des Durchlasses der WAB auf Kote 940 m ü. M.

Der Durchlass unter dem alten WAB-Trassee (Kote ca. 940 m ü. M.) ist als **Rundbogen** ausgebildet. Infolge der schwierigen Begehbarkeit konnten dessen Ausmasse vor Ort nur geschätzt werden:

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| - Höhe Durchlass Einlauf | ca. 6 – 7 m |
| - Höhe Durchlass Auslauf | ca. 8 – 10 m |
| - Breite Durchlass auf Höhe Gerinne | ca. 10 – 11 m |
| - Gefälle | >> 100 % |

Das gesamte alte WAB-Trassee inkl. der Brücken wird gemäss Aussage der Berner Oberland Bahnen AG jährlich zweimal inspiziert. Die Kunstbauten werden unterhalten (soweit möglich und sinnvoll). Festgestellte Schäden werden möglichst frühzeitig ausgebessert.

3. Geschiebepotenzial und Prozess

Das Geschiebepotenzial kann gemäss Gefahrenkarte Lauterbrunnen für den Rybibach wie folgt definiert werden:

- G30 = 500 bis 1'000 m³
- G100 = 1'000 bis 1'500 m³
- G300 = 1'500 bis 2'000 m³

Der Rybibach wurde im Rahmen der Gefahrenkarte als murfähig beurteilt.

4. Beurteilung der Verklauungswahrscheinlichkeit

Bezüglich des im Ereignisfall mobilisierbaren Schwemholzes sei auf die Aktennotiz GEOTEST AG vom 26. Februar 2013 verwiesen. Darin ist ersichtlich, dass Stammlängen von ca. 10 m und Wurzelstockdurchmesser von rund 2 m für alle Wiederkehrperioden realistisch sind. Die Mindestanforderungen an die Durchlassgrösse zur Verhinderung von Verklauungen werden gemäss Lange & Bezzola (2006) definiert:

- Breite Brückenbasis = mind. 2 x Stammlänge
- Lichte Höhe = mind. 1.7 x Durchmesser Wurzelstöcke

Bei Anwendung der genannten Kriterien kann die lichte Höhe als genügend beurteilt werden. Die Brückenbasis erreicht aber die geforderte Breite von 20 m nicht. Damit besteht für die Brücke trotz des sehr steilen Gefälles eine Verklauungsgefahr.

5. Verklauungsszenarien im Ereignisfall

Bei Hochwasser- respektive Murgangereignissen sind folgende Szenarien bezüglich Verklauung denkbar:

1. **Keine Verklauung;** Die Feststoffe werden zu 100 % im Gerinne des Rybibaches talwärts befördert.

-
2. **Teilverklausung.** Eine Teilverklausung kann zu folgenden Unterszenarien führen, wobei davon ausgegangen wird, dass diese praktisch zeitgleich stattfinden:
- a) Wenige 10er Kubikmeter Feststoffe werden teils hinter der Brücke eingestaut. Die Mengen sind in Bezug auf das gesamte Feststoffvolumen vernachlässigbar.
 - b) Teils tritt das Wasser-Feststoff-Gemisch auf das alte Trassee der WAB aus und fliesst als Murgang dem Trassee entlang Richtung Mättlibach. Das Gefälle des Trassees beträgt rund 25 %, was eine Weiterverfrachtung der Murgangmassen bis in den Mättlibach wahrscheinlich macht. Wir schätzen, dass infolge der hohen Fliessgeschwindigkeiten respektive der hohen kinetischen Energie der Hauptanteil des Murganges aber über die Rybibach-Brücke hinausschiesst (siehe Punkte c) und lediglich ca. 20 % der Feststoffe via Trassee in Richtung Mättlibach gelangen können.
 - c) Der verbleibende Teil des Wasser-Feststoff-Gemisches (rund 80 %) schiesst praktisch in Falllinie über die Brücke talwärts und erreicht zum grössten Teil wieder das Gerinne des Rybibaches. Im Waldbereich unterhalb der Brücke kann zusätzlich noch Lockermaterial erodiert werden, was ebenfalls in den Rybibach gelangt und die eingestauten Feststoffmengen in etwa kompensiert.
3. **Vollverklausung.** Auch bei einer Vollverklausung gelten die unter „Teilverklausung“ genannten Teilszenarien. Es wird aber etwas mehr Material hinter der Brücke zurückgestaut. Ansonsten ist mit einem praktisch identischen Prozessverlauf zu rechnen.

Eine plötzliche Zerstörung der bestehenden Brücke wird als unwahrscheinlich beurteilt und daher als Szenario nicht weiter verfolgt. Dennoch ist unklar, ob für die Brücke mittelfristig die Zuverlässigkeit als Bauwerk garantiert werden kann (siehe hierzu Kap. 7).

6. Fazit

- a) Die von der Schwellenkorporation Lauterbrunnen geäusserte Vermutung, dass an der alten Brücke WAB Verklausungen stattfinden können und dadurch Feststoffe teils zurückgehalten und teils in den Mättlibach umgeleitet werden, ist zutreffend.
- b) Die durch eine Bruckenverklausung zurückgehaltenen Feststoffmengen sind im Verhältnis zum gesamten Geschiebepotenzial (siehe Kapitel 2) gering. Sie werden ausserdem durch Materialaufnahmen im Waldbereich unterhalb der Brücke ungefähr kompensiert. Auf die im Kegelbereich des Rybibaches ankommende Geschiebefracht hat die zurückgehaltene Geschiebemenge somit einen vernachlässigbaren Einfluss.
- c) Der Prozess der teilweisen Umlenkung von Murgangmaterial in den Mättlibach wird als realistisch beurteilt. Mengenmässig fällt er bedingt ins Gewicht, da maximal 400 m³ (300-jährliches Ereignis) umgelenkt werden.
- d) Die im Rybibach-Gerinnebereich verbleibenden 80 % Feststoffe (im 300-jährlichen Ereignis rund 1'600 m³) ändern nichts an der Gefährdung auf dem Kegel des Rybibaches, da die ausbrechenden Murgänge weiterhin hohe Fliessgeschwindigkeiten aufweisen (rote Gefahrenstufe).

- e) Ob sich die Verklausungen bei den genannten Wiederkehrperioden effektiv gemäss den in Kapitel 5 formulierten Szenarien abspielen, ist unsicher. Weiter ist unsicher, ob die genannte Aufteilung der Fliesswege (20 % in den Mättlibach fliegend, 80 % im Rybibach verbleibend) in genanntem Masse stattfinden wird. Es besteht nach wie vor die Wahrscheinlichkeit, dass praktisch die gesamte Murgangkubatur im Gerinne des Rybibaches weiter talwärts transportiert wird (Szenario „keine Verklausung“).

7. Auswirkungen auf das laufende Projekt „Ausbau Rybibach“

Die in der Variantenbeurteilung Rybibach (Aktennotiz GEOTEST AG vom 26.2.2013) genannten Murgangsszenarien bleiben gültig, und zwar aus folgenden Gründen:

- Szenario 1 (keine Verklausung) kann nach wie vor auftreten.
- Die Dauerhaftigkeit der Brücke wird mittelfristig in Frage gestellt, was die Zuverlässigkeit des Bauwerkes aus unserer Sicht einschränkt. Damit ist seine Funktionalität in Bezug auf die Verklausungsszenarien unklar.
- Das Gefährdungsbild auf dem Kegel des Rybibaches unterscheidet sich im Verklausungsfall unwesentlich gegenüber dem verklausungsfreien Durchfluss.

Severin Schwab

GEOTEST AG

Georg Heim