



INTERPRAEVENT

2016 – Lucerne, Switzerland

Exkursionsführer Brienz BE, EX7
Excursion Guide Brienz BE, EX7

INTERPRAEVENT 2016

BRIENZER WILDBÄCHE ***BRIENZ TORRENTS***

Mittwoch, 1. Juni 2016
Wednesday, 1 June 2016



**Integrales
Einzugsgebiets- und
Naturgefahren-
management**

**Integrated
watershed and
natural hazard
management**



www.interpraevent2016.ch

Exkursionsprogramm

Excursion program

ÜBERSICHT

Die sechs Briener Wildbäche mit ihren Einzugsgebieten (total ca. 18 km²) an den steilen Hangflanken der Südhänge zwischen Brienergrat (Briener Rothorn 2350 m ü.M.) und Brienersee (564 m ü.M.) liegen im östlichen Berner Oberland auf den Gemeindegebieten von Brienz, Schwanden und Hofstetten. Der Brienersee und der Einfluss des Föhns bewirken ein relativ mildes Klima, das sich auch in der Vegetation widerspiegelt: In den Wäldern bis 900 m ü.M. sind in Linden-Ahorn-Mischwäldern Sommer- und Winterlinde, Berg- und Spitzahorn, Bergulme und Esche vertreten. Nach oben schliessen der (Weisstannen-) Buchenwald und schliesslich der subalpine Fichtenwald an, der heute im Projektgebiet weitgehend verschwunden ist.

Der Brienergrat liegt im Bereich der Kreide- und Juraformationen der helvetischen Wildhorndecke. Die stabilsten Einheiten befinden sich in den Gebieten mit Malmkalk, in weiten Teilen herrschen jedoch Kieselkalke und kalkig-mergelige Schichten von schlechter Qualität vor. Felssackungen führen zu starken Beanspruchungen und zu reduzierter Stabilität der Gesteine sowie zu starker Verwitterung. Aufgrund der topografischen, geologischen und klimatischen Verhältnisse sind die Voraussetzungen für verschiedene Naturgefahren (Wildbach, Murgang, Übersarung, Lawinen, Steinschlag, Felssturz, Rutschungen und Erosion) und entsprechende Prozessketten gegeben. Die Wildbäche als wichtiges Gefahrenpotenzial haben in der Vergangenheit immer wieder zu Verwüstungen und verheerenden Schäden im Tal geführt. 1499 wurde das Dorf Kienholz vernichtet (Lamm- und Schwanderbach). 1797 wurden durch den gleichzeitigen Ausbruch von Lamm-, Schwander- und Glyssibach 37 Häuser zerstört.

OVERVIEW

The Brienz torrents refer to six torrents in the municipality of Brienz, Schwanden and Hofstetten in the eastern part of Bernese Oberland. The torrents cover the steep, southern flank between the Brienz ridge (the highest peak is the Briener Rothorn at 2350 m) and Lake Brienz (564 m). The combined catchment is ca. 18 km².

The climate is relatively mild due to the presence of the lake and the Föhn winds, which influences the type of vegetation in the area. The forest type is a mixed forest of primarily linden and maple up to 900 m (small- and large-leaved linden, sycamore maple, Norway maple, Scots elm and ash). Above this, there is beech (and European silver fir) followed by subalpine spruce, though spruce is nowadays rare within the project area.

Geologically, the Brienz ridge is part of the Helvetic shelf and contains Cretaceous and Jurassic formations. The most stable areas are those composed of malm limestone, though there are several areas with kieselkalk (Helvetic siliceous limestone) and limestone/marlstone layers that are less stable. Sliding and slumping processes are common and reduce the overall stability of this hillside and increase erosion. The topographical, geological and climatic conditions make this area particularly susceptible to natural hazards and associated processes, including torrent processes, debris flows, flooding (also with fine deposits), avalanches, rockfall, rock avalanche, sliding and erosion. These torrents have been the source of repeated destruction. The village of Kienholz was completely destroyed in 1499 (active torrents: Lammbach and Schwanderbach) and in 1797 another event destroyed 37 houses (active torrents: Lammbach, Schwanderbach and Glyssibach).



Inhalt

- 4 Ereignis 1896 und dessen Folgen
- 6 Forstliche Verbauungs- und Aufforstungsprojekte
- 10 Wasserbauprojekt Glyssibach
- 19 Erfahrungen und Evaluation
- 22 Quellen und Literatur

Zeitplan

- 07.50 Besammlung Bahnhof Luzern, Gleis 12,
Fahrt mit Zentralbahn nach Brünig-Hasliberg
- 09.40 ① Ankunft Engi: Begrüssung/Einführung
- 10.30 ② Brienz/Kienholz: Kaffeepause
- 11.00 ③ Glyssibach: Wasserbauprojekt
- 12.15 ④ Gummenalp: Forstprojekt
- 12.45 ⑤ Kleine Lamm: Verbauungen und Aufforstungen
- 13.30 ⑥ Wurmegg: Mittagessen
- 15.00 ⑦ Brienz: Schnitzlerschule, alter Dorfkern
- 16.15 Abfahrt Brienz mit Bus
- 16.50 Brünig: Umsteigen auf die Zentralbahn
- 18.00 Ankunft Luzern Exkursionsroute und Posten

Content

- 4 Lambach catastrophe 1896
- 6 Forestry-based constructions and afforestations
- 10 Technical constructions in Glyssibach
- 19 Experience and evaluation
- 22 References

Schedule

- 07.50 Meeting Lucerne Railway Station, Track 12.
Travel by train to Brünig-Hasliberg
- 09.40 ① Arrive in Engi: Welcome and introduction
- 10.30 ② Brienz/Kienholz: Coffee break
- 11.00 ③ Glyssibach: Technical constructions in the torrent
- 12.15 ④ Gummenalp: Forestry-based measures
- 12.45 ⑤ Kleine Lamm: Constructions and afforestation
- 13.30 ⑥ Wurmegg: Lunch
- 15.00 ⑦ Brienz: Schnitzler school, old town centre
- 16.15 Depart Brienz by bus
- 16.50 Transfer to train in Brünig
- 18.00 Arrive in Lucerne



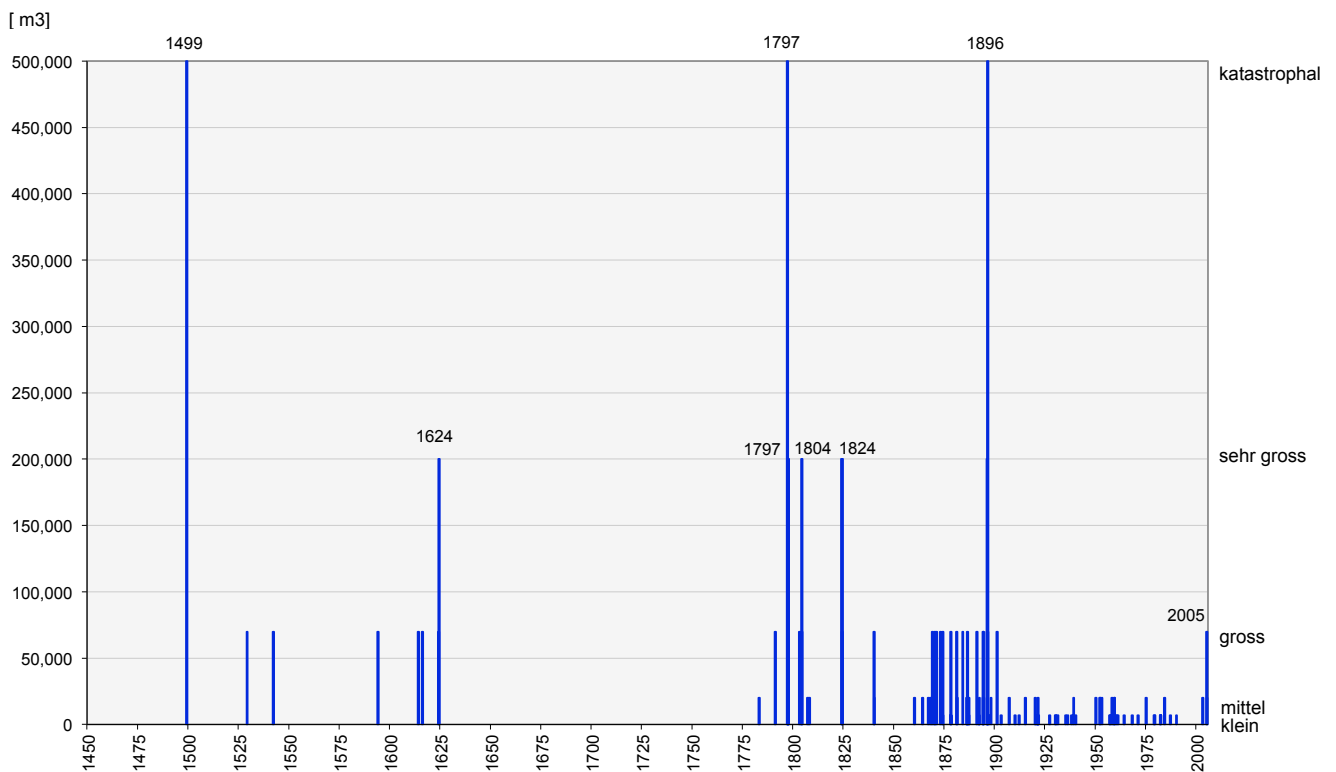
Ereignis 1896 und dessen Folgen *Lammbach catastrophe 1896*

Der detaillierte Ereigniskataster beschreibt allein für den Glyssibach ca. 30 Ereignisse seit 1783. Die grossen Schadenereignisse betrafen vor allem Unterschwanen. Grosse Schäden auf Gemeindegebiet von Brienz sind nicht vermerkt, jedoch ein häufiges Ausbrechen am unteren Ende der Schale. Die grössten Ereignisse fanden 1783, 1797, 1804, 1824, 1864, 1894, 1921 und 2005 statt.

Anders verhält es sich beim Lammbach, wo mehrere grosse Ereignisse mit verheerendem Ausmass vor allem für das Dorf Schwanden dokumentiert sind: 1499, 1797, 1804, 1824, 1870, 1874, 1878, 1884, 1886, 1894, 1896. Gerade dieses letzte Ereignis von 1896 ist als Lammbach-Katastrophe in die Annalen eingegangen. Gemäss Schätzungen kamen rund eine halbe Million m³ Schutt auf dem Kegel zur Ablagerung, rund 280 Personen wurden obdachlos.

Archives report approximately thirty natural hazard events since 1783 in the Glyssibach torrent. The most severe destruction occurred in the village Unterschwanen. There are no records of major destruction in Brienz, though overflow out of the channel was frequent in the lower reaches. The largest events were recorded for the years 1783, 1797, 1804, 1824, 1864, 1894, 1921 and 2005.

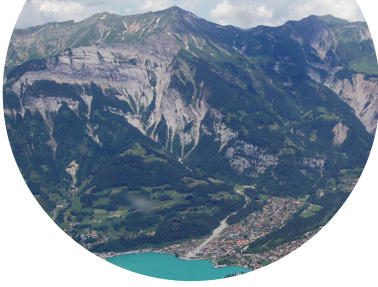
The Lammbach torrent has a different history. The archives list several large events with catastrophic consequences especially for the village Schwanden, e.g. in 1499, 1797, 1804, 1824, 1870, 1874, 1878, 1884, 1886, 1894 and 1896. The last event in 1896 was named the "Lammbach catastrophe" with an estimated half million cubic metres of material deposited on the debris fan and loss of homes for 280 people.



Murgangereignisse nach Kubaturen (Geo7, 1997/2005)
Debris flow events shown by volume (Geo7, 1997/2005)

Das grosse Gefahrenpotenzial der Brienzer Wildbäche und das zunehmende Schadenpotenzial weckten immer mehr das Bedürfnis nach Schutzmassnahmen. Nach den verheerenden Schäden der Lammbachkatastrophe von 1896 wäre die lokale Bevölkerung absolut nicht in der Lage gewesen, umfassende Schutzmassnahmen wasserbaulicher und forstlicher Art alleine zu realisieren und zu finanzieren. Das führte dazu, dass der Kanton Bern die im Mittelalter für die Gewinnung von Alpweiden und Wildheuf Flächen verbreitet gerodeten Alpweiden zwischen 1500 und 1800 m ü.M. weitgehend erwarb und zusammen mit finanzieller Unterstützung des Bundes erste Aufforstungsprojekte in Angriff nahm. Grundlage hierfür waren die kantonalen und eidgenössischen Gesetze über die Wasserbau- und Forstpolizei im Hochgebirge, welche zwischen 1857 und 1877 entstanden. Seither werden umfangreiche Verbauungs- und Aufforstungsarbeiten durchgeführt. Von Anfang an wurde erkannt, dass ein umfassendes Schutzkonzept nur erfolgreich sein kann, wenn es aus der Kombination von forstlichen Massnahmen im Einzugsgebiet und wasserbaulichen Verbauungen im Unterlauf besteht.

Both the inherent hazard potential of these torrents and the increasing destructive potential prompted action by authorities to implement protection measures in this area. In the aftermath of the 1896 catastrophe, the municipality did not have the resources to plan or finance protection strategies. The Canton of Bern was responsible at that time for management of subalpine pastureland. By redeeming pastures between 1500 to 1800 m and gaining financial support at the Federal level, the Canton was able to initiate the first afforestation projects. Such an initiative was already regulated by provincial (Canton) and Federal legislature established between 1857 and 1877 on hydraulic engineering and police/forestry practices. Several construction and afforestation projects were undertaken in years following this first initiative. It was apparent even at that time that a successful safety plan had to combine forestry-based strategies in the upper catchment and permanent constructions in the torrent.



Forstliche Verbauungs- und Aufforstungsprojekte *Forestry-based constructions and afforestations*

«Wohl in wenigen Fällen ist eine möglichst vollständige Aufforstung des Einzugsgebietes eines Baches und die Bepflanzung der Einzugshänge desselben so wichtig wie im Lammbach» (Botschaft des Bundesrates (1897) an die Bundesversammlung). Seit gut 100 Jahren wird in den Brienzler Wildbächen das Ziel verfolgt, durch Verbauungen, Aufforstungen und Begrünungen den Wasserabfluss zu regulieren (Brechen der Abflussspitzen) und die Geschiebelieferung in die Gerinne zu vermindern (Reduktion des Geschiebepotenzials). Damit erreicht man, dass die Murgangereignisse in ihrer Grösse und Häufigkeit abnehmen. Zudem werden die Schutzwerke des Wasserbaus weniger stark belastet. Das Prinzip des Vorgehens hat sich in den vergangenen 100 Jahren nicht geändert, wohl aber die technischen Hilfsmittel und die Arbeitsverfahren.

Vorbereitung der Aufforstungsflächen

Das oberflächliche, lose Gesteinsmaterial wird in Säcken/Körben eingebaut, die im Verbund miteinander zu gut fundierten Mauern zusammengeführt werden. Dadurch verhindert man, dass die losen Steine talwärts transportiert werden (durch Schnee oder Wasser). Die „Terrassierung“ reduziert das Schneegleiten und bildet Auffangräume für weiter oben abrollendes Material. Je nach Oberflächenbeschaffenheit müssen zusätzlich Erosionsschutznetze eingebaut werden.

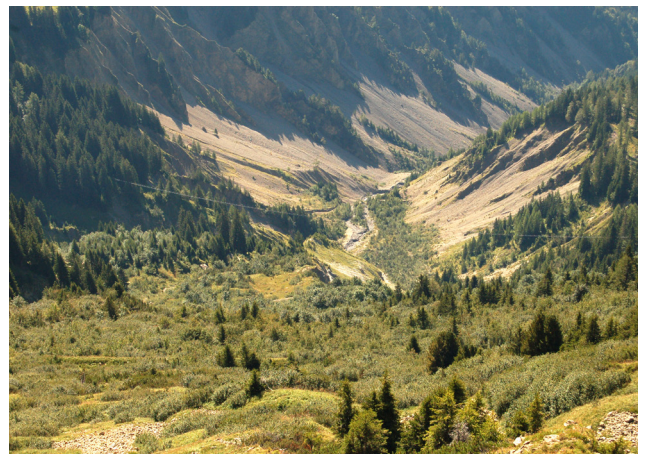


Technische Schutzbaute und Aufforstungen

In 1897 the Federal Council announced to the Federal Assembly that “There are only very few cases in which a complete afforestation of the upper catchment and planting of the encompassing slopes is as urgent as in the Lammbach torrent.” For over a century the strategy for the Brienz torrents was to implement constructions, afforestations and re-greening measures to regulate the discharge (reduce peak discharge) and reduce sediment load. The aim was to reduce the magnitude and frequency of debris flows and minimize load on permanent constructions. Though the guiding principles have not changed over the last century, the technical possibilities and practical aspects have become more modern.

Preparation of slope to be afforested

The first task is to build retaining walls from loose surface material and rocks found on site. The material is filled into gabions that are dug into the slope to form terraced walls. This removes loose debris that would otherwise be transported by snow or water, reduces the potential for snow gliding and retains any material that might be mobilised above the wall. Depending on the type of surface, additional protection (nets) against erosion may be necessary.



Technical constructions and afforestations



Mauern mit Steinkörben
A typical terraced wall with gabions

Gleitschneeschutz

An den meist südexponierten, über 28° geneigten Hängen tritt im Winter regelmässig starkes Schneegleiten auf. Dadurch werden junge Pflanzen ausgerissen, die Stämmchen aufgespalten oder gebrochen. Eine Voraussetzung für das erfolgreiche Aufwachsen von Aufforstungen auf solchen Flächen ist der technische Schutz gegen das Schneegleiten. Dieser wird durch den Einbau von Dreibeinböcken aus Edelkastanienholz sichergestellt.

Aufforstung

Bezüglich Schutzwirkung steht bei den Aufforstungen in den meisten Fällen die Befestigung der Bodenoberfläche im Vordergrund (Erosionsschutz, Geschieberückhalt, Wasserregulierung). Die Baumartenwahl ist stark abhängig vom Standort (Höhenlage, Boden). Viele Gebiete liegen im Wirkungsbereich von Staub- und Fliesslawinen, die ihre Einzugsgebiete oberhalb der natürlichen Waldgrenze haben. Auf solchen Flächen dürfen nicht hochstämmige Nadelhölzer wie Fichte gepflanzt werden, da diese durch Lawinen gebrochen oder gar geworfen werden. Tolerant gegenüber Lawinen sind insbesondere Alpeinerlen und Legföhren.



Gleitschneeschutz mit Dreibeinböcken
Tripod structures to prevent snow gliding

Protection against snow gliding

In winter, snow gliding can be found on most southern slopes with inclination >28°. Snow gliding can cause uprooting of young plants and cracking or breaking of tree stems. Thus, it is essential to prevent gliding in areas intended for afforestation. This is usually done with wooden tripod structures made of chestnut wood.

Afforestation

An afforestation is usually used as a means to increase the stability of the soil. It protects against erosion, prevents transport of sediment and regulates water flow. The most suitable tree species depends on site characteristics such as elevation and soil type. Many afforestations are located in an avalanche track below the release zone (slab or powder avalanches). In this case tall evergreen trees such as spruce are not suitable because they are easily damaged, whereas green alder and dwarf mountain pine are more resistant to avalanche activity.



Hochlagenaufforstung im Schutz von Gleitschneeverbauungen
A typical high-elevation afforestation with snow gliding tripods

Bisher ausgeführte Massnahmen

In den forstlichen Projekten der Brienzner Wildbäche wurden bis heute folgende Massnahmen ausgeführt:

Fusswege	64.9 km
Trockenmauern	78 300 m ³
Mauern in Steinsäcken	19 420 m ³
Lawinenverbau (Stahl)	800 m
Lawinenverbau (Holz)	5800 m
Entwässerungen	4830 m
Begrünungen	660 a
Bermen	8600 m
Aufforstungen	8.7 Mio. Pflanzen
Dreibeinböcke	6200 Stk.
Gleitschneebrücken	150 m
Pfählungen	56 770 Stk.

An den Beispielen des Baus von Mauern und der Pflanzungen zeigt sich deutlich, dass insbesondere in den ersten Jahrzehnten unglaubliche Anstrengungen unternommen wurden:

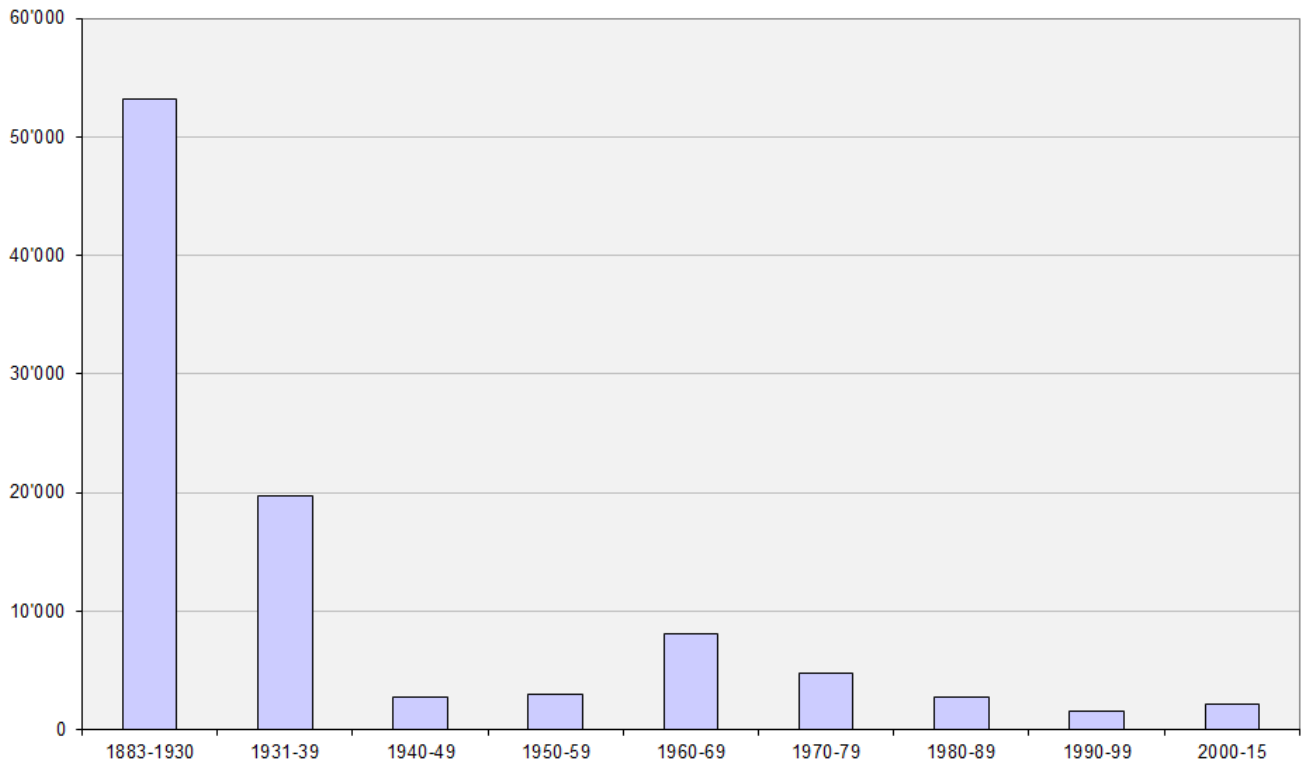
Die in den Abrechnungen ausgewiesenen Kosten belaufen sich auf total 22.8 Mio. Franken (nominell), zu heutigen Preisen (indexiert) ca. 75 Mio. Franken. Die Kosten wurden zu rund $\frac{2}{3}$ vom Bund und zu $\frac{1}{3}$ vom Kanton getragen, seit 1998 werden die Gemeinden Brienz, Schwanden und Hofstetten mit insgesamt 5 Prozent beteiligt (ca. 25 000 Franken pro Jahr).

Existing measures

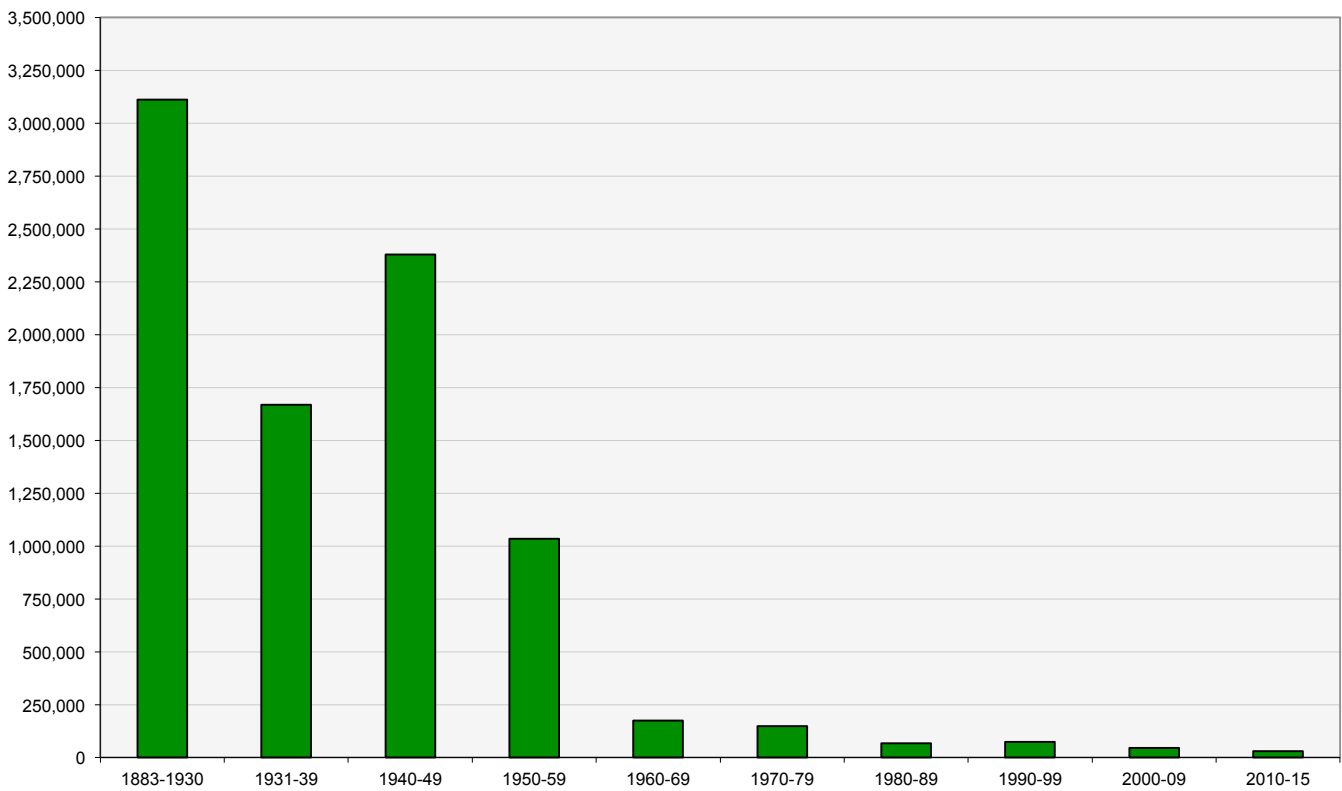
The following measures have been installed or constructed in the Brienz torrents as part of the forestry-based protection plan:

Footpaths	64.9 km
Dry walls	78 300 m ³
Stone walls	19 420 m ³
Snow bridges (steel)	800 m
Snow bridges (wood)	5800 m
Water drainage	4830 m
Re-greening	660 a
Berms	8600 m
Afforestation	8.7 million plants
Tripods	6200 structures
Snow gliding structures	150 m
Posts	56 770 structures

Immense effort was invested in the first decades of the project history (see figures on the right). The total cost of all recorded investments to date is 22.8 million Francs, though this amounts to ca. 75 million Francs if recalculated into current prices. About two-thirds of the costs were covered by Federal funds and one-third by Canton funds. Since 1998, the municipalities of Brienz, Schwanden and Hofstetten have been responsible for about 5% of the costs (ca. 25 000 Francs per year).



Bau von Mauern im Verlauf der Projektgeschichte
Construction of terraced walls (m³) over the project history



Pflanzungen im Verlauf der Projektgeschichte
Number of plantings over the project history



Wasserbauprojekt Glyssibach

Technical constructions in Glyssibach

Die stark zunehmende Besiedlung (u.a. Bahnerschliessung) setzte vor allem in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts ein und erfolgte vermehrt auch in den gerinnenahen Bereichen. Die Brienzer Wildbäche verlaufen z.T. mitten durch dicht besiedelte Dorfteile. Der Umstand dass die letzten grossen Hochwasserereignisse bereits mehrere Jahrzehnte zurücklagen (z.B. Trachtbach 1902, Glyssibach 1920/21), liess die Gefahren vergessen. So kannten viele Einheimische die Gefahr dieser Gerinne bestenfalls noch von Erzählungen und Aufzeichnungen, jedoch nicht aus persönlicher Erfahrung.

Hochwasserereignis im August 2005

Der nördliche Alpen-Hauptkamm wies die höchsten Niederschläge der Schweiz auf. Niederschlagsmaxima von über 250 mm ergossen sich über das östliche Berner Oberland. In der Region Brienz sind innerhalb von drei Tagen (vom 19. bis 22. August) etwa 320 mm Regen gefallen. Die stündlichen Intensitäten waren nicht ausserordentlich hoch, allerdings gab es während dieser 3 Tage keine Stunde ohne Regen. Die Wahrscheinlichkeit für ein solch lang andauerndes Regenereignis wurde später als 100- bis 300-jährlich eingestuft. Bereits die erste Hälfte des Monats war regenreich, so dass das neue hohe Niederschlagsvolumen im bereits vorgehäuteten Boden zu einem sehr hohen Wassergehalt in den Hängen geführt hat. Im Einzugsgebiet des Glyssibachs (1.9 km²) fielen während den sechs Stunden vor dem Ereignis rund 50 mm (ca. 75 000 bis 95 000 m³ Wasser). Die Ereignisse Trachtbach und Glyssibach sind nacheinander in der Nacht vom 22. auf den 23. August aufgetreten.

Das Ereignis Glyssibach führte zu massiven Ausuferungen und Übersarungen im Unterlauf, respektive auf dem Kegel des Gerinnes. Der Murgang verursachte ausserordentlich grosse Schäden: zwei Personen starben, über 300 Personen konnten rechtzeitig evakuiert werden; sieben Wohnhäuser und zwei Nebengebäude wurden zerstört; sieben Wohnhäuser wurden derart beschädigt, dass sie abgerissen werden mussten; das Gemeindehaus und weitere 25 Wohngebäude wurden reparierbar beschädigt; die

In the second half of the 20th century construction in this area (including construction of railways) increased and settlements gradually encroached upon the torrents. Today, the Brienzer torrents have sections that flow directly through the most densely populated areas. The potential hazard is likely underestimated by locals because the last large events were several decades ago (Trachtbach in 1902, Glyssibach in 1920/21). Many inhabitants can only relate to stories or reports about the events, but do not have personal accounts.

The August 2005 flooding

During this event the northern-most Alpine crest received the heaviest precipitation in Switzerland. Maximal precipitation of over 250 mm was reported for the eastern part of Bernese Oberland. In Brienz 320 mm of rain fell within three days (19–22 August). The hourly rainfall intensity was not the problem, rather the continuous rain—there was not a single hour in the three days without rain. The probability of such continuous rainfall is equivalent to a 100- to 300-year event. Because the first half of the month was also wet the additional precipitation during these days added to the already high water content in the soils. In the six hours preceding the flooding, 50 mm (ca. 75 000 to 95 000 m³ of water) fell in the catchment area of Glyssibach (1.9 km²).

The flooding occurred during the night of 23 August from the Trachtbach and Glyssibach torrents. This event caused massive overflow out of the channel and deposition of material in the lower reaches with severe damage. Two people lost their lives, more than 300 people had to be evacuated, 7 houses and 2 adjunct buildings were destroyed, 7 houses were severely damaged and later demolished, 25 additional residences and the city hall were damaged but repairable. The total damage costs were >30 million Francs.

The event started with heavy sediment transfer and rising levels in the channel due to backlog in the lake (the lake level was high to start). The channel blocked at the main bridge, which caused flooding



Übermurter Wildbachkegel am Glyssibach nach dem Unwetter 2005. Rot = vollständig zerstört, blau = erheblich beschädigt, gelb = leicht beschädigt. *The debris fan of Glyssibach after the 2005 event. Red: buildings that were destroyed; blue: buildings with severe damage; yellow: buildings with light damage.*

Schadensumme betrug über 30 Mio. Franken. Das Ereignis begann mit intensivem Geschiebetransport, wobei die Gerinneschale infolge Rückstau durch den See (bei sehr hohem Seestand) aufgefüllt wurde. Es kam zur Verstopfung bei der Kantonsstrassenbrücke und einer ersten Übersarung des Gemeindehauses und des Feuerwehrmagazins. Später mobilisierte eine Rutschung im Gebiet Baalen (Kote ca. 1160 m ü.M.) rund 80 000 m³ bis 100 000 m³ Schutt, davon sind vermutlich rund 30 000 m³ als Murgang ins Gerinne geflossen. Im Gerinne fanden zuerst Auflandungen mit mehrfach kleineren Ausbrüchen gegen links, später massive Erosion (Tiefe 2 bis 8 m, Querschnitt 10 bis 60 m²) statt. Total wurden aus dem Bachbett ca. 35 000 m³ bis 40 000 m³ erodiert. Der vermutlich gleichmässig fließende Murstrom bestand aus feinem Material (Valanginen Mergel) und darin eingebettet eine Vielzahl von grossen Blöcken (3 - 4 m Durchmesser). Gemäss groben Schätzungen wurden rund 50 000 m³ bis 80 000 m³ auf den Kegel transportiert.

(with some solid material) of the city hall and fire hall. After this initial toll, a landslide released from the area known as "Baalén" (ca. 1160 m elevation) with a volume of 80 000 m³ to 100 000 m³ material, ca. 30 000 m³ of which was transported within the channel in the form of a debris flow. The flow initially came in surges with small overflows at several points along the left side of the channel, but later longitudinal erosion within the channel occurred (depth of 2 to 8 m and cross-section 10 to 60 m²). In total ca. 35 000 m³ to 40 000 m³ of material was eroded from the channel bed. The solid content of the debris flow was relatively high with fine material (marlstone) and several larger blocks (diameter 3 to 4 m). Approximately 50 000 m³ to 80 000 m³ of material was deposited on the debris fan according to rough estimations.

Im Kanton Bern liegt die Wasserbaupflicht bei den Gemeinden. Viele Gemeinden haben die Erfüllungspflicht jedoch einer kommunalen Schwellenkorporation übertragen. Dies sind eigenständige, öffentlich-rechtliche Körperschaften, welche für die Projektierung und Ausführung von Wasserbauprojekten zuständig sind. Die Oberingenieurkreise des Tiefbauamtes des Kantons Bern beraten und unterstützen die Schwellenkorporationen in allen Belangen des Wasserbaus. Im Nachgang des Hochwassers 2005, welches mehrere grössere Gebiete im Berner Oberland betraf, stiessen die Schwellenkorporationen mit der Bewältigung der Ereignisse an ihre Grenzen. Das Tiefbauamt übernahm daher in Absprache mit den Schwellenkorporationen in den Hauptschadengebieten die Federführung für die Ereignisanalysen bis hin zu den Massnahmenkonzeptionen. Dieser Prozess wurde «Lokale, Lösungsorientierte Ereignisanalyse» (LLE) genannt. Die Federführung durch das Tiefbauamt sollte einen einheitlichen Ablauf sowie die Anwendung gleicher Grundsätze in allen LLEs gewährleisten. Die Ziele der LLEs bestanden in einer effizienten und effektiven Projektorganisation, einer Entlastung der kommunalen Behörden und dem frühzeitigen Einbezug des BAFU. Dies führte von Anfang an zu hoher Planungssicherheit und erheblichem Zeitgewinn im Vergleich zu üblichen Planungsabläufen. Als Endprodukt der LLEs sollte ein Massnahmenkonzept auf der Stufe eines Vorprojektes entstehen. Innerhalb der LLEs wurden so beispielsweise auch die Schutzziele bestimmt.

Für den Glyssibach wurden sie wie folgt definiert:

- keine hohen Intensitäten im Siedlungsgebiet (keine Todesfälle)
- keine Schäden bei häufigen Ereignissen
- vertretbare materielle Schäden bei seltenen und sehr seltenen Ereignissen
- verbleibende Risiken werden mit organisatorischen Massnahmen reduziert

In the Canton of Bern, issues related to hydraulic engineering fall under the responsibility of the municipality. However, many municipalities have transferred this duty to a so-called “corporation” based within the municipality, i.e. an independent, public, legal entity responsible for engineering projects. They receive adjunct support from chief engineers from the public sector (Department of Civil Engineering). Because of the extent of the 2005 flooding throughout Bernese Oberland there was too much follow-up work for the corporation alone and the Department of Civil Engineering was assigned to the areas with the most severe damage. The follow-up work involved event documentation and planning of future protection strategies and was carried out as a local, solution-oriented event analysis (“LLE”). By including the Department of Civil Engineering, it was easier to guarantee consistent procedures. The LLE process was implemented to have efficient and effective project organisation, relieve the municipal offices and involve the Federal Office for the Environment in an early stage. This proved to be time-saving compared to normal procedures. Each LLE outlined a project concept (construction measures) at least at a pre-project stage.

For Glyssibach, for example, the following safety goals were defined:

- no high intensity events in the settled area (no fatalities)
- no damage in frequent events
- some material damage could be justified in rare or very rare events
- residual risk should be reduced with organisational measures.



Schutzkonzept Glyssibach aus der LLE
Safety concept for Glyssibach outlined in the LLE



Gefahrenbeurteilung und Schutzkonzept

Der Rutschkörper im Einzugsgebiet des Glyssibachs wurde nach dem Ereignis als mässig stabil eingestuft, der bei einem grösseren Ereignis 10 000 m³ bis 30 000 m³ Schutt liefern könnte. Da das Gerinne des Glyssibachs weitgehend ausgeräumt war, konnte man davon ausgehen, dass von der mobilisierten Masse ein grosser Teil im Gerinne gespeichert würde. Dadurch wurde das Risiko eines wesentlichen Schadens nach dem Ereignis als deutlich kleiner eingestuft als vor dem August 2005. Jedoch muss in mittlerer Zukunft wiederum mit grossen Murgängen gerechnet werden. Der Prozess kann gleich ablaufen wie 2005. Es können aber auch Ereignisse auftreten, die Brienz nicht erreichen und direkt nach Unterschwanden fließen. Bei der Gefahrenbeurteilung hat sich gezeigt, dass die Gefahrenkarte aus dem Jahre 1998 zu optimistische Annahmen enthielt (rote, blaue und gelbe Flächen). Dies betraf einerseits die Grösse der Ereignisse als auch den Ablauf eines Murganges. Die Gefahrenkarte, wie sie nach dem Ereignis 2005 gezeichnet wurde, verweist deutlich grössere Areale des Siedlungsgebietes ins blaue und rote Gefahrengebiet. Innerhalb dieser Gefahrenbereiche besteht ein riesiges Schadenpotenzial. Das Schadenpotenzial im Vergleich mit den Schutzzielen aus der LLE zeigte ein deutliches Schutzdefizit für weite Teile von Brienz und Unterschwanden, das bei einem HQ₁₀₀ mit rund 60 Mio. Franken beziffert wird. Es bestand daher ein ausgewiesener Handlungsbedarf.

Die Schutzmassnahmen im Wasserbau orientieren sich an den drei Grundprinzipien Umleiten, Durchleiten und Rückhalten. Im Fall des Glyssibachs stösst jedes dieser Grundprinzipien für sich allein auf unüberwindbare Schwierigkeiten. Das Massnahmenkonzept muss somit diese Grundprinzipien kombinieren. Es sieht vor, grosse Murgänge gezielt in einen unbesiedelten Raum auszuleiten und zur Ablagerung zu bringen. Kleinere Ereignisse werden mit Ufersicherungsmaßnahmen zum Schutz von Unterschwanden bis zum Kegelhals durchgeleitet. Vom Kegelhals bis zum See wird in einem breiten Korridor durchgeleitet und stellenweise auch Ablagerungsraum geschaffen.

Evaluation of the hazards and safety plan

After the 2005 event, the material in the release zone was classified as moderately stable with potential to transport 10 000 m³ to 30 000 m³ in a future (large) event. Because the channel was almost completely washed out during this event, much of the transported material likely came from the channel itself, and another event with similar damage potential is less likely than prior to 2005. Nevertheless, large debris flows are still possible. Future events could be similar to that of 2005 or may be transported directly to Unterschwanden and not affect Brienz. A hazard analysis showed that the hazard zones on the 1998 map were too optimistic (red, blue and yellow zones) considering the size of the 2005 event and the affected areas. A new hazard map produced after 2005 included much of the settled area in the blue and red zones, i.e. high damage potential. There is a considerable safety deficit for much of Brienz and Unterschwanden compared to the protection goals. The potential cost of an HQ₁₀₀ event could be up to 60 million Francs. Thus, this remains an open issue. The protection measures within the channel were designed based on the principles of diverting, channelling and retaining. For Glyssibach any one of these principles alone is unfeasible and only a combination of methods is possible. For example, large debris flows are diverted into an unsettled area designed for controlled deposition. Reinforcement of the channel/banks up to the top of the debris fan is sufficient to protect Unterschwanden from smaller events within the channel. From the top of the fan to the lake, the channel has been extended into a wider corridor with a series of deposition areas.



Modellanlage des Ausleitbauwerks (rot) mit ausgeleitetem Modellmurgang
Lab models of the diversion channel (red) and transported material from a simulated debris flow

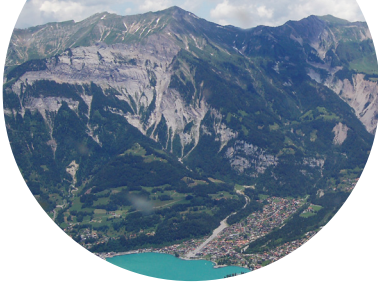


Ausleitbauwerk in Realisierung
Construction of the diversion channel



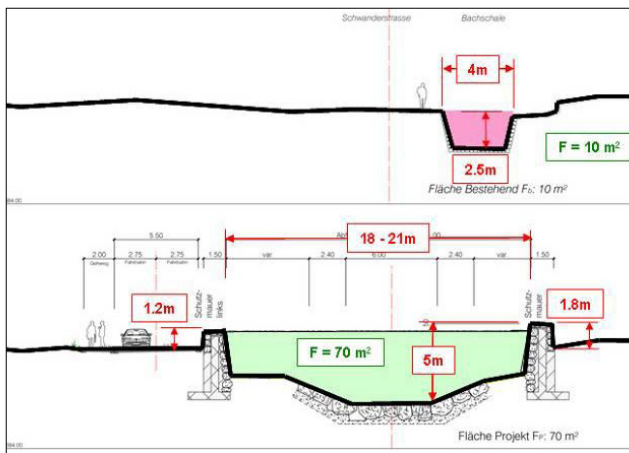
Gesamte Rückhalteanlage Undersitsch mit dem Ausleitbauwerk oben rechts im Bild, im Anschluss das Überleitgerinne in den Rückhalteraum, der durch den Damm begrenzt wird und in ein Rückleitgerinne führt, damit im Ereignisfall Wasser zurück in den Glyssibach fließen kann.

Retention area Undersitsch with the diversion channel (upper right in picture), the overflow channel in the deposition area and the channel to re-transport water into the Glyssibach



Entwicklung und Realisierung des Wasserbauprojektes

Kernstück des Schutzsystems am Glyssibach ist die gezielte Ausleitung von grossen Murgängen. Das Ausleitbauwerk im Undersitsch soll nur bei einem Grossereignis anspringen (Annahme 300-jährlichen Ereignis mit $70\,000\text{ m}^3$ Geschiebe in mehreren Murschüben von bis zu $20\,000\text{ m}^3$). Das Ausleitbauwerk ist eine massive Betonkonstruktion: Die Quersperre mit drei Öffnungen besteht aus einer 2 m dicken Betonmauer. Grosse Murgangereignisse versperren diese Öffnungen und werden praktisch vollständig via Überleitgerinne in den Ablagerungsraum Undersitsch geleitet. Kleine Murgänge fließen durch das Ausleitbauwerk hindurch und verbleiben im Gerinne. Grosse Blöcke werden hinter dem Damm abgelagert. Der Schutzdamm Undersitsch unterliegt aufgrund seiner Höhe von über 10 m und dem Rückhaltevolumen von $75\,000\text{ m}^3$ der Stauanlagenverordnung. Der Schutzdamm verhindert die Ausbreitung des ausgeleiteten Murgangmaterials in Richtung Schwanden und stellt ein ausreichendes Ablagerungsvolumen zur Verfügung. Wasser und Feinmaterial, welches nicht abgelagert werden kann, wird über das Rückleitgerinne wieder in das Gerinne des Glyssibachs zurückgeleitet. Damit nicht zu viel Material in den Glyssibach zurückfliesst, wird der Ablagerungsraum bergseitig des Dammes durch eine

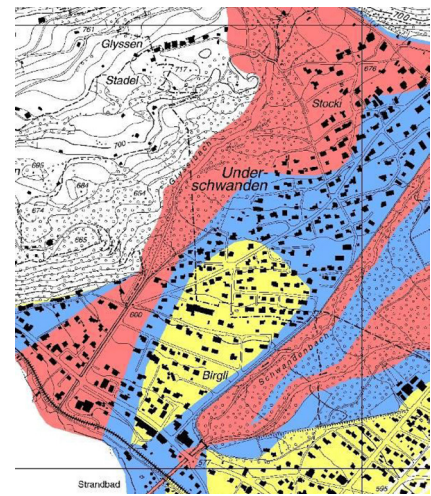
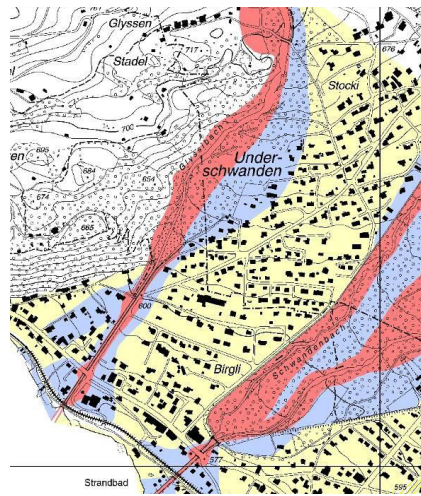
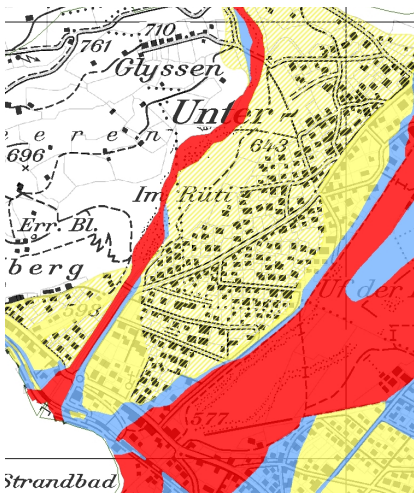


Vergleich des alten und des neuen Gerinnes auf dem Kegel (links) und Foto aus der Bauphase (rechts)
 Comparison of the original and new channel profile on the debris fan (left) and a photograph during the construction phase (right)

Development and execution of the construction project

The protection concept for Glyssibach is based on targeted diversion/channelling of excess material during large debris flows. It is designed for a 300-year event with a total volume of $70\,000\text{ m}^3$ in a series of flows of up to $20\,000\text{ m}^3$. The first structure in the series is a debris flow barrier. It has a 2-m thick concrete wall and three vertical openings. Smaller debris flows can pass through the openings and remain in the main channel. If the openings are clogged with material during larger events additional debris is diverted into an overflow channel and





Vergleich der Gefahrenbeurteilungen: Abb. links vor August 2005, Abb. Mitte nach August 2005, Abb. rechts nach Abschluss des Wasserbauprojektes. Der Glyssibach ist jeweils der linke Bachlauf auf dem Bildausschnitt, rechts sind der Schwander- und der Lambbach, die sich kurz oberhalb der Kantonsstrasse vereinen.

Comparison of the hazard map before August 2005 (left), after August 2005 (middle) and after completion of the construction project (right). In each map, Glyssibach is on the left and Schwanderbach and Lambbach are on the right; they flow into each other just above the main road.

senkrecht zum Dam verlaufende Überfallkante begrenzt. Die Schütthöhe des Dammes beträgt im Maximum 15 m, die Länge rund 150 m und an der Sohle ist der Dam bis nahezu 90 m breit. Die 4 m breite Dammkrone kann für Unterhaltszwecke befahren werden. Das gesamte System wurde anhand von Modellversuchen überprüft.

Der Unterlauf des Glyssibachs führt durch das Siedlungsgebiet von Brienz. Der benötigte Abflussquerschnitt für die zu erwartenden Murgänge beträgt rund 75 m², wesentlich mehr als der Querschnitt der alten Bachschale. Der neue Abflusskorridor (Breite: 18 bis 21 m, Höhe der seitlichen Leitmauern: 4.5 bis 5 m ab Sohle) erforderte auch die Verlegung der gerinneparallelen Strasse. Dieser zusätzliche Platzbedarf konnte erfüllt werden, weil die erste Gebäudereihe links des Glyssibachs beim Ereignis ganz oder teilweise zerstört wurde und die entsprechenden Parzellen im Rahmen des Wasserbauprojektes erworben werden konnten.

Die Bauzeit für die Massnahmen betrug rund vier Jahre. Genau acht Jahre nach dem Hochwasserereignis konnten am 23. August 2013 die Verbauungen am Glyssibach und am Trachtbach ihrer Bestimmung übergeben werden. Das Projekt wird unter dem Kostenvoranschlag von rund 35 Mio. Franken abschliessen (Kostenteiler: Schwellenkorporationen Brienz und Schwanden als Bauherren 5%, Kanton Bern 52%, Bund 43%).

channelled to the overflow/deposition area (in an area called Undersitsch). Large blocks will be retained by the dam. The protection dam (in Undersitsch) is 10 m high and has a retention volume of 75 000 m³. The capacity is large enough to hinder any overflow towards Schwanden. Water and fine sediment that is too fluid to be deposited is re-channelled back into the main torrent. To avoid that too much material is re-transported into Glyssibach, there is a weir crest (oriented perpendicular to the dam) at the edge of the deposition area. The dam is max. 15 m high, 150 m long and 90 m wide at the foundation. The crown is 4 m wide, which allows passage with a vehicle if necessary. These structures were validated via small-scale modelling prior to building.

The lower part of Glyssibach flows through Brienz. The required cross-section is 75 m², which is considerably larger than the original channel. The extended corridor was so large (18–21 m wide, 4.5–5 m high from the channel bed) that the streets on either side had to be re-located. This was possible because the first row of buildings on the (orographic) left side of the channel was partially or completely destroyed in the event and the plots were acquired for this project. The construction phase took almost four years. Eight years after the flood event, on 23 August 2013, the construction project for Glyssibach and Trachtbach were officially completed. The project costs remained under the estimated costs of



Das Hochwasserereignis 2005 hat deutlich aufgezeigt, dass lang andauernde Regenereignisse ein grosses Gefahrenpotenzial aufweisen. Solche mehrtägigen Regenereignisse wurden bei den vor 2005 erstellten Gefahrenkarten kaum berücksichtigt. Die Gefahrenlage wurde daher in Brienz sowohl am Trachtbach als auch am Glyssibach zu optimistisch eingeschätzt. Dies zeigt der Vergleich der Gefahrenkarten vor und nach dem Ereignis. Die vorgegebenen Schutzziele gemäss LLE konnten mit dem Projekt Glyssibach weitestgehend erfüllt werden. Doch auch nach der Fertigstellung der Schutzbauwerke verbleiben gewisse Risiken und entsprechende Gefahrengebiete. So muss gemäss Gefahrenkarte der Gemeinde Brienz (2012) auch in Zukunft mit Abflussspitzen von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{30}) bis $31 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{300}) und einem Geschiebevolumen, welches bis in den Korridor eingetragen werden kann, von $14\,000 \text{ m}^3$ (G_{30}) bis zu $23\,000 \text{ m}^3$ (G_{300}) gerechnet werden.

ca. 35 million Francs (5% by the corporation of Brienz and Schwanden as the principal overseer, 52% by the Canton of Bern and 43% by the Federal government).

The 2005 event was evidence that long periods of precipitation pose significant hazard. These kinds of multi-day precipitation periods were not considered in the hazard zoning before 2005 and the hazard potential of Trachtbach and Glyssibach was underestimated. This is seen by comparing the hazard maps from before and after this event. The protection goal outlined in the LLE for Glyssibach was almost completely achieved after the construction project, though there is residual risk. According to the hazard map for Brienz (2012) further events could have peak discharge from $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{30}) to $31 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{300}) and sediment volume from $14\,000 \text{ m}^3$ (G_{30}) to $23\,000 \text{ m}^3$ (G_{300}) and could flow as far as the extended corridor.

Erfahrungen und Evaluation

Experience and evaluation

Aus den forstlichen Projekten

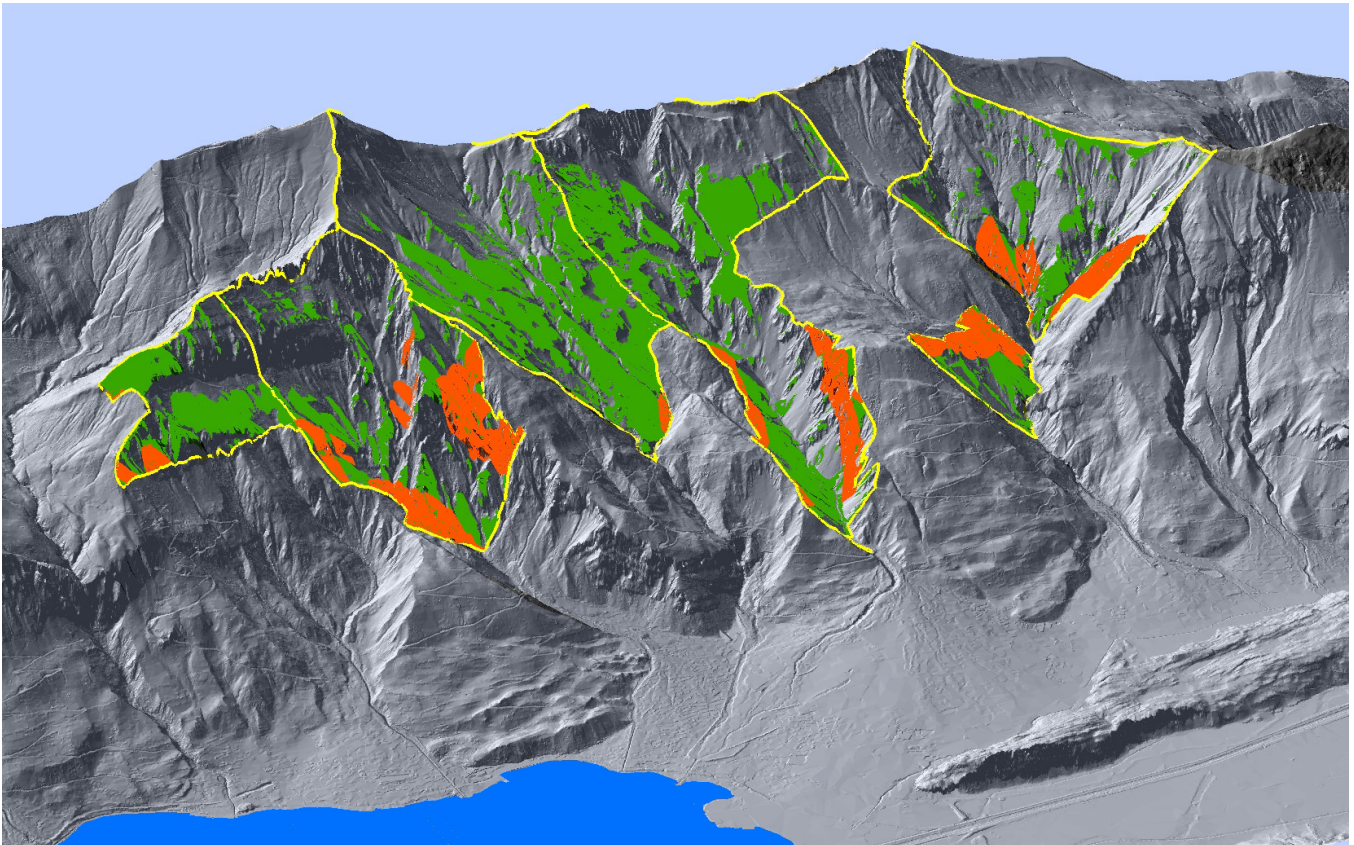
Obwohl der Pflanzenausfall auf gewissen Teilflächen sehr gross oder sogar total war, ist die Zunahme der Bewaldung in den Einzugsgebieten insgesamt äusserst erfreulich. Vor 100 Jahren waren knapp 10 Prozent der heutigen Projektfläche bewaldet. Heute beträgt der Waldanteil rund 40 Prozent. Mit dem Bau der Sperren und den grossflächigen Aufforstungen ist eine Stabilität in die Gerinne und die Flächen zurückgekehrt, die möglicherweise bereits einmal im Mittelalter vorhanden war (Geo7, 1997).

Die Murgangkatastrophe vom 23. August 2005 hat nach mehr als hundert Jahren relativer Ruhe brutal aufgezeigt, dass in den Briener Wildbächen auch weiterhin Grossereignisse auftreten können.

Forestry-based projects

Although there was major or complete loss of plants in some areas, the overall increase in forested areas within the catchment is more than satisfactory. Only 10% of the current project area was forested one hundred years ago, whereas ca. 40% is forested today. Construction of the debris flow barrier and the afforestations have created some degree of stability in the channel and surrounding areas. It is said that the current situation might be comparable to that in the middle ages (Geo7, 1997).

The debris flow catastrophe on 23 August 2005 was proof that large events are possible in these torrents, something that had been forgotten for over a century. The effects of climate change may cause more frequent middle to large-scale events in future.



Waldentwicklung von 1870 (orange) und 2015 (grün)
Forested areas in 1870 (orange) and 2015 (green)



Die Auswirkungen der Klimaerwärmung lassen befürchten, dass mittlere und grosse Ereignisse in Zukunft häufiger auftreten werden. Das gesamte Wildbachsystem wird dadurch stärker belastet, also auch die Verbauungswerke und Aufforstungen. Die Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit der bestehenden Verbauungen und die Pflege der Aufforstungen stellen grosse Herausforderungen dar, in verschiedenen Teilgebieten sind gezielte Erweiterungen notwendig.

Diese enorm wichtigen Aufgaben können auch in Zukunft nur sichergestellt werden, wenn Bund und Kanton umfangreiche finanzielle Beiträge leisten, damit die Restkosten für die Gemeinden Brienz, Schwanden und Hofstetten tragbar bleiben.

Aus dem Wasserbau

Bei den erst vor wenigen Jahren fertiggestellten Schutzbauten des Wasserbauprojektes Glyssibach konnten noch keine einschlägigen Erfahrungen gemacht werden. Allerdings ist klar, dass der Unterhalt der Bauwerke eine finanzielle und technische Herausforderung sein wird. Hierfür wurden Unterhalts- und Pflegekonzepte erstellt. Speziell am Ausleitbauwerk ist, dass es ein Bauwerk ist, das während einer ganzen Generation eventuell nie anspringen wird und doch eine enorme Bedeutung für die Sicherheit von Brienz und Schwanden hat. Die Herausforderung dabei ist der Wissenstransfer in die nächste Generation. Wasserbau und Wasserbauprojekte werden in den Gemeinden am oberen Brienzersee eine Daueraufgabe sein, nicht nur am Glyssibach, sondern auch an den anderen Bächen warten weitere Herausforderungen auf die Wasserbauverantwortlichen.

This will put more stress on the whole torrent system. Maintaining functionality of the existing constructions and afforestations will continue to be a challenge. Some areas require additional measures. This is only possible if sufficient financial resources can be found at the Canton and Federal levels so that remaining costs are reasonable for the affected municipalities (Brienz, Schwanden and Hofstetten).

Engineering-based projects

There have been no further events since completion of the Glyssibach constructions, which limits making conclusive statements about the project. It is, however, clear that maintenance of the constructions will be a financial and technical challenge, and a maintenance plan is already in place. The diversion structure—though essential for the safety of Brienz and Schwanden—may actually never be used over a (human) generation and transfer of knowledge to the next generation is important. The Brienz torrents will continue to pose significant engineering challenges for these municipalities in generations to come.

Schlussbemerkung zum Integralen Risikomanagement

Das Integrale Risikomanagement im Bereich Naturgefahren beinhaltet die drei essenziellen Fragen: Was kann passieren? Was darf passieren? Was ist zu tun? Grundlage des Risikomanagements sind daher Gefahrenbeurteilungen und Risikoanalysen sowie gesellschaftlich akzeptierte und politisch legitimierte Risikobewertungen in Form von Schutzziele. Darauf stützt dann die Integrale Massnahmenplanung ab, die wiederum verschiedene Massnahmenbereiche, wie Raumplanung, Notfallplanung, Wasserbau und forstliche Massnahmen, beinhalten kann. Für die einzelnen Massnahmenbereiche sind oft jeweils eigenständige Organisationen mit teilweise sehr unterschiedlichen Abläufen, weiteren Aufgaben ausserhalb des Risikomanagements und gesetzlichen Grundlagen verantwortlich. So ist eine gute Zusammenarbeit mit einem guten Informationsfluss zwischen diesen Organen sowohl auf lokaler Stufe (Gemeinde, Wasserbauträger, Forstdienst, Feuerwehr, usw.) wie auch auf kantonaler Stufe (Amt für Gemeinden und Raumordnung, Amt für Wald, Amt für Bevölkerungsschutz, Sport und Militär, Tiefbauamt, usw.) oder gar eidgenössischer Stufe unerlässlich für ein zielführendes und ausgewogenes integrales Risikomanagement.

Conclusions on integrated risk management

Integrated risk management in the context of natural hazards is built on three essential questions: What can happen? What must not happen? And what needs to be done? Risk management is based on hazard evaluation and risk analysis as well as socially acceptable and politically legitimate risk assessment in the form of protection goals. This is the foundation of all integrated project planning, which also contains elements of spatial planning, emergency planning, hydraulic engineering and forestry. Each of these fields have their own authorities or structures that operate under different procedures and legal constraints and have duties not related to risk management. A successful project requires strong collaboration and information transfer between project partners, both at the local level (municipality, hydraulic engineers, forestry authorities, firefighters, etc.) and Canton level (e.g. the departments responsible for spatial planning, forestry, civil protection, sports/military, civil engineering, etc.), or other Federal levels that are necessary for reaching the project aims.

Quellen und Literatur

References

Dasen E. (1951): Verbauungen und Aufforstungen der Briener Wildbäche. Veröffentlichungen über Verbauungen (Nr. 5) des Eidg. Departementes des Innern

Geo7, NDR Consulting (2012): Gefahrenkarte der Gemeinde Brienz, Technischer Bericht

Hählen N. (2008): Bewältigung und Nachbearbeitung Unwetterereignis 2005 in Brienz mit Schwerpunkt Nutzungskonflikte bei raumplanerischen Präventionsmassnahmen. Blockkurs Urbane Geologie, ETHZ

HSR Hochschule für Technik Rapperswil (2007): Modellversuche Glyssibach, Schwellenkorporationen Brienz und Schwanden

Langenegger H., Kienholz H., Gerber W. (1992): Briener Wildbäche. Exkursionsführer zur Interpraevent-Tagung.

NDR Consulting Zimmermann, Niederer + Pozzi Umwelt AG (2006): Lokale lösungsorientierte Ereignisanalysen (LLE) der Murgangkatastrophe vom 23. August 2005 durch den Glyssibach und Trachtbach. TBA Bern

Schwellenkorporation Brienz, Schwanden und Hofstetten, A. Andreoli, P. Wyss, S. Mathyer (2015): Trachtbach und Glyssibach - Wasserbau 2005 - 2015

Schwellenkorporationen Brienz und Schwanden, Ingenieurgemeinschaft Glyssibach: Mätzener & Wyss Bauingenieure AG, Moeri & Partner AG, Sigmaplan AG, Niederer + Pozzi Umwelt AG, NDR Consulting Zimmermann (2008): Wasserbauplan Glyssibach

Ryter U. (2012): Forstliches Verbauungs- und Aufforstungsprojekt Briener Wildbäche. Geschichte, Ereignisse, Projekte, Erkenntnisse.

Zimmermann M., Mani P., Hunziker G., Balmer W., Conzetti M. (1997): Evaluation forstlicher und wasserbaulicher Massnahmen der letzten 100 Jahre, Geo7, Bern

Zürcher K., Böll A. (2007): Unwetteranalyse vom August 2005 im Perimeter des forstlichen Verbauungs- und Aufforstungsprojektes Briener Wildbäche. IMPULS, Thun / WSL, Birmensdorf

Autoren
Authors

Oberingenieurkreis I

Oliver Hitz
Schlossberg 20
3602 Thun

Abteilung Naturgefahren

Ueli Ryter
Schloss 2
3800 Interlaken



Sponsor
Sponsor

zb Zentralbahn AG,
Bahnhofstrasse 23,
6362 Stansstad 22190