

COGEAR

MODULE 1a:

Historical Earthquakes in the Valais

Del. No.: 1a.2.1

Authors: Fritsche, S., Gisler, M., Schwarz,
G., Fäh, D. and Kästli, Ph.

Swiss Seismological Service
SED/COGEAR/R/002/20100110
January, 10 2010

COGEAR Module 1 Task 1a.2.**Historical Earthquakes in Valais: Primary and Secondary Effects*****Abstract***

In recent years the upper Rhone Valley has been one of the most intensively investigated regions by the Swiss Seismological Service. Due to the remarkably high seismic activity, the region presents many starting-points for research in the seismological field. One main focus was set on historical seismology. This report presents the state of the art of this research section by giving an overview about the investigated earthquakes with intensity (EMS) larger than VII, for which many documents could be found and analyzed. This overview includes the events of 1584 (Aigle, epicentral intensity VIII), 1755 (Brig, epicentral intensity VIII), 1855 (Visp, epicentral intensity VIII), and 1946 (Sierre, epicentral intensity VIII for the main shock and intensity VII for the strongest aftershock). The report focuses mainly on primary and secondary effects in the epicentral region, starting with some key data and a short general characterization of the event. This is followed by two sections dealing with primary and secondary effects in detail. In the case of the 1855 and 1946 event, we found a number of historic documents describing secondary effects specifically. Since they may be useful, we include citations of these documents at the end of the corresponding chapters. The macroseismic data is accessible through the homepage of the Swiss Seismological Service (<http://www.seismo.ethz.ch>). A complete update and revision of the macroseismic data and earthquake catalogue of Switzerland (ECOS-09) is expected for release in 2010.

1. Introduction

The region of interest is the Valais Canton and parts of the neighboring Vaud Canton. It is characterized by the impressive Rhone Valley that cuts through the western Alps in an east-west direction. To the north, the valley is restricted by the Aarmassiv, and to the south by the Penninikum. The valley's genesis is strongly related to the interaction of these two tectonic units. The historic and current seismic activity is a consequence of this ongoing process.

Compared with the rest of Switzerland, the region shows an increased seismic hazard. Even the Basel region, known for the catastrophic event of 1356, exhibits clearly lower hazard

values. Damaging earthquake events thus have much higher recurrence rates in the Valais region. For the last half millennium a magnitude 6 event is known to have occurred every century, with impressive constancy (Fig. 1). Regarding magnitude 5 events, a recurrence rate of about 50 years is obvious for the last three hundred years.

The historical seismicity of the Valais region has been repeatedly investigated. During the last 10 years investigations focused on the history of seismic events for the first time systematically over the whole traceable time using historical methodology. The base for these investigations was a thorough search through all relevant archives and documents. The oldest preserved documents with respect to a major earthquake are those mentioning the aftermath of the 1524 and 1584 events. Earlier events of this dimension are not traceable in historical sources originating from the Valais region.

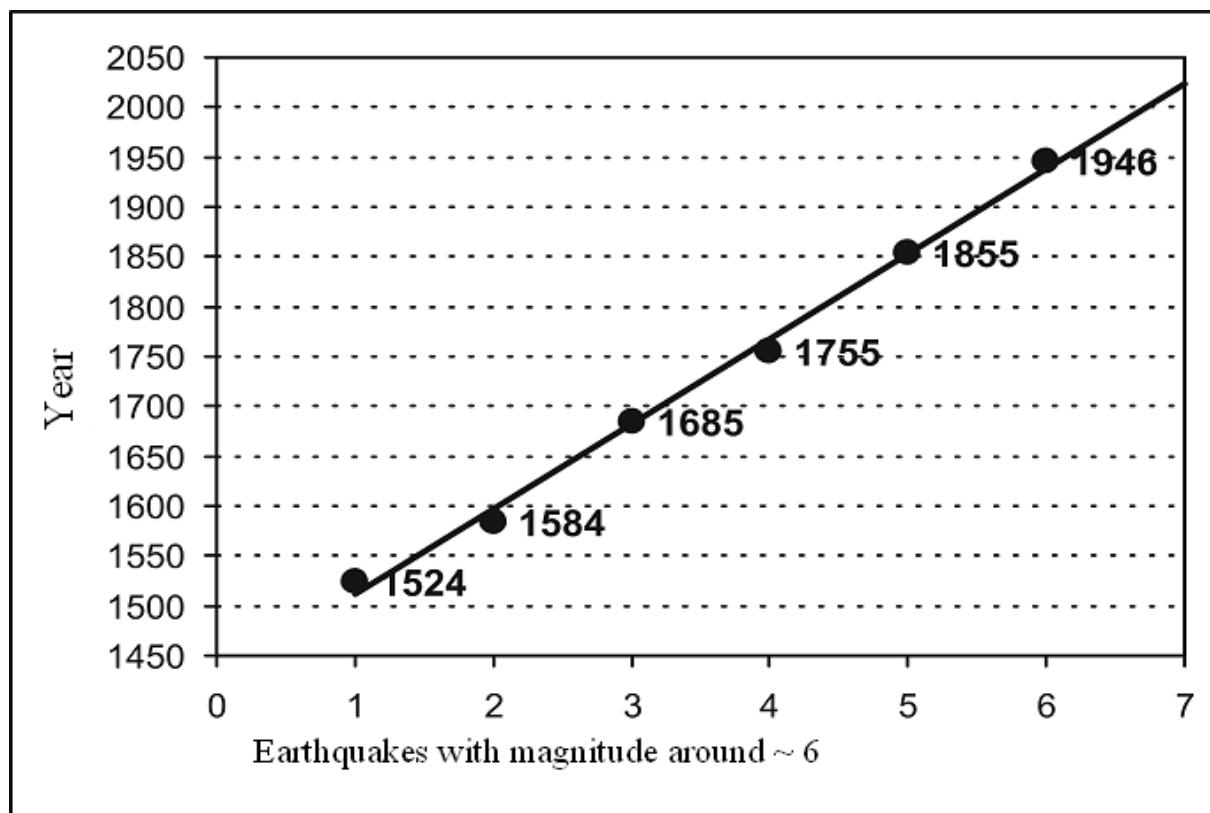


Fig. 1: Earthquakes with intensity = VIII in the Valais region (Fäh, 200X)

Basically, the current stage of source material can be described as follows: Not surprisingly, the more recent earthquakes in general appeared to be better documented than those events that took place a long time ago. In large part this is simply a consequence of the increasing literacy over time. Moreover, it is more likely that ancient written records have been lost over time than it is the case for more recently written documents. However, in particular cases this finding has not necessarily to be true. The 1855 earthquake in the Visp region, for example, is much better documented than the 1946 Sierre event since the most

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

significant document for this earthquake is currently untraceable. Parallel to the tendency of increasing availability of data toward the present, the contemporary interpretation of the earthquake phenomena has a strong influence of the modality of the written output. Earthquakes that were interpreted as a punishment by God result in thoughts and considerations that are fundamentally different from an “enlightened” examination of this phenomenon. The latter tend to deal with the topic in a way that are thematically and structurally closer to the needs of historical seismology. In other words, the requested information is accessible with less interpretational effort.

Despite wide differences in the manner of the historical sources, it was possible to work out characteristics and details of the aftermath of a number of large earthquakes (see Fig. 2). These are the events of 1584 (Aigle, I=VIII), 1755 (Brig, I=VIII), 1855 (Visp, I=VIII), and 1946 (Sierre, I=VIII and I=VII). Several publications are the result of this work. This report is based upon these publications and gives an overview focusing essentially on the main characteristics of primary and secondary effects. For details and specialized questions we refer to the publications referenced in the respective sections.

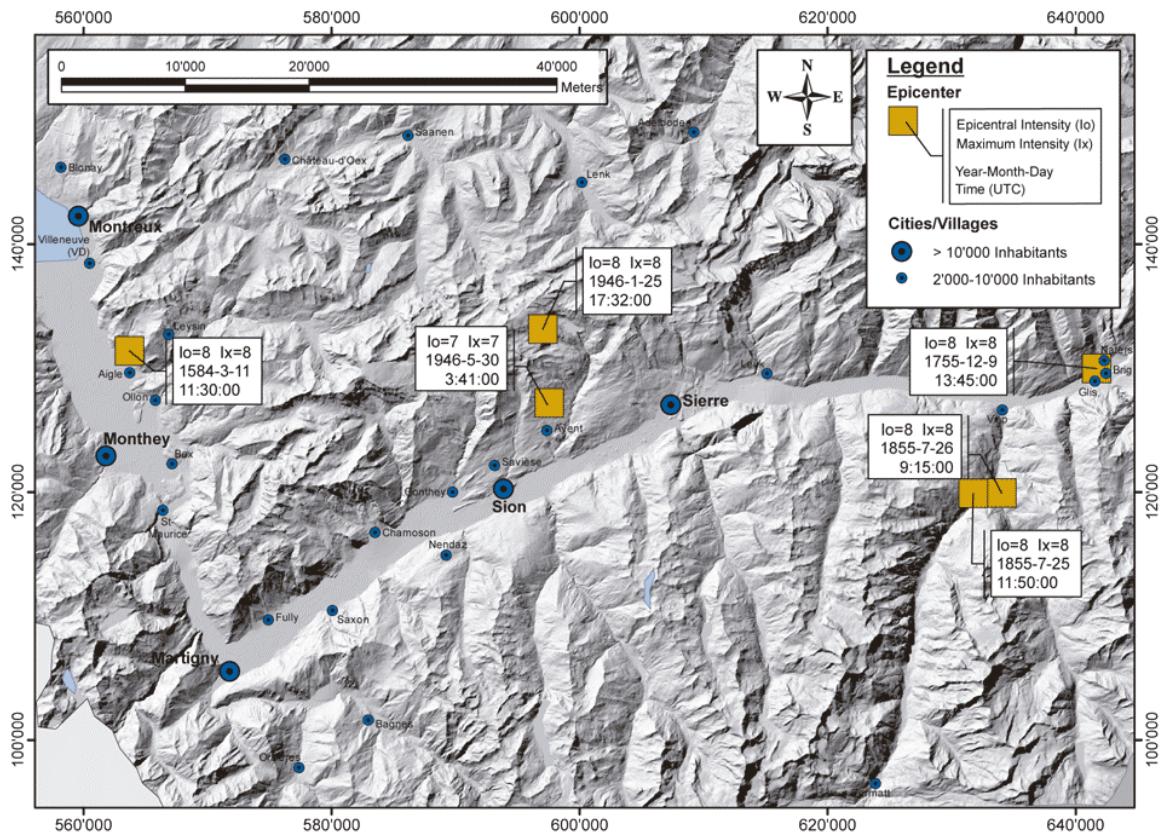


Fig. 2: Overview of the epicenter locations of the earthquakes discussed in the following sections.

Earthquake Events of Interest

1.1 1584 Aigle Event

Location	Name	CHX	CHY	Lat.	Lon
	Aigle (VD)	563'683	131'399	46.33	6.97
Date/Time	March 11, 1584		11:30 a.m.		
Intensity	Epicentral Intensity (Io): VIII		Maximum Intensity (Ix): VIII		
Effects	Primary: known		Secondary: known		
Level of Documentation	Well documented for the period. One reason for this is probably the disastrous rockslide triggered by the strongest aftershock. No systematic historical sources describe the loss.				
Remarks	Disastrous rockslide on March 14, 1584. The rockslide killed 328 people and a livestock of several hundred animals. It was probably triggered by an aftershock. Seiche and tsunami in lake Geneva. For historic sources and quotations see Schwarz-Zanetti (2008).				
References	<ul style="list-style-type: none"> Schwarz-Zanetti, G. (2008). Erdbebenserie mit Flutwelle und Bergsturz vom 11. bis 14. März 1584 im Genferseegebiet. In: Nachbeben. Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz. Edited by Gisler, M., Fäh, D. and D. Giardini. Zürich, Haupt. Heim, A. (1932) Bergsturz und Menschenleben. Karten und Photos, Zürich. Loizeau, J.-L. (1991). La sedimentation récente dans le delta du Rhône, Léman: processus et évolution, Thèse, Univ. Genève, N. 2514. A further publication is in preparation (Schwarz-Zanetti et al., 2010). 				

Table 1: Summary of the 1584 event.

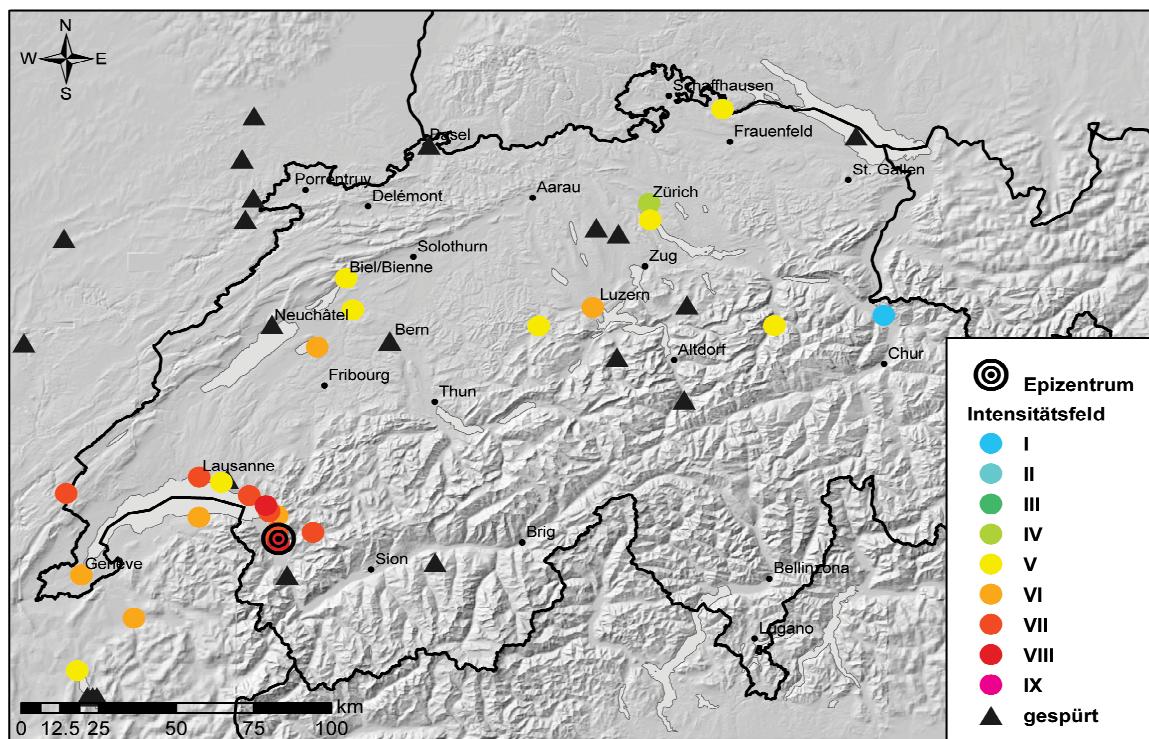


Fig. 3: Macroseismic field of the 1584 event.

2.1.1 Overview

The 1584 earthquake series consisted of the main shock on the 11th of March with epicentral intensity Io of VIII, and several aftershocks of unknown intensity during the following days. Damage is mainly known for the localities at the northeastern coast of Lake Geneva. A few other cases of damage are known for the surrounding region. According to the distribution of effects, the epicenter of the events has to be assumed in the region of Aigle (VD). However, only few historical sources contain data regarding the damage distribution, none of them in a systematic way. Despite this fact, the earthquake is of utmost importance since it enlightens a part of the earthquake history of Switzerland in a time where historic sources are rare. Moreover, this fact becomes even more evident since the 1584 event has been brought into correlation with two cases of secondary effects that provoked strong impact: a seiche and tsunami wave in Lake Geneva and a large rock fall near Yvorne (to the west of Aigle).

2.1.2 Primary Effects

Cases of damage for which location as well as precise extent of loss is known are almost nonexistent. A historical report regarding Château Chillon (near Montreux) makes clear, that this building suffered damage on several walls and roofs that had, according to this report, to be repaired immediately. The expenses of the owners of the castle in the following years show that the roof of a tower, battlements and parts of the façade were repaired soon after the event. For the villages of Chillon and Montreux only few reports about damaged buildings exist. According to a contemporary report, some old buildings collapsed. There is a hint that the vault of the church in Glion (near Montreux) collapsed, killing a woman and injuring several others. The latter is the only information regarding casualties as an immediate consequence of the ground shaking. Some building collapses also occurred in Lausanne and Geneva without being described in detail. Further damage is known to have occurred in the northeast (Saanen, Rougemont and Les Ormonts) where, according to a short report, a church and a rectory collapsed. For Aigle, in the immediate vicinity of the supposed epicenter, no severe damage is known. A contemporary report refers to the destruction of 50-60 chimneys. Finally, for the region of the Canton Valais , historic data is even sparser. A single historic source reports heavy damage (which is not further specified) at the church of Saint Maurice. According to this source, the loss arose partly due to a rock fall.

2.1.3 Secondary Effects

The information available regarding secondary effects is more spectacular compared with that available regarding primary effects. Most notably is a rockslide that killed 328 people and livestock of several hundred animals on the 14th of March, three days after the main shock of the earthquake. Several historical sources agree that the main shock triggered the rockslide near Tour d'Aï (2331 m) above the villages of Corbeyrier and Yvorne. For three days the material of the rockslide stopped on a terrace about 1200 meters above sea level before the mass again started to move. It is supposed that an aftershock could have been responsible for this. The rockslide overwhelmed the two before mentioned villages almost completely: 69 houses, 126 barns and 5 mills in total. In a study Albert Heim (1932) assessed this disaster as an event that had threatened the two villages for a long time. The earthquake series, in combination with snow- and rainfall, was the trigger only.

Another well-documented phenomenon is a tsunami and seiche in Lake Geneva. Reports exist for the region of the Rhone delta as well as for Lausanne and Geneva and give an account of flooded and damaged watersides (Villeneuve, Chillon, Lausanne, Geneva) and the temporary draining of the Rhone River (Geneva). The reports agree with respect to observations of "stormy waters" on the lake. One observer describes the difference between high and low water levels with "more than five feet". An investigation of the Rhone delta in 1991 by Jean-Luc Loizeau discovered changes in the sediments that could originate from this flooding. Similar changes have been observed after the collapse of the quay in Montreux in 1891. Ingenieur Hans Schardt, assigned with the repair of the quay, found an old settling within the sediments, which he identified as one of the reason for the failure of the structure. Based on historic documents and a map, he brought the settling into connection with the earthquake of 1584.

1.2 1755 Brig/Naters Event

Location	Name	CHX	CHY	Lat.	Lon		
	Brig/Naters (VS)	641'695	129'988	46.32	7.98		
Date/Time	December 9, 1755			01:45 p.m.			
Intensity	Epicentral Intensity (Io): VIII			Maximum Intensity (Ix): VIII			
Effects	Primary: known			Secondary: few observations only			
Level of Documentation	Well-documented event for the period. No historical sources reporting about primary or secondary effects in a systematic way. The awareness of the event was strongly influenced by the Lisbon earthquake a few weeks earlier.						
Remarks	When compared with the 1855 event, reports about secondary effects are rare. This is probably an effect of the perception of the period. Natural phenomena were not so much of interest in those days, as long as its impact was not of significance for the citizens. For historic sources and quotations see Gisler et al. (2004).						
References	<ul style="list-style-type: none"> Gisler, M., Fäh, D., Deichmann, N. (2004) The Valais earthquake of December 9, 1755. Eclogae geol. Helv. 97 p. 411–422 Gisler, M. (2008). Nicht nur in Lissabon bebte die Erde: Das Walliser Ereignis vom 9. Dezember 1755. In: Nachbeben. Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz. Edited by Gisler, M., Fäh, D. and D. Giardini. Zürich, Haupt. 						

Table 2: Summary of the 1755 event.

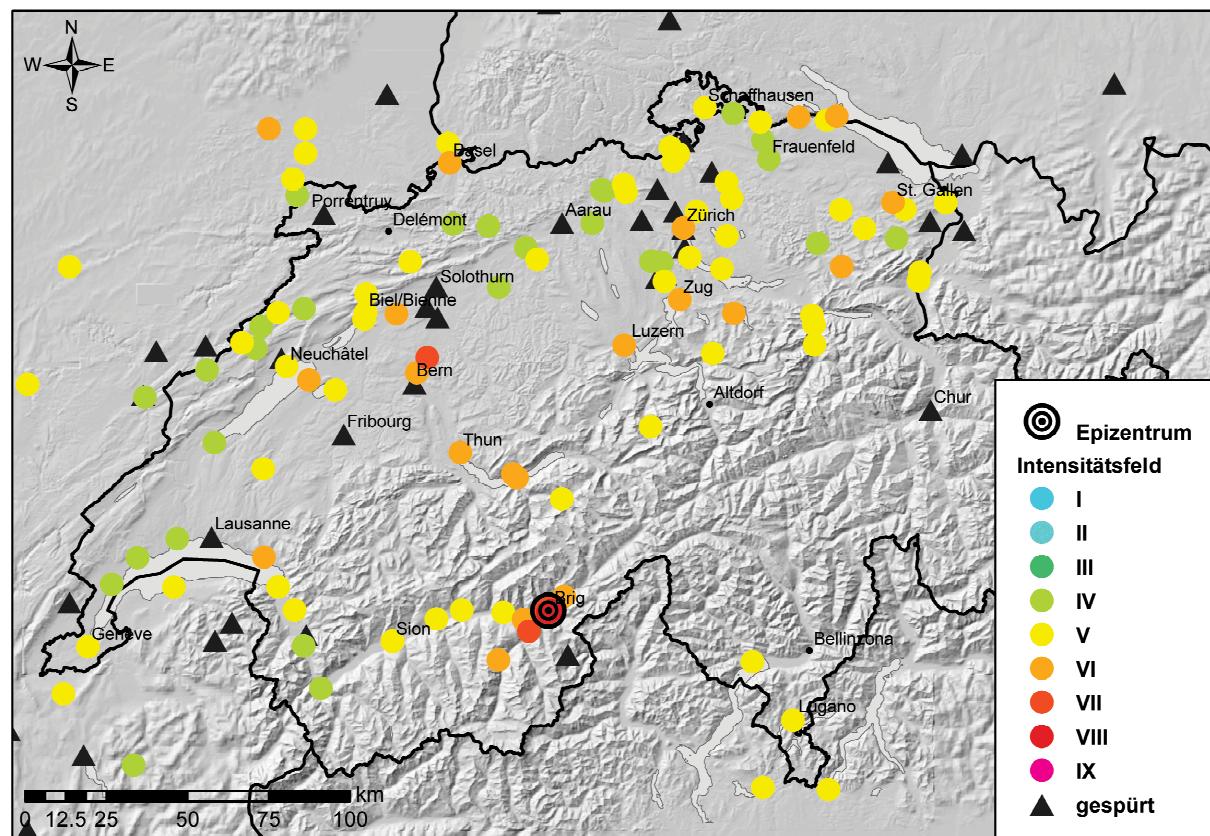


Fig. 4: Macroseismic field of the 1755 event.

2.2.1 Overview

A couple of weeks after the disastrous event of Lisbon (November 1, 1755), the Valais region was struck by the strongest Swiss earthquake of the 18th century. The epicentral region around Brig in the upper Valais sustained severe damage from the earthquake. Slight losses were reported up to distances of 400 km. The earthquake was also felt in neighboring countries on a belt around Switzerland of about 200 km in width. Due to the temporal proximity to the Lisbon event and since the latter was also observed in Switzerland, mainly in terms of effects on lakes and rivers (Gisler et al. 2004), the earthquake was brought into correlation with the Lisbon event by contemporary reports. This had consequences for the perception, reporting and interpretation of the Brig event. Contemporaries who experienced, or knew of, both earthquakes, often misinterpreted or confused the issue. Thus it is sometimes not possible to separate literal observations. It was even the case that the Brig event was interpreted as an aftershock of the Lisbon earthquake (see Gisler et al. 2004).

Historical reports documenting primary and secondary effects systematically are absent. The macroseismic field is thus based on a large number of individual documents of different type. Similarly to other events that occurred a long time ago, the 1755 earthquake showed that the quality and quantity of historical documents vary for different regions. In rural areas, such as the Valais region, production and archival storage of scriptural records was less common than in urban centers. Moreover it was usual that observers at this time concentrated more on important infrastructure such as castles and churches due to their importance for the respective communities (Gisler et al. 2004).

2.2.2 Primary Effects

Brig probably suffered the most severe damage. According to several sources (see Gisler et al. 2004) almost all buildings suffered loss in some way. Most of the walls had cracks of different extent, while a considerable number fell down. Collapsed chimneys were omnipresent. Several churches suffered damage, especially on their bell towers. The famous Stockalper-Palace sustained severe damage to its outer walls and tower. Revision of the event (Gisler et al. 2004) assigns intensity VIII to Brig. In Glis, a village in the immediate vicinity of Brig, the intensity was comparable. An observer rated the damage as even more serious than in Brig. Parts of the bell tower collapsed and it took several months until the church could be used again. A chapel on the top floor of a building was also completely destroyed. The partial destruction of well-built buildings such as the previously mentioned Stockalper-Palace and others in these two villages implies that probably many other (weak) buildings or

constructions in bad conditions sustained severe damage, even if they are not mentioned in the reports.

For Mund, located to the west of the epicenter, it is known that the church was seriously damaged. The rafters of the bell tower collapsed and destroyed parts of the church. Gisler et al (2004) assign intensity VII to this village. For Visp, where 14 chimneys collapsed and the bell tower of the church suffered damage on its gallery, Gisler (2004) assigns intensity in the range from VI to VII. In Mörel the rectory collapsed partly due to the failure of a wall, while in St. Niklaus parts of a chapel collapsed. In Valaisan villages further from the epicenter, such as Sion, Sierre Leuk and others, no damage was reported, although the earthquake was widely observed (Gisler et al. 2004). However, damage was also observed outside Canton Valais at larger distances, for example in Neuchâtel, in Cudrefin (at the border of Lake Neuchâtel) and in Bern. The most likely intensity for these sites is VI, according to Gisler et al. (2004).

2.2.3 Secondary Effect

It is typical for the 18th century (as well as for the time before) that secondary phenomena in the course of an earthquake event attracted less attention than loss of infrastructure, at least as long as such effects caused no disaster. Thus it is reasonable to suppose, that beside the few reports found in context of the 1755 earthquake, numerous phenomena occurred without being mentioned in historical documents. For Canton Valais, observed and reported secondary phenomena concentrate on the epicentral region. These observations are limited to rather weak effects, such as fissures and cracks in the ground, as well as springs that started to flow in and around Brig. Regarding mass movements, all we know is that the earthquake triggered a single slight slump of earth in the immediate vicinity of Brig. Other secondary effects have been observed in the western part of Switzerland (Biel, Murten) and in northeastern Switzerland (from Zurich to St. Gallen). Most of them are related to lakes, to the groundwater or springs. For Lichtensteig a case of gas emission was reported and near St. Gallen a small landslide occurred.

When compared with the 1855 event in the same region, these observations are more difficult to interpret from a scientific point of view. In 1855 several people with a “modern” scientific background visited the epicentral region. These visitors thus focused and conceptualized the impacts of the earthquake in terms similar to present-day’s geology/seismology.

1.3 1855 Stalden/Visp Event

Location	Name	CHX	CHY	Lat.	Lon
	Stalden/Visp (VS)	631'735	119'923	46.32	7.85
Date/Time	July 25, 1855		11:50 a.m.		
Intensity	Epicentral Intensity (Io): VIII		Maximum Intensity (Ix): VIII		
Effects	Primary: known		Secondary: known		
Level of Documentation	This is an outstandingly well-documented event, particularly with respect to primary effects, since a contemporary damage assessment is preserved completely. In combination with available statistical data (population, building stock and prizes) a quantification of the losses was feasible.				
Remarks	Strong aftershock on July 26, 1855 (Io: VIII, IX: VIII) caused further primary effects and triggered mass movements. Epicenter at 634'050/119'935 (46.23/7.88). For historic sources and quotations see Fritsche (2008).				
References	<ul style="list-style-type: none"> Fritsche, S., Fäh, D., Gisler, M., Giardini, D. (2006). Reconstructing the Damage Field of the 1855 Earthquake in Switzerland: historical investigations on a well-documented event. <i>Geophys. J. Int.</i>, 166. 719-731. Fritsche, S. (2008). Large historical earthquakes in Switzerland: multidisciplinary studies on damage fields and site-effects. Ph.D. thesis, ETH Zurich Nr. 17710. 				

Table 3: Summary of the 1855 event.

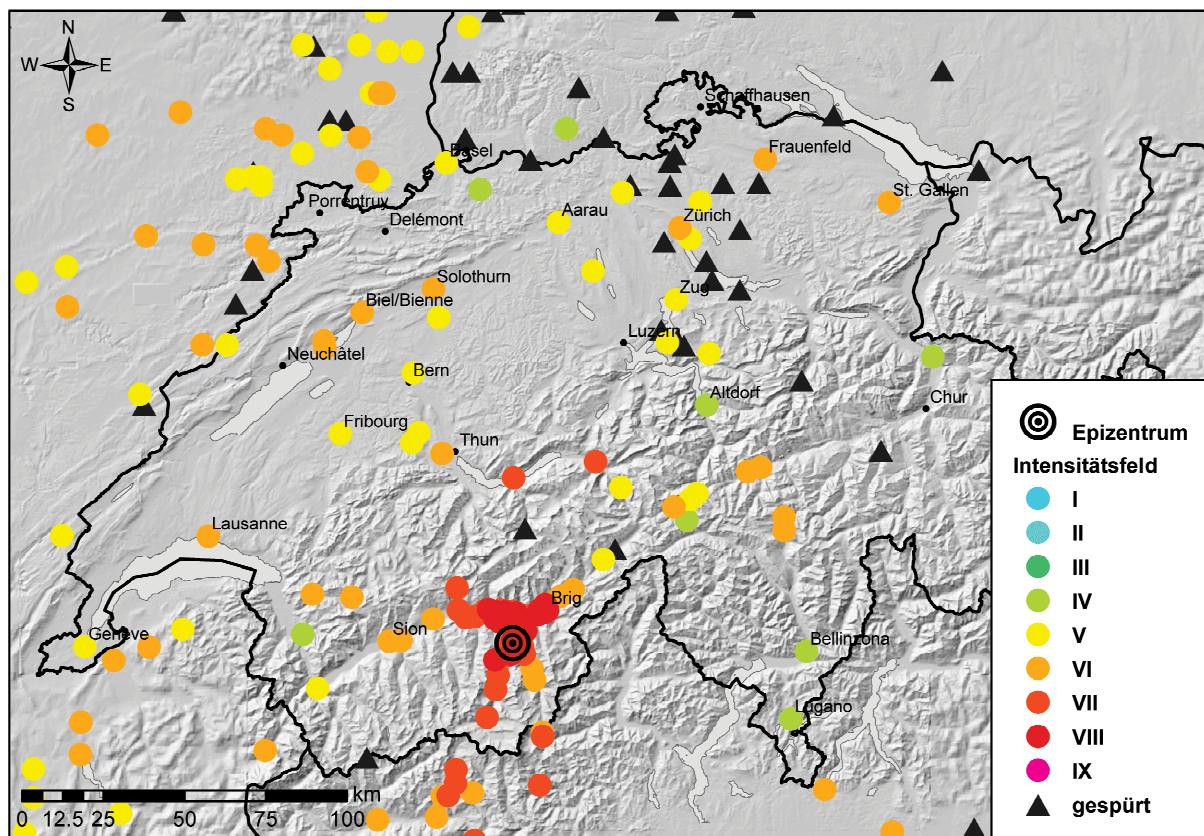


Fig. 5: Macroseismic field of the 1855 event.



Fig. 6 (left): St. Niklaus after the main shock of July 25, 1855 (Heusser 1856).

Fig. 7.: Visp and the Martinskirche with the damaged tower (Heusser 1856).

2.3.1 Overview

The Visp earthquake of 1855 remains the strongest of the last 300 years in Switzerland. It caused heavy damage in the region of middle Valais. Investigations of this event were part of a PhD thesis focusing the relation of damage distribution, building vulnerability and site-effects (Fritsche 2008). This work benefited significantly due to the fact that the 1855 event is outstandingly well documented. Given the existence of a complete contemporary damage assessment and the availability of early statistics, the investigation drew upon an excellent pool of data allowing us to quantitatively analyze the damage field on the village level. This has been done by using the features of the European Macroseismic Scale (EMS 98, Grünthal 1998). Further historical sources, in particular a few travel dairies of scientists visiting the region after the earthquake, provide valuable descriptions regarding secondary effects (e.g. Nöggerath 1855, Volger 1855, Heusser 1856). Since their perspective is similar to what we are interested in, interpretation of these documents is a worthwhile task.

2.3.2 Primary Effects

The investigation clearly points out that the 1855 event reached an intensity of VIII (Io) in the epicentral region. In many villages near the epicenter 50% or more of the existing building stock suffered severe damage. See Tab. 4 for some examples of the original text of the damage assessment and its interpretation. Most notably are the villages of Visp (Fig. 7), St. Niklaus (Fig. 6), Stalden and Naters where damage of grade 4 was frequent and damage of grade 3 omnipresent (Fig. 8). A case study for the village of Visp showed that ground conditions had only a minor impact on the damage distribution (Fig. 9). This is a surprising result, since parts of Visp are built on thick alluvial sediments that may amplify ground shaking while other parts

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

are built on rock. An explanation for this finding is the close proximity of the fault of the earthquake: source and directivity effects probably were more important than site effects. For Naters, which shows comparable ground condition, detailed studies are absent so far.

The epicentral region, completely covered by the contemporary damage assessment, includes about 30 villages with 11'000 citizens at that time and encompasses an area of about 400 square kilometers. In total about 1800 cases of loss could be identified, of these, approximately 1000 referred to residential buildings. Repair costs then totaled CHF 530'000. According to the investigated sources only one person was killed due to the earthquake. Not much is known about injured persons, but the number is probably also low. A reason for this is the fact, that the earthquake occurred in summertime and during day, when most people worked on the fields. The same region nowadays has about 43'000 residents using respective infrastructures. A similar earthquake today certainly would cause damage of billions of CHF.

Township	Description	CHF	Damage Grade EMS98
Turtmann	032. Oggier, François: For the reparation of a chimney.	5.-	Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fairly large pieces of plaster fallen. Partial collapse of chimneys.
Turtmann	030. Beyzard, Pierre: For the reparation of small cracks in the house.	5.-	
Glis	020. InAlbon, Eduard: For the reparation of a chimney and some small damage.	14.-	
Eyholz	011. Heinzman, Pierre: For a new chimney and reparations on the roof.	35.-	Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detached. Chimneys fractured at the roof-line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).
Brig	026. Loretan: For a new chimney, to fix the roof, two ceilings and the latrine etc.	65.-	
Visp	007. Pfammatter, Françoi: For repairs of the roof, for a new chimney, to fix several cracks in the house and for four fathoms of wall at the barn.	191.-	
Baltschieder	003. Nellen, Jean Joseph, baker: Rebuilding 20 fathoms of wall and terrace, repairs on two con-rods, two roofs and several cracks.	400.-	Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.
Naters	003. Michlig, Thérèse: For repairs on the roof, the chimneys and two walls on the façade and several terraces. Uninhabitable.	975.-	
St. Niklaus	001. Tantignoni, Jean, House. Northern part of the house ruined: 56 fathoms of wall, southern part 3 fathoms of wall, repairs on the roof.	2'000.-	
Stalden	001. Kalbermatten, Pierre and Venetz, Anne Marie et Venetz, Joseph Ignaz: The house has collapsed, rebuilding the house.	3'600.-	Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.
Visp	078. Stauffer, Ant. and Schaller Ant: The house has collapsed, rebuilding the house.	10'000.-	
Visp	083. Stampfer, François: The house has to be razed to the ground. Rebuilding the house.	10'000.-	

Tab. 4: Extracts of the damage assessment and interpretation.

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

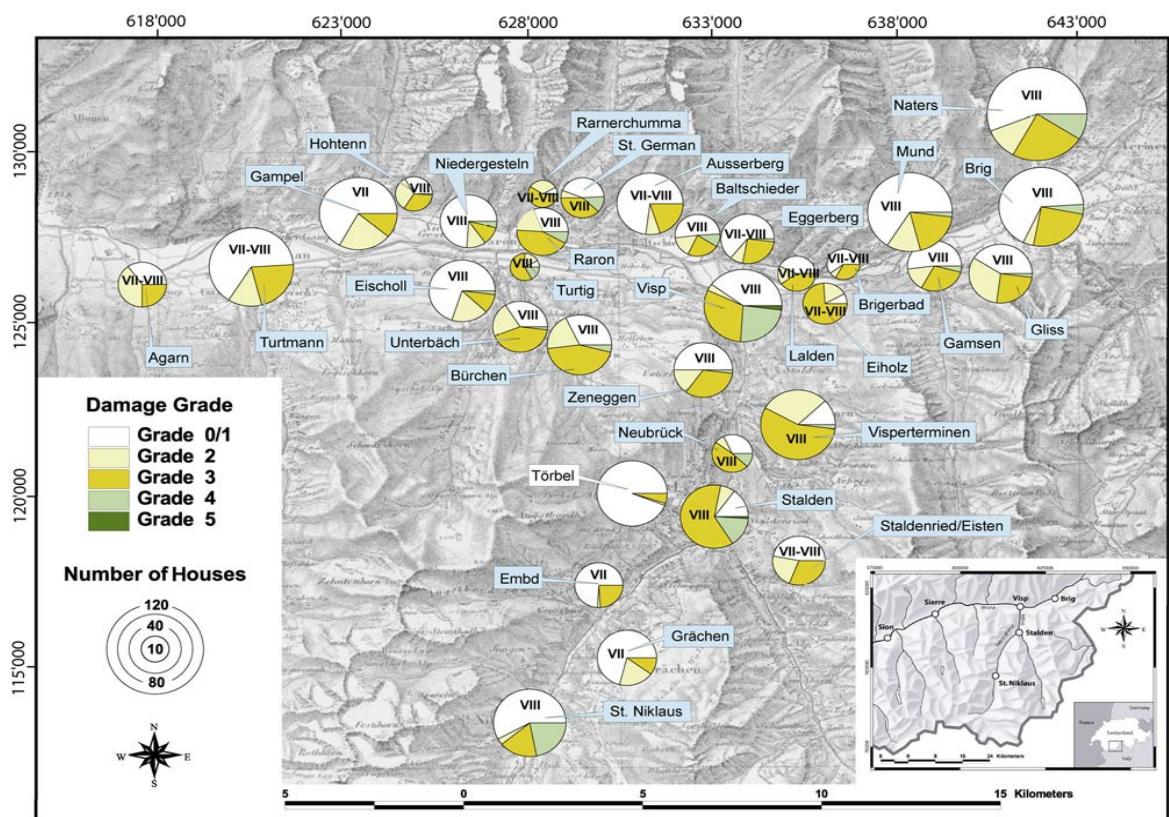


Fig. 8: Damage grades and intensities assigned on the basis of the contemporary damage assessment. For locations with intensity degrees in the form of VII-VIII, it was not possible to decide which value is appropriate. They contain elements of intensity degrees VII and VIII.

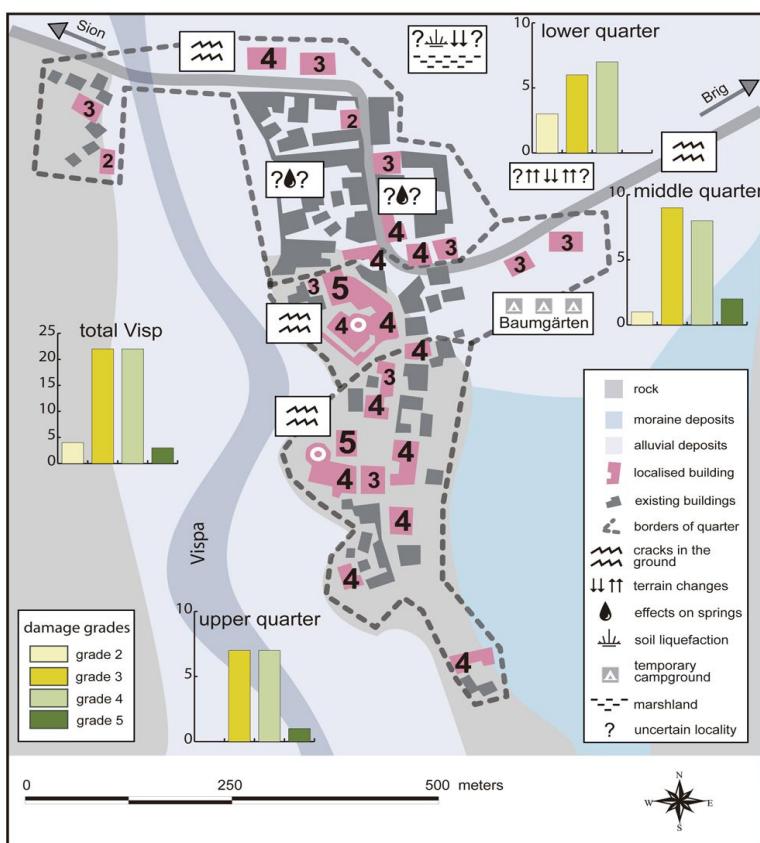


Fig. 9: Building damage and secondary phenomena in and around the village of Visp.

2.3.3 Secondary Effects

The number of secondary effects mentioned in historical documents is large for the 1855 event. Most of them occurred in the region of Visp (Fig. 9) and in the Valley of Visp (Fig. 10). Generally frequent are observations of mass movements, such as rock falls and landslides. Of particular interest is a landslide below Grächen and a rock fall that threatened the village of St. Niklaus. The former was of considerable extent, the latter apparently a serious danger for the village (see quotations below). Beside these two events, a considerable number of smaller (or less precisely documented) mass movements are documented (Fig. 10 and quotations). However, other types of secondary effects also occurred. A plausible historical document mentions ground deformation in the northern part of Visp in the Rhone plain that can be associated to lateral spreading or liquefied soils. Another source describes a phenomenon that has to be interpreted as widespread settlement due to ground liquefaction (Fig. 9). Finally, effects on springs, have been observed in the whole epicentral region.

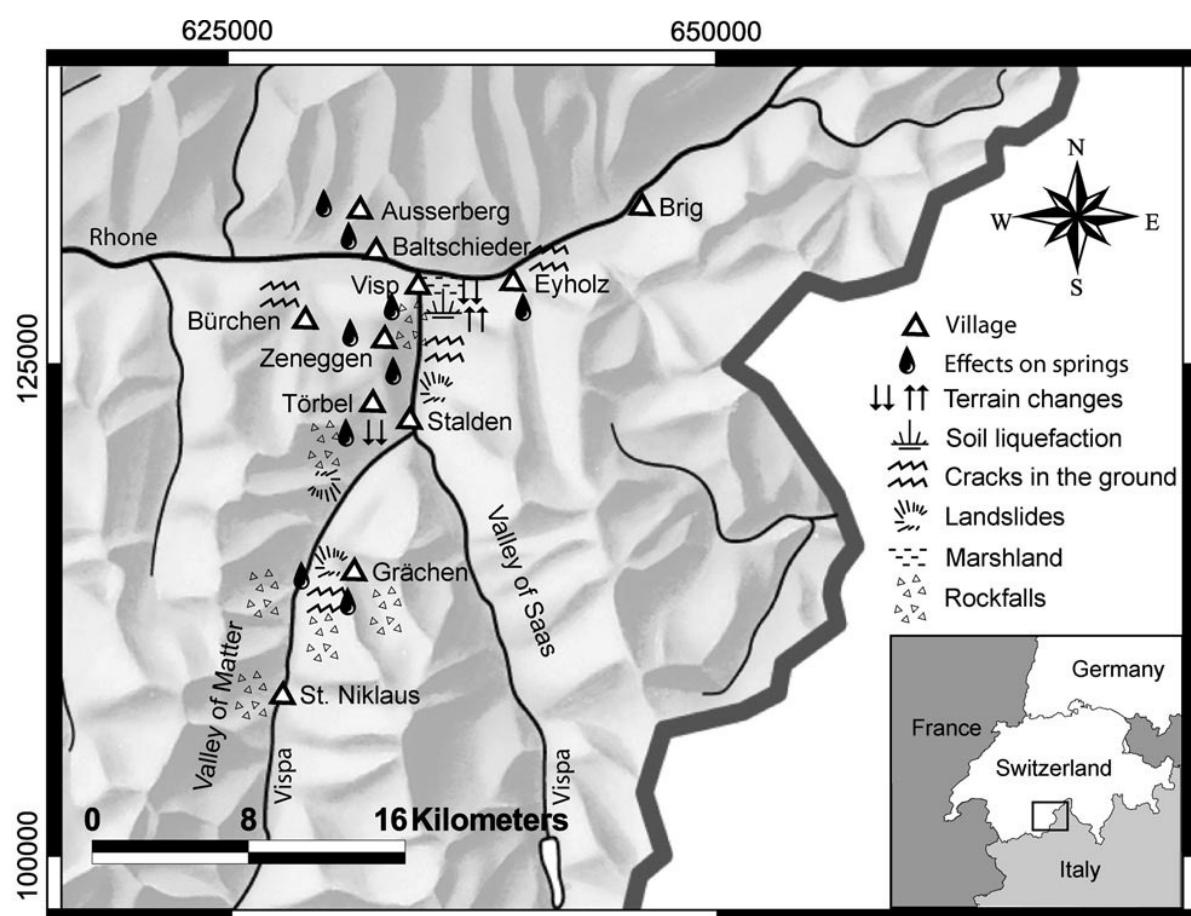


Fig. 10: Seismo-geological effects in the Visp region and Matter valley.

2.3.4 Historical quotations regarding secondary effects

Ausserberg

- **Heusser (1856), p. 16:** „So sind in Ausserberg,[...], die beiden einzigen Quellen, die früher reines Trinkwasser lieferten, versiegt, [...].“

Baltschieder

- **Heusser (1856), p. 16:** „Hier unten in Baltschieder ist dafür in Folge des Erdbebens eine starke neue Quelle von reinem Wasser entstanden.“

Bürchen

- **Nöggerath (1855), p. 19:** „Sonst ist noch aus dem stark bewegten Erdbeben- Bezirk zu berichten, dass sich zu Bürchen ein Felsen der Hohe Casteler genannt, in einer halben Stunde Länge gespalten hat. Und als Besonderheit, die mir von glaubwürdigen Männern erzählt worden ist, dass in diesem Dorfe St. Gerbernt [St. German] im Loch durch die Erschütterungen die Rasendecke auf einer bedeutenden Strecke losgetrennt worden sei und sich in grösseren Lappen so aufgerollt gefunden habe, wie die Tabakblätter der Cigarren.“

Eyholz

- **Heusser (1856), p. 15:** „Eine [...] neu entstandene, und zwar sehr starke Quelle liegt an dem bewaldeten steilen Berghang am linken Rhoneufer, oberhalb Eiholz. [...] Eine lange Spalte will ich hier noch erwähnen, die ich etwa 10 Minuten über dem Dörfchen Eiholz fand; sie hatte die Richtung parallel dem Lauf der Rhone, also von West nach Ost.“

Grächen

- **Nöggerath (1855), p. 15:** „Hier scheint sich eine recht grausige Scene der Erdbeben Folgen, nämliche ein sehr grosser Bergschlupf, noch in seiner weiteren Ausbildung begriffen. Das Schütt-Terain unter der bewaldeten Oberfläche des von der Vispziemlich jäh und hoch aufsteigenden Terrains ist in der Tiefe gerissen und die Gletscherwasser haben sich von oben darin Wege gebahnt, über dem festen Gestein die mächtige Aufschichtung von verwitterten Felsmassenaufgeweicht und stürzen jetzt unten am Strom aus dem wohl eine Stunde im Umfange messenden, gelösten Gebiete als starker Bach hervor, welcher vor der Juli-Katastrophe gar nicht existierte. In der Oberfläche sind Hunderte lange gebogenen, über den Abhang hinlaufende Spalten gerissen und längs ihnen im Rasenteppich vielfache Abrutschungen vorhanden. Überall erkennt man die Bewegung des Bodens, grosse Steinblöcke wälzen sich aus dem Schlamme hervor, die auf dem Terrain wachsenden Bäume neigen bereits ihre Kronen wie gesenkte Fahnen in verschiedenen Winkeln. Unter dem Bergschlipf führte früher der einzige Weg vorbei. Kein solcher ist aber mehr vorhanden, Einige Arbeiter bahnten bei meiner zweimaligen Passage eine ephemere Übergangsstelle für die Reisenden. Der Übergang bleibt indess genug und man musste in grösster Eile durch die schlammigen Masse durchzukommen suchen; mächtige Überschüttungen, welche Menschen und Pferde einhüllen können, sind jeden Augenblick zu erwarten.“
- **Heusser (1856), p. 10-13:** „Von Stalden nach St. Nikolas führt der Weg zunächst noch eine halbe Stunde auf der linken Seite der Matter-Visp, dann geht er auf die rechte Seite über und führt auf derselben durch Waldungen nicht hoch über dem Flussbett bis etwa $\frac{1}{4}$ Stunde vor St. Nikolas. Dieser Waldweg nun ist es, der durch Erdschlipfe vielfach zerstört ist, wie die Zeitungen berichtet haben. Will man sich aber von dem ganzen Umfang des Schadens und der noch drohenden Gefahr eine richtige

Vorstellung machen, so muss man vom Weg bis nach Grächen aufsteigen; [...] So habe ich von Grächen in gerader Richtung gegen den Fluss heruntersteigend oben im Wald eine solche Spalte gefunden, die ich in nordöstlicher Richtung also nach Stalden hin, eine halbe Stunde weit verfolgte; im Maximum war diese Spalte gegen 2 Fuss, meist aber bloss einige Zoll breit [...] und so vielleicht gegen zwei Stunden lang ist. [...]; den Fels selbst fand ich, wie gesagt, nicht gespalten, [...]. Im Gegensatz zum Felsen sind aber die Lerchen und Tannen, welche die Spalte in ihrer Längsrichtung getroffen, vielfach gespalten, und zwar bis zu einer Höhe von etwa 8 Fuss. In die Tiefe reicht die Spalte ohne Zweifel bis auf den Felsen, [...]. Etwas weiter gegen den Talgrund absteigend traf ich eine Spalte, die mehrere Klafter breit ist, und in dieser Breite vielleicht 100 Schritte fortzieht, dann wird sie zu beiden Seiten schmäler, [...]. Hier in der Gegend dieser grossen Spalte ist auch der Boden am stärksten zerrissen; kleinere Spalten derselben Längsrichtung ziehen sich noch in Menge durch, eine von der anderen um wenige Fuss entfernt; und da finden sich denn allerdings auch viele Querspalten, senkrecht auf den Thalgrund zulaufend; [...]. Vielleicht in der Mitte zwischen dem Thalweg und dem obern Ende des Waldes liegen einige Hütten von grünen Wiesen und einem Gärtchen umgeben; der Anhang ist aber doch so steil, dass das Gärtchen auf der unteren Seite durch eine Mauer gestützt wurde; diese Mauer ist eingestürzt, und hat ein vierjähriges Kind unter sich begraben, merkwürdigerweise das einzige Menschenleben, welches dem Erdbeben zum Opfer gefallen ist, so viel ich wenigstens habe in Erfahrung bringen können. [...] Die erwähnten, in diesem Walde [Kipfer-Wald] entstandenen Quellen, waren ganz klar, zeigten gar keinen auffallenden Geschmack, und eine Temperatur von etwa 6 ½ o Celsius bei 19 o Lufttemperatur. [...] In den grünen Matten etwa ¼ Stunde oberhalb Grächen, wo das Terrain weniger Steil, und auch nicht von so zahlreichen Sprüngen durchsetzt ist, ist ebenfalls eine sehr starke neue Quelle entstanden [...].“

Stalden

- **Nöggerath (1855), p.14:** „Furchtbar zeigen sich aber die Boden-Zerreissungen in und bei Stalden. Der Hügel ist nach den mannigfaltigen Richtungen von Erspalten durchzogen, besonders auf seinem Gipfel, an welchem auch nach der Richtung des Abhangs viele Senkungen längs den Zerspaltungen von einigen Zollen Höhe vorkommen. [...] Stalden gegenüber in etwa viertelstündiger Entfernung am rechten Gehänge des Thales, ist ein grosser Bergschlipf erfolgt. Er hat eine mehrere 100 Fuss lange Scharte von vielleicht 100 Fuss Breite am Berg gebildet, und unten aus dem entstandenen Schuttkegel ist eine Quelle ausgebrochen, welche als kleiner Bach hervorrieselt, wovon aber vor dem Erdbeben keine Spur vorhanden war.“
- **Heusser (1856), p. 12:** [From Stalden to St. Niklaus] „Steine sind aber hier in Menge heruntergefallen, und haben die in der Nähe von Stalden gelegenen Weinberge zerstört. Herr Tscheinen schreibt mir übrigens am 20. Nov., dass wischen Törbel und Stalden ähnliche Erdrutsche und Spalten sich zu bilden angefangen haben, wie im Küpfen-Wald, und dass die Bewohner von Z’brunnen, einem kleinen Dörfchen eine Stunde unterhalb Törbel, behaupten, ihre ganze Gegend habe sich mehr als 2 Schuh gesenkt.“

St. Niklaus

- **De la Rive (1855), p. 95-96:** „Le village de Saint-Nicolas est enfoui dans le repli d'une prairie qui se relève en pente douce jusqu'au pied des montagnes. Cette prairie est semée de rochers qui se sont

incrustés dans le sol un peu tendre; cette circonstance a sauvé le village: si le terrain eût été durci par le gelée ou par toute autre circonstance, il ne resterait plus aujourd’hui aucun vestige de Saint-Nicolas; on peut suivre sur la pelouse verte les traces du passage des blocs comme on suit le lit d’un torrent; on voit qu’ils ont procédé par bonds immenses; les pas du géant sont profondément creusés dans le sol; le premiers sauts sont prodigieux, mais chaque contact avec le terrain, chaque dépression use sa force, et l’intervalle entre les empreintes diminue jusqu’à ce qu’on arrive à une dernière et plus langue ouverture, dans laquelle le roc semble s’être planté avec une sorte de rage désespérée. Des rochers forment une barrière au-dessus de Saint-Nicolas; quelques-uns sont parvenus jusqu’à une trentaine de mètres du village; on le voit, il ne s’en est fallu que de bien peu qu’il ne fût enveloppé et étouffé dans un de ces durs et sinistres linceuls de pierre, semblables à celui sous lequel Goldau dort, à jamais enseveli.“

- **Heusser (1856), p. 8:** „Bei der grossen Anzahl von grösseren und kleineren Steinen, die an der steilen Bergabhängen lose herumliegen, konnte es nicht fehlen, dass in Folge des Erdbebens eine Menge derselben ins Thal stürzte, und so auch ihrerseits Schaden anrichteten. So habe ich z.B. kurz vor St. Nikolas einen Stadel gefunden, auf dessen Trümmern das Felsenstück, welches in seinem Falle den Stadel getroffen und niedergeschmettert hatte, noch zu sehen war. Auch wurden mehrere Menschen durch solche herunterrollende Steine verletzt.“

Törbel

- **Heusser (1856), p. 16:** „Auch von der Gemeinde Törbel schreibt mir Hr. Pfarrer Tscheinen am 4. Oktober, dass bereits 21 Quellen versiegt, 1 neue entstanden und mehrerer wasserreicher geworden seien, und ferner am 4. November, dass immer noch mehr Quellen versiegen, während andere reicher werden.“

Visp and surrounding region

- **Colombe (1855), p. 953:** „La destruction des maisons n'est pas le seul désastre qui ait frappé ce malheureux pays; les tremblements du sol ont eu aussi pour résultat d'abaisser sensiblement au-dessous du niveau de Rhône les terrains plats situés dans le fond de la vallée, de sorte que d'excellentes terres cultivées en blé, mais, pommes de terre, sont aujourd'hui immergées et se transforment en marais. Cette immersion des terres provient –elle réellement, comme on dit dans le pays, de l'affaissement du sol, ou plutôt de l'abondance des eaux et de sources qui ont surgi de tous les côtés à la suite du phénomène et qui n'ont pas trouvé d'écoulement suffisant? L'apparition de ces sources fait supposer qu'il y a eu déplacement dans les conduits souterrains, mais il ne semble pas s'être étendu à de grandes profondeurs, puisque toutes celles que j'ai eu l'occasion de visiter n'ont pas une température plus élevée que les autres, elles ne sont pas thermales.“
- **Nöggerath (1855), p.7:** „Das Terrain im Orte und in seiner Umgebung hat ebenfalls mancherlei Veränderung erlitten. Man braucht [...] kaum zu erwähnen, dass von den hohen Bergen, welche das Dorf rundum einschliessen, bei der Katastrophe von allen Seitengrossen, theils gelöst gewesene, theils durch die Erschütterungen erst losgetrennt worden Steinbrocken und Felsstücke herabgefallen sind. [...] Im Alluvial-Boden sind manche früher nicht vorhanden gewesenen Unebenheiten zurückgeblieben. So sah ich z.B. einen in Mauern eingefassten Garten, der früher ganz horizontal geebnet war. Jetzt hat er wellenförmige Erhebungen und Vertiefungen, welche eine Niveau-Differenz von 1-2 Fuss darstellen. Zu den Beweisen besonderer Kraft des Erdbebens gehört nicht allein, dass der nach der Visp hin mauerartige anstehende feste Fels, auf welchem die Fundamente des Porticus der Martinskirche stehen,

vielfach zerspalten und zum Theil herunter gestürzt ist, sondern auch, was in jener Beziehung noch schlagender erscheint, dass an dem Hügel, welcher zu dieser Kirche führt, inmitten des festen Schieferfelsens zahlreiche senkrechte und in die tiefe niedersetzende Spalten sich gebildet haben. Die Spalten sind wenig geöffnet, aber unverkennbar neu und durch ihren frischen Bruch gut von den älteren Spalten zu unterscheiden. [...]

Ausser diesen Felsrissen kommen im Dorfe und in seiner Umgebung noch viele grössere Bodenzerspaltungen vor, welche sichtbar nur den Alluvial-Boden der Visp und der Rhone betroffen haben. Sie laufen parallel untereinander im Terrain, setzen auch wohl durch Gartenmauern hindurch. Solche Risse sind viele, besonders in er Nähe der Vispbrücke, aber auch anderwärts entstanden. [...]

Indess gibt es auch noch viele bei dem Erdbeben entstandene Quellen in Visp. Sie Sprudeln sogar im innern von ein paar zerstörten Häusern hervor, welche jetzt ganz im Wasser stehen; andere sind noch im freien Felde. Man hat diese Erscheinungen besonders auffallend finden wollen, um so mehr als Vispbach früher gar keine Quellen oder Brunnen besass [...].

- **Heusser (1856), p. 14-15:** „Im Dorf Vispbach selbst sollen unmittelbar nach den Stössen vom 25. Juli eine Menge Risse in den Strassen selbst entstanden, und aus denselben kalte Quellen hervorgesprudelt sein. Bald nachher nahm die Wassermenge bedeutend ab, und viele dieser Spalten schlossen sich wieder, so dass ich am 14. August nur noch ganz unbedeutende Quellen im Dorf selbst sah. [...] die Strasse soll in der Nähe des Gasthofs zur Post senkrecht zu ihrer Längsrichtung gespalten gewesen sein, also von Nord nach Süd, und zwar so stark, dass man eine Hand der Breite nach hineinlegen konnte; [...], hingegen sah ich noch eine Spalte, die der Richtung der Strasse annähernd parallel, also unter etwa 60-70° zu jener erst erwähnten Spalte geneigt war.“

Visp toward Stalden

- **Nöggerath (1855), p.13:** An den Felsen sind dagegen auf dem ganzen Wege überall kräftige Spuren der Erdbeben zu bemerken. An vielen Stellen haben sich Felstücke losgelöst, mehrmals Blöcke von über 1000 Kubikfuss Inhalt und sind in die Visp gestürzt [...].
- **Heusser (1856), p. 14:** „Eine grosse Spalte hat sich nun ferner gebildet zwischen Vispbach und Stalden auf dem rechten Ufer des Flusses, kurz bevor man aufwärtsgehend zur neuen Brücke gelangt. Diese Spalte ging parallel dem Flusslauf, also von Norden nach Süden, ist aber nicht Spalte geblieben, sondern der untere, dem Fluss zu gelegenen Theil des Erdreichs ist heruntergefallen, und hat hier einen schönen grossen Weinberg mit in den Fluss herunter gerissen. Auf diese Weise ist senkrecht zur Visp ein kleineres Seitenthal, oder wenigstens eine Seitenschlucht gegen Visperterminen hinauf entstanden, aus welcher nun ein klarer Bach herunter läuft, von dem früher keine Spur vorhanden gewesen war. Etwa 100 Schritte über dem Thalweg entsteht der Bach aus 10-20 verschiedenen Quellen.“

Zeneggen

- **Heusser (1856), p. 16:** „Ebenso sind in der Gemeinde Zeneggen laut Nachrichten, die ich der gütigen Mittheilung des Pfarrers dieses Dörfchens, Hrn. Kämpfen, verdanke, bis zum 8. Oktober 11 Quellen versiegte, 3 neue entstanden, und mehrere früher schon vorhandene sind wasserreicher geworden; zwei der neu entstandenen sollen unten im Thale liegen, und zwar in gerader Linie von einzelnen versiegten aus gegen den Fluss.“

2.4 1946 Sierre Event

Location	Name	CHX	CHY	Lat.	Lon
	Sierre (VS)	597'025	133'180	46.35	7.4
Date/Time	January 25, 1946		05:32 p.m.		
Intensity	Epicentral Intensity (Io): VIII		Maximum Intensity (Ix): VIII		
Effects	Primary: known		Secondary: large number known		
Level of Documentation	A damage assessment done after the earthquake is unfortunately not traceable. Only a few key data are known. Individual cases of damage or secondary effects thus rely mainly on contemporary news publications.				
Remarks	Strong aftershock on May 30, 1946 (Io: VII, IX: VII) causing 4-5 million m ³ rockfall at the Rawylhorn and many other secondary effects. Epicenter at 598'332/127622 (46.3/7.417) For historic sources and quotations see Fritsche (2008).				
References	<ul style="list-style-type: none"> Fritsche, S., Fäh, D. (2010) The 1946 Magnitude 6.1 Earthquake in the Valais: Site-Effects as Contributor to the Damage. Swiss journal of geosciences. DOI 10.1007/s00015-009-1340-2 Fritsche, S. (2008). Large historical earthquakes in Switzerland: multidisciplinary studies on damage fields and site-effects. Ph.D. thesis, ETH Zurich Nr. 17710. Roten, D. (2007). Site effects in the Rhone valley analysed by ambient noise, weak motion records and numerical simulations. Ph.D. thesis, ETH Zurich Nr. 17471. 				

Table 5: Summary of the 1946 event.

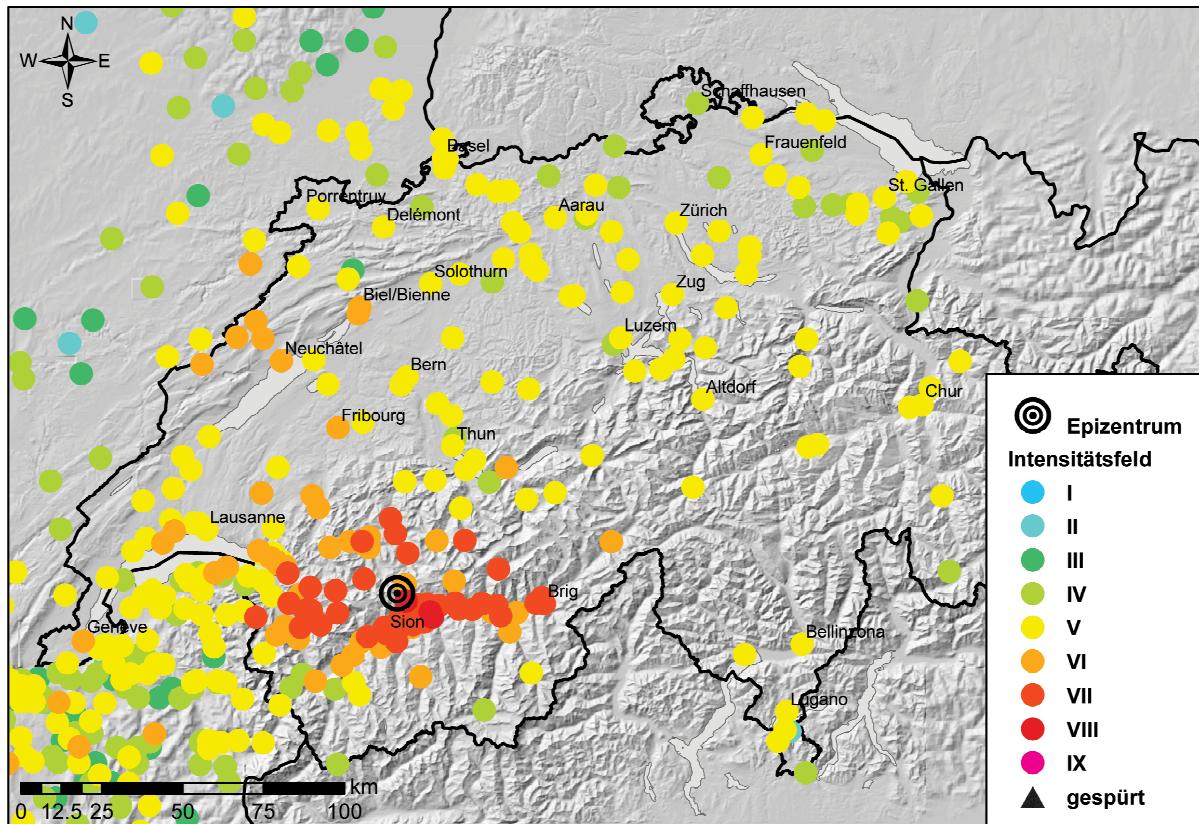


Fig. 11a: Macroseismic field of the January 25, 1946 event (main shock of January 25, 1946).

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

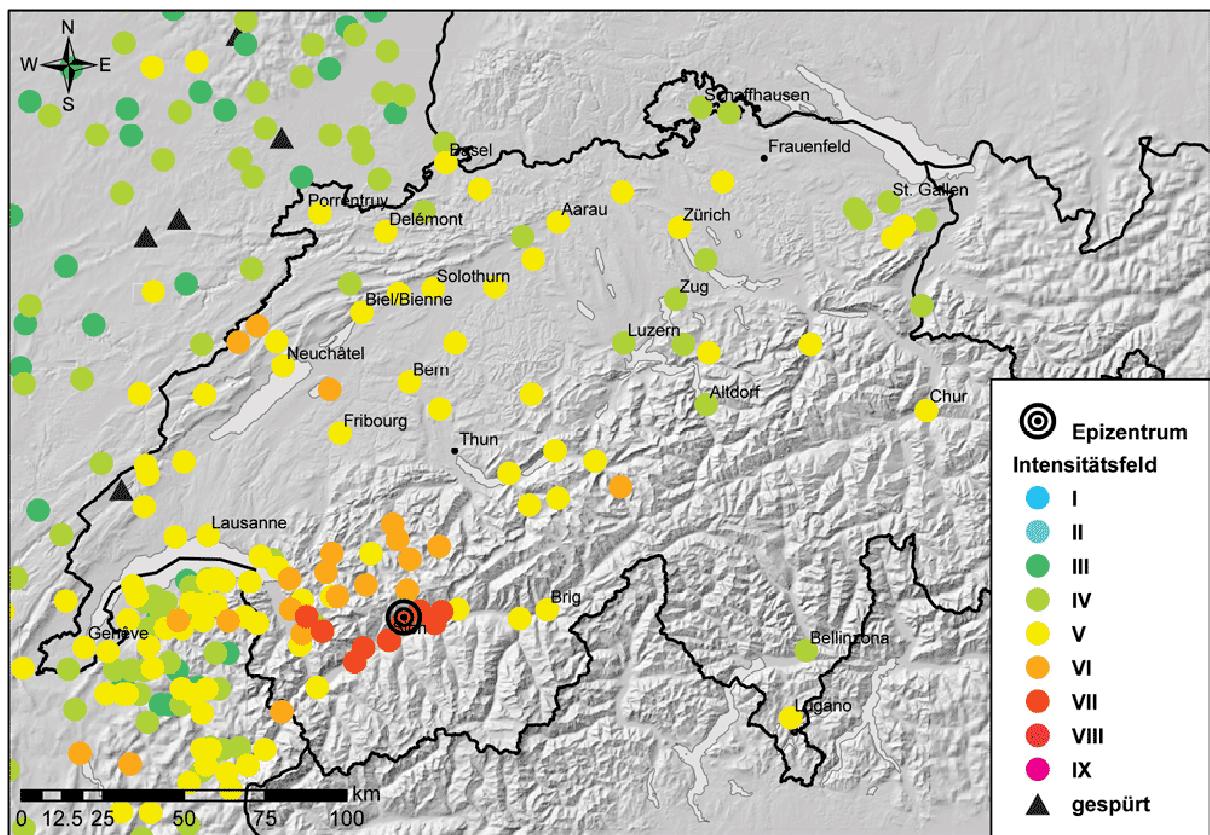


Fig. 11b: Macroseismic field of the May 5, 1946 aftershock.

2.4.1 Overview

The January 25, 1946 earthquake in the Central Valais region in the southwest of Switzerland was the strongest in Switzerland since the 1855 Visp event. It reached an epicentral intensity $I_0=VIII$ in the Sion-Sierre Region (Fig. 11a). The earthquake caused moderate to high damage within a circle of about 25-kilometer radius. Slight damage occurred up to a distance of 200 kilometers from the epicenter. Although several thousand people were exposed to intensity VIII, severe injury to persons was rare. Three persons died of shock, a forth was crushed by weight of car.

A strong aftershock on May 30, 1946 ($I=VII$) triggered a large rockslide of several million cubic meters at the Rawylhorn (Figs. 11b and 14). Similar to the 1855 event, this earthquake was investigated with respect to the question, whether site effects had an impact on the damage distribution (Fritsche 2008). Although the earthquake occurred only six decades ago, the available data regarding primary effects is not as good as for the 1855 event. Unfortunately a contemporary damage assessment, done on behalf of the Canton Valais has survived in fragments only. Thus, quantitative investigations were merely practicable on the district level. However, secondary effects are rather well documented. Newspaper articles in particular provide a good overview regarding this topic.

2.4.2 Primary Effects

The loss of building infrastructure amounted to CHF 5.3 million in 1946. This is equivalent to about CHF 25 million today, including however only the major damage of buildings. Approximately 3'500 of 22'000 buildings in Canton Valais sustained damage. In general the results show that damage in Valaisan districts with high percentage of settlement area on the lacustrine and fluviatile deposits of the Rhone valley show higher losses than other districts (Fritsche and Fäh 2010). For the cities of Sierre and Sion, two case studies led to more detailed results. Sion is located on compacted sediments with relatively high shear-wave velocities (Roten 2007). The city suffered only moderate damage, rather regularly distributed (Fig. 12). In Sierre, on the other hand, two zones of significantly increased damage were identified, in which site-effects appear to be a very probable contributor to the observed damage. Local two- or three-dimensional resonance phenomena probably play an important role in the explanation of this feature (Fig.13).

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

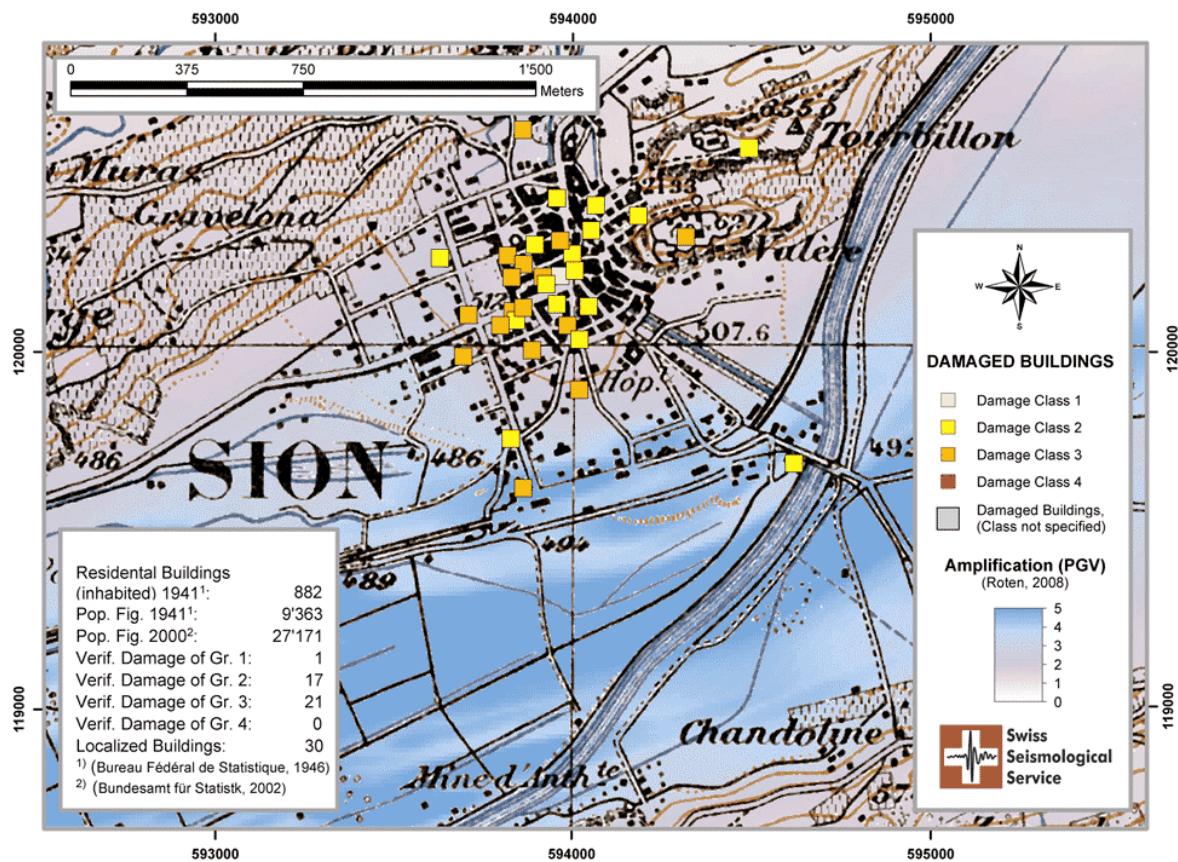


Fig. 12: Localized damage for Sion and expected amplification in the Rhone plain from numerical simulations.

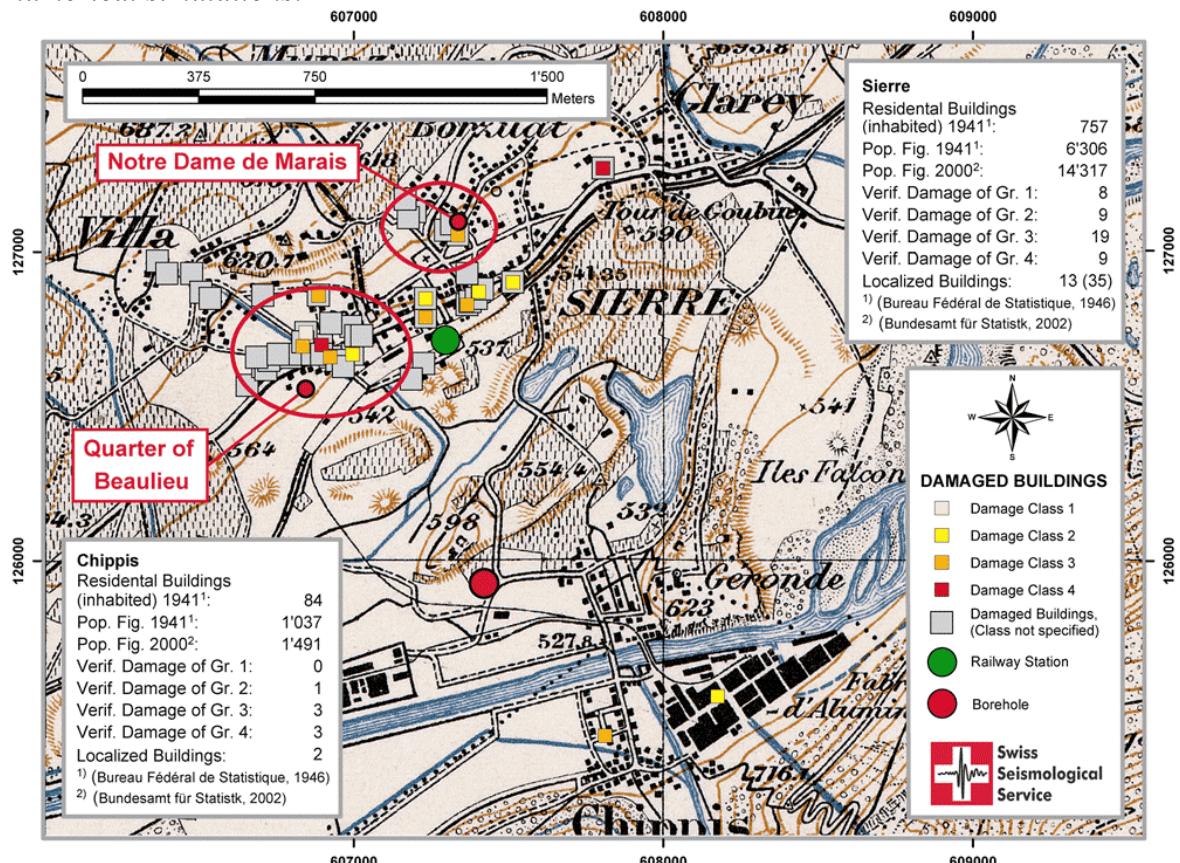


Fig. 13: Localized damage for Sierre.

2.4.3 Secondary Effects

A large number of secondary effects are documented in contemporary publications (most notably newspaper and journal articles). In total we could locate and map about 90 events, among them several dozen landslides (Fig. 14 and Tab. 6). Less frequent are reports about effects on springs, cracks in the ground, terrain changes and avalanches. Even a few visual phenomena have been observed. It is evident in this context that 25 observations have been done in the course of the aftershock of May 30, 1946. Temperatures may have played an important role in this fact since they vary a lot in alpine regions from January until end of May. Outstanding is the voluminous rock-fall at the Rawylhorn that was triggered by this strongest aftershock. This mass movement of 4-5 million cubic meters (Wanner and Grütter 1950) overwhelmed a small lake and a mountain pasture. Another large rock fall was triggered by the main event of January 25, 1946. Although smaller in volume when compared with the event of May 30, it destroyed a couple of mountain huts, pastures, and parts of a forest.

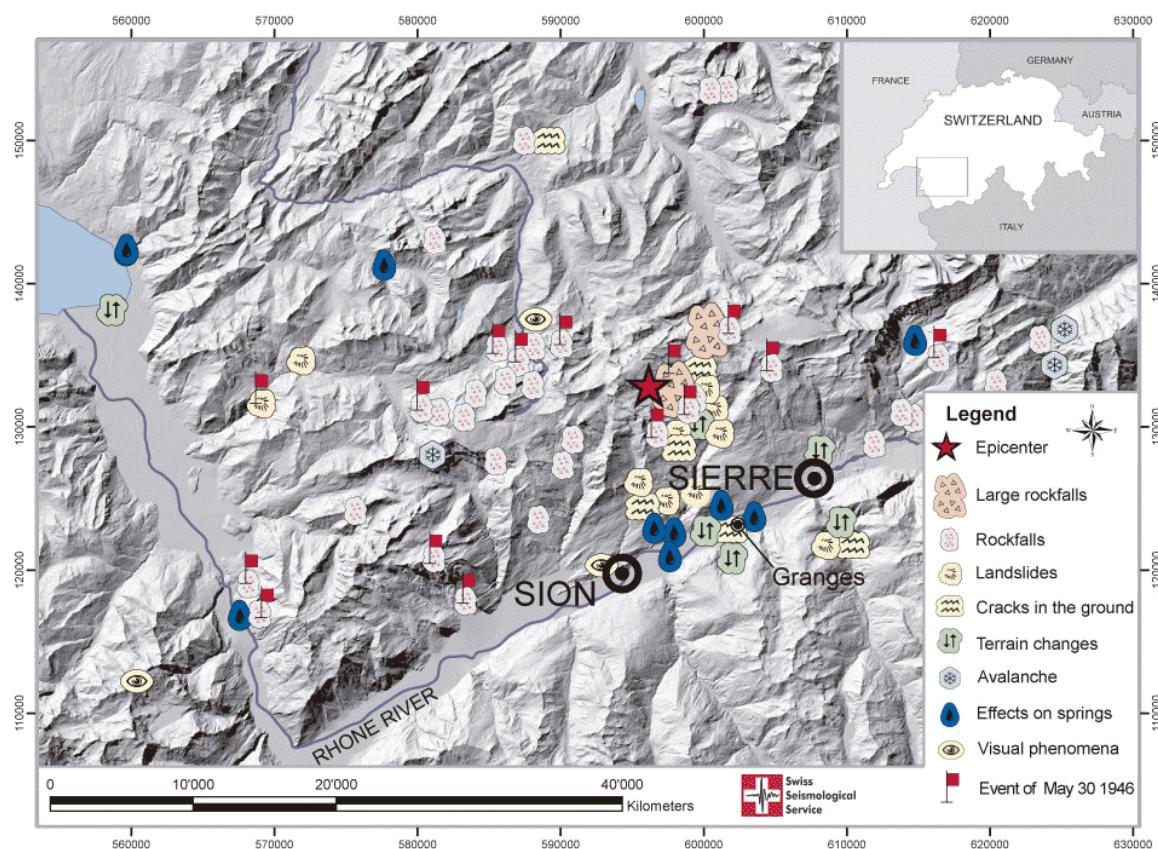


Fig. 14: Seismo-geological effects observed in the Valais and the neighboring Cantons. The figure includes effect occurred during the main shock as well as consequence of the aftershock of May 30, 1946.

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

Secondary effects	Number of effects		
	January 25	May 30	Total
Large rockfall	1	1	2
Rockfall	20	21	41
Landslip	11	3	14
Cracks in the ground	6	0	6
Terrain changes	6		6
Avalanches	4	0	4
Effects on springs	11	0	11
Visual phenomena	4	0	4
Total	63	25	88

Tab. 6: List of observed secondary effect triggered by the two strongest shocks in the 1946 earthquake series.

2.4.4 Historical quotations regarding secondary effects

Region	CH-X	CH-Y	Typ	Beschreibung (paraphrasiert)	Referenz	Event vom:
Rawilpass	600300	136900	Bergsturz	Fruchtbare Erde wegradiert, dafür türmen sich riesige Blöcke auf. Alles ist bedeckt. Sennhütten und Ställe wie vom Erdboden verschwunden oder nur noch Trümmer zu sehen. Ganze Waldstücke in die Schlucht der Lienne heruntergestürzt, Stauung.	WB 26.4	25.01.1946
Schönried	588400	150200	Blocksturz/ Steinschlag	Auf der Piste bildeten sich zentimeterbreite Risse im Schnee, die im Zickzack Nord-Süd verlaufen. Riesige Felsblöcke lösten sich in den umliegenden Bergen.	LUTb 29.1.	25.01.1946
Gummifluh	581250	143150	Blocksturz/ Steinschlag	Riesige Felsstücke löste das Beben und unter grausamen Tösen donnerten die Kolosse zu Tale.	LUTb 29.1.	25.01.1946
Oldenhorn/ Becca d'Audon	583300	130850	Blocksturz/ Steinschlag	Riesige Felsstücke löste das Beben und unter grausamen Tösen donnerten die Kolosse zu Tale.	LUTb 29.1.	25.01.1946
L'Argentine	575700	124300	Blocksturz/ Steinschlag	Links vom Lion d'Argentine gegen Perris Blancs Steinschlag und Blocksturz ausgelöst.	FAL 28.1.	25.01.1946
Strasse nach Leukerbad bei km 5	614700	130800	Blocksturz/ Steinschlag	Strasse durch grosse Felsblöcke, Bäume usw. verschüttet.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Strasse nach Leukerbad	613900	131200	Blocksturz/ Steinschlag	Strasse durch grosse Felsblöcke, Bäume usw. verschüttet.	VBS ¹ 1946	25.01.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

Rumeling						
Ayent	597500	125000	Erdrutsch	Zahlreiche kleinere Risse im Boden der Region Ayent. Erdrutsch riss 6 Hütten mit und beschädigte weitere stark.	WB 19.2. NZZ Nr.149 ObT 28.1. I.M. BM 63	25.01.1946
NE von Botyre	598300	125600	Erdrutsch	Erdrutsch ausgelöst.	SdCP 7.6.	25.01.1946
Liène, oberhalb Mündung Ertentense	600900	131400	Erdrutsch	Das mit Nadelhölzer bewaldete Terrain rutschte auf einer Breite von 500 m und Höhe von 200 m und einer Mächtigkeit von circa 5 bis 10 m und verschüttete das Bachbett der Lienne, ohne dass sich jedoch deren Wasser staute.	SdCP 7.6. I.M BM 63	25.01.1946
Lötschental- strasse zwischen Gampel und Mittal.	624000	131700	Erdrutsch	Strasse durch einen grossen Erdrutsch verschüttet. Mehr als Fr. 1000.- Schaden.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Pra Combère/ Praz Combeira	599800	130300	Erdrutsch	Gewaltige Erdmassen sind hier von der Höhe (1850 m.ü.M.) im Walde 500 m wie eine Lawine zu Tale gestürzt und haben kurz vor dem Dörfchen Halt gemacht. Tannen ragen kreuz und quer aus dem Schutt, Grasschollen sind schuppenartig aufeinandergeschoben.	WN 14.5. SdCP 7.6.	25.01.1946
Ravouené / Ravionet	598300	129700	Erdrutsch	Mehrere Erdrutsche ausgelöst. Die Erd- und Gesteinsmasse hat am linken oberen Ende des Talkessels gelöst und ist heruntergerutscht bis zum Torrent de Croix (Bach) und hat fünf Chalets mitgerissen.	SdCP 7.6.	25.01.1946
Strasse Siders- Vissoie- Ayer	610500	121900	Erdrutsch	Mehrere Erdrutsche und erhebliche Risse durch das Erdbeben verursacht.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Vatseret/ Vatzeret	600300	132800	Erdrutsch	Mehrere kleinere, weniger wichtigere Erdrutsche produziert.	I.M. BM 63	25.01.1946
Montana	601300	129700	Erdrutsch	Erdrutsch vernichtet 10 ha Wald auf der linken Seite der Lienne	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Ayent	595600	126300	Erdrutsch	Erdrutsch vernichtet 4 ha Wald auf der rechten Seite der Lienne	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Lötschental- strasse oberhalb Goppenstein	624300	135600	Felssturz	Bedeutender Felssturz ausgelöst.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Lötschental- strasse oberhalb Goppenstein	625300	137000	Lawine	Lawine ausgelöst. Strasse auf einer Länge von 80 m verschüttet die Schneemassen erreichten eine Höhe von 12 m.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Lötschental- strasse bei	624600	134500	Lawine	Lawine ausgelöst. Riss Rotloiwibrücke weg.	VBS ¹ 1946	25.01.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

Rotloiw						
Les Diablerets Massiv	581100	128200	Lawine	Zahlreiche Lawinen ausgelöst.	NZB 28.1 BT 27.1 Bund 27.1. NZZ Nr.142 LB 26.1. BüT 26.1.	25.01.1946
Simplon-linie	661200	116700	Mehrere Lawinen	Zwischen Brig und Domodossola wurde die Eisenbahnlinie an mehreren Stellen durch vom Erdbeben ausgelösten Lawinen verschüttet.	BSN 28.1.A	25.01.1946
Spitzhorn, oberhalb Sanetschfall	588300	135500	Optische Phänomen e	Breites Feuer strahlte auf, das aber bald darauf wieder erlosch.	WB 5.2.	25.01.1946
Dents du Midi	560400	112400	Optische Phänomen e	Die Bewohner der Region Montreux sahen ein immenses Licht hinter dem Dents du Midi	ExN 26.1.	25.01.1946
Sion / Sitten	592900	120500	Optische Phänomen e	Der Himmel färbte sich mit einem gräulichen, schmutzigen Farbton. Grüne Blitze verstreiften den Himmel.	GaL 26.1. TL 26.1.	25.01.1946
Annecy	498500	84500	Optische Phänomen e	Kurz nach dem Beben erleuchteten weissliche Schimmer den Himmel.	NZB 28.1. Bund 27.1. NZZ Nr.142 LB 26.1. WN 29.1. LibFR 26.1.	25.01.1946
Crin (bei Montreux)	559650	142500	Quellen-Phänomen	Lange noch nach dem ersten Beben war das Wasser aus einem Wasserhahn trübe und leicht schmutzig.	JMon 26.1.	25.01.1946
L'Etivaz	577700	141500	Quellen-Phänomen	Wasser nahm sogleich weissliche Färbung an, weisser Niederschlag in den Behältern (Kalksulfate).	BT 6.2.	25.01.1946
Lavey	567600	117000	Quellen-Phänomen	Leistung nahm bis Anfang Februar von 70 bis 75 l/min auf 150 bis 200 l/min zu. Die Wassertemperatur blieb zwischen 45 und 50°C.	I.M. BM 63	25.01.1946
Montreux	559700	142600	Quellen-Phänomen	Das Wasser von vielen Brunnen war schmutzig noch lange nach dem ersten Stoss.	JMon 26.1.	25.01.1946
Granges	602500	123900	Quellen-Phänomen	Abnormaler Anstieg der Temperatur der Quellen.	TL 26.1.	25.01.1946
Leukerbad	614850	136230	Quellen-Phänomen	Erdbeben vertrübte das Thermalwasser. Seither hat es sich nach und nach wieder aufgeklärt. Der Ertrag hat zugenommen und drei neue Quellen sind entstanden.	FAL 14.2.	25.01.1946
Liène/ Lienne	598000	122800	Quellen-Phänomen	Wasserführung verdoppelt.	Bund 2.2. NZZ Nr.149 I.M. BM 63	25.01.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

St-Léonhard	597700	122200	Quellen-Phänomen	1. Mehrere neue Quellen entstanden, westlich des Dorfes und im oberen Teil einer Schlucht in den Reben. Eine ist sehr eisenhaltig und tritt einige Meter neben einer alten Quelle hervor. Dieses Quellen entstanden wo es bereits Quellen gab oder in deren Nähe.	Bund 2.2. FAV 28.1. FRB 26.1. JFAVS 28.1.	25.01.1946
St-Léonhard	597800	123100	Quellen-Phänomen	2. Mehrere neue Quellen entstanden, westlich des Dorfes und im oberen Teil einer Schlucht in den Reben. Eine ist sehr eisenhaltig und tritt einige Meter neben einer alten Quelle hervor. Dieses Quellen entstanden wo es bereits Quellen gab oder in deren Nähe.	Bund 2.2. FAV 28.1. FRB 26.1. JFAVS 28.1.	25.01.1946
Gegend von St.Léonhard	601600	123900	Quellen-Phänomen	Kleines Wässerlein wurde zum Wildbach, schnitt die Strasse von Lens ab und riss elektrische Leitungsmasten um. Das Anschwellen ist wahrscheinlich auf Veränderungen in den unterirdischen Wasserläufen (durch das Erdbeben) zurückzuführen.	VZ 1.2. ObT 28.1. I.M. BM 63	25.01.1946
Schönried	588400	150200	Risse	Auf der Piste bildeten sich zentimeterbreite Risse im Schnee, die im Zickzack Nord-Süd verlaufen. Riesige Felsblöcke lösten sich in den umliegenden Bergen.	LUTb 29.1.	25.01.1946
Ayent	597700	125200	Risse	Zahlreiche kleinere Risse im Boden der Region Ayent. Erdrutsch riss 6 Hütten mit und beschädigte weitere stark.	WB 19.2. NZZ Nr.149 ObT 28.1. I.M. BM 63	25.01.1946
Granges	601950	123000	Risse	Risse im oberflächlich gefrorenen Talboden sichtbar.	Bund 7.2. NZZ Nr.149 WN 29.1. Conf 28.1. JFAVS 28.1 JFAS 28.1.	25.01.1946
Ravouené / Ravionet	598300	129700	Risse	Ein bisschen weiter östlich hat sich ein Spalt mit einer Tiefe von 2.5 bis 3 m gebildet. Die Gleitmasse übersäht mit Rissen ist Mangels Plastizität stehen geblieben.	SdCP 7.6.	25.01.1946
Strasse Siders-Vissoie-Ayer*	610500	121900	Risse	Mehrere Erdrutsche und erhebliche Risse durch das Erdbeben verursacht.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Zw. Alp Sérin und Alp Rawil	599000	133500	Risse	Zahlreiche kleinere Risse im Boden.	I.M. BM 63	25.01.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

Vallée des Ormonts*	572000	134800	Rutschung	Bergrutsch ausgelöst.	F.M. 47	25.01.1946
Villeneuve	560500	138700	Sackung	Seequai/-ufer auf einer Länge von 100m eingestürzt.	NZB 28.1. BT 27.1. Bund 28.1. NZZ Nr.149 ObT 28.1. Jmon 26.1. MesA 29.1.	25.01.1946
Grône	601500	122150	Sackung	In der Kohlenmine entstanden Risse und Spalten, wenige Tage darauf stürzte dieselbe ein.	JFAVS 28.1. AV 31.1. TL 29.1.	25.01.1946
Spitzhorn; Sgaggen Gebiet unmittelbar unter Hohmahd bei Gsteig	588200	135800	Stein-Lawine	Steinlawine: Felsmatte von mehreren Tausend Kubikmetern losgelöst. Fegte alle Lärchen und Tannen weg. Kam im geschlossenen Burgwald am Fusse des Felsenhangs zu stehen.	WB 5.2. AS 31.1. VZ 30.1, 4.2. LUTb 29.1.	25.01.1946
Raspelli-bach Salgesch	608200	128500	Steinpyramide	Bei der alten Mühle stürzte eine Pyramide um und verschüttete ca 900m ² Rebberg. Sein Zwillingsbruder weist einen grossen Riss von oben bis unten auf.	WB 29.1.	25.01.1946
Oberwil	589200	168200	Steinschlag	Von den Bergen rollten Steine in Mengen herunter, auch Holz wurde niedergerissen.	VZ 28.1.	25.01.1946
Mensfluh	0	0	Steinschlag	Felsstücke aus den Flühen herausgebrochen ohne jedoch Schaden anzurichten.	WB 5.2. AS 31.1. VZ 4.2.	25.01.1946
Mittaghorn	587100	134700	Steinschlag	Felsstücke aus den Flühen herausgebrochen ohne jedoch Schaden anzurichten.	WB 5.2. AS 31.1. VZ 4.2.	25.01.1946
Nägelihorn	584100	132500	Steinschlag	Felsstücke aus den Flühen herausgebrochen ohne jedoch Schaden anzurichten.	WB 5.2. AS 31.1. VZ 4.2.	25.01.1946
Schluchhorn	586400	134100	Steinschlag	Felsstücke aus den Flühen herausgebrochen ohne jedoch Schaden anzurichten.	WB 5.2. AS 31.1. VZ 4.2.	25.01.1946
Strasse Siders-Vissoie-Ayer, unterhalb der Wirtschaft des "Pontis"	609700	123500	Steinschlag	Bedeutende Schäden verursacht. Strasse durch Felsstürze überschüttet. Böschungen auf einer Länge von etwa 300 m eingesackt.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Turtmann	620500	133200	Steinschlag	Von den Bergen der Nordseite lösten sich viele Felsstücke, die mit gewaltigem Lärm in die Tiefe sausten.	TGZ 28.1.	25.01.1946
Zw. Salgesch	612000	129000	Steinschlag	Steinsturz versperrt Bahnlinie.	NZB 28.1. NZZ Nr.142	25.01.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

und Leuk/ Susten					LB 26.1 ObT 26.1.	
Sex Rouge in 2900 m.ü.M.	581500	131200	Steinschlag	Felsmasse von mehreren hundert Kubikmetern ging zu Tale an der Nordflanke oberhalb vom Col de Pillon.	NZB 28.1.; BT 27.1.; Bund 27.1.; NZZ Nr.142; LB 26.1.; BüT 26.1.	25.01.1946
Region Sion-Sierre- Montana	605000	128000	Steinschlag	Zahlreiche Steinschläge zerstören Wald	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Rhône bei Granges	600800	122900	Terrainver änderung	Kanalbett gehoben, Geschiebe auf beiden Uferseiten abgelagert.	SGE 27.1.	25.01.1946
Pra Combère/ Praz Combeira	599720	130370	Terrainver änderung	Ein wenig oberhalb der Chalets entstand ein Riss im Rasen, welcher schief den Abhang schneidet; die Bodensenkung beträgt circa ein Meter. Unterhalb des Weilers sieht man kleine Risse im Rasen und an einen Ort eine Wölbung mit Rissen.		25.01.1946
Strasse Siders- Vissoie- Ayer, unterhalb der Wirtschaft des "Pontis"	609700	123500	Terrainver änderung	Bedeutende Schäden verursacht. Strasse durch Felsstürze überschüttet. Böschungen auf einer Länge von etwa 300 m eingesackt.	VBS ¹ 1946	25.01.1946
Arth	681300	215000	Wellen	Obwohl kein Wind herrschte, gab es Wellen auf dem Zugersee.	SZZ 28.1.	25.01.1946
Auf dem See, Vierwald- stättersee, Alpnacher- see	667000	204000	Wellen	Eindruck als ob Schiff von unten einen heftigen schlag erhielt, um dann senkrecht in die Tiefe zu fahren. Nacheinander noch weniger starke Stöße verspürt. Das Wasser hat sich dabei ziemlich stark bewegt.	UW 30.1.	25.01.1946
Wallis / Valais	0	0		Veränderung im Ertrag der Quellen und Bäche.	Bund 7.2. Conf. 28.1.	25.01.1946
Gsteig	586500	135100	Steinschlag	Herunterstürzen von Felsgeröllen an einigen exponierten Stellen.	ObT 1.6. VZ 2.6. BLZ 1.6.	30.05.1946
Männlichen kette	638100	163400	Steinschlag	Etliche lose Steine herabgekollert.	OBV 3.6.	30.05.1946
Mittaghorn bei Gsteig	587100	134700	Steinschlag	Zahlreiche Steine und Felsblöcke lösten sich und stürzten mit grossem Gepolter in die Tiefe.	VZ 2.6. BLZ 1.6.	30.05.1946
Roten Fluh, Färmel, Rothorn*	601700	153800	Steinschlag	Grosser Stein löste sich, stürzte zu Tale und beschädigte ein Haus im Fermatal schwer.	VZ 2.6.	30.05.1946
Spillgerten Zwei-	600500	153700	Steinschlag	Grosse Steinschläge.	VZ 5.6.	30.05.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

simmen						
Spitzhorn bei Lauenen	590120	135980	Steinschlag	Auf der Lauener Seite stürzte durch die Couloirs viel Schutt in die Tiefe und eine Staubwolke deutete auf umfangreichen Steinschlag auf der Gegenseite.	VZ 2.6. BLZ 1.6.	30.05.1946
Exergillod	569200	131800	Erdrutsch	Bahngeleise Aigle-Sépey-Diablerets durch kleinen Erdrutsch verschüttet.	FAL 31.5.	30.05.1946
Lavey	568600	118500	Bergsturz	Weitere Gesteinsmassen die durch die Explosion gelockert wurden gerieten in Bewegung und stürzten nieder.	AV 1.6.	30.05.1946
Sex Rouge, Region Rochers de la Marchande	580300	131500	Steinschlag	Steine und Blöcke stürzten an der Nordseite herunter.	FAL 4.6.	30.05.1946
Oberwallis	0	0	Erdrutsch	Kleinere Rutschpartien.	BT 1.6. WB 31.5.	30.05.1946
Leuk	616500	135000	Steinschlag	Steinstürze	NVS 1.6. PVS 1.6.	30.05.1946
Montana	604800	134300	Steinschlag	Grössere Abstürze beobachtet.	WN 31.5. NVS 1.6. PVS 1.6.	30.05.1946
Ravonet (N. von Sitten)	598300	129700	Bergsturz	Zahlreiche Alphütten verschüttet.	Bund 31.5.	30.05.1946
Haut de Cry	581200	121000	Blocksturz/ Steinschlag	Grosse Felsblöcke fielen vom Haut de Cry herunter.	NZB 31.5. BT 1.6. Bund 31.5. NZZ Nr.956 LB 31.5. ObT 31.5. BüT 31.5. 1.6. NVS 1.6. PVS 1.6.	30.05.1946
Rawylhorn, Six des Eaux Froides	598000	132800	Erdrutsch	Grosser Erdrutsch von circa 4,5 Millionen m ³ etwas oberhalb vom Gendarme du Trot und Couloir du Trot ausgelöst. Ein Teil ging Richtung NE, Hauptchalet der Alp Rawil, ohne diese jedoch zu erreichen und kam ein bisschen oberhalb von Tseuzier zu stoppen. Der grössere Teil jedoch stürzte in die Senke des Lac Luchet, füllte diesen auf, rutschte weiter, der Geländeorientation folgend, Richtung Osten nach Alp Sérin und kam erst nach 2 km im Wald bei ca. 1750 m.ü.M. zu stoppen. Breite der Gleitmasse bis 2 km.	W & G 50 I.M. Nr. 63	30.05.1946

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

Dorbagnon	590700	128900	Bergsturz	Der Weiler Dorbargnon wurde mit Materialmassen von ausgelösten Steinschlägen verschüttet. Ein Chalet ist dabei eingestürzt.		30.05.1946
Roua	590600	128200	Bergsturz	Der Weiler Roua wurden mit Materialmassen von ausgelösten Steinschlägen verschüttet. Ein Chalet ist dabei eingestürzt.		30.05.1946
St. Maurice	568600	118200	Bergsturz	Weitere Gesteinsmasse die durch die Explosion gelockert wurden gerieten in Bewegung und stürzten nieder.	AV 1.6. NVS 1.6. PVS 1.6.	30.05.1946
Val d'Anniviers	616500	116000	Erdrutsch	Erdrutsche und Steinschläge. Schafe verschüttet.	NVS 1.6. PVS 1.6.	30.05.1946
Ayent	599450	132150	Steinschlag	Strasse Ayent-Rawyl durch Steinschlag verschüttet	VBS ¹ 1946	30.05.1946
Alp Serin (Ayent)	599000	131400	Blocksturz/ Steinschlag	Von grossen Steinblöcken verschüttet. Gewaltige Schuttmassen, Chalets niedergewalzt.	NZB 31.5. BT 1.6. Bund 31.5. NZZ Nr.958 LB 31.5. Conf 31.5. NVS 1.6.	30.05.1946
Diablerettes massiv	585500	127800	Steinschlag	Mehrere Steinlawinen	NZB 31.5. BT 1.6. LB 31.5. Büt 31.5.	30.05.1946
Neimia	583400	118000	Felssturz	Felsstürze vom Haut de Cry. Grosses Blöcke fielen auf den Weiler Nemia	BT 1.6. Conf 31.5.	30.05.1946
Hinteres Liène-Tal	588500	123700	Felssturz	Felsstürze	BT 1.6.	30.05.1946
Rawilpass	600300	136900	Felssturz	Felsstürze	BüT 1.6. SüS 5.6.	30.05.1946

References

- Colombe, E.(1855). Tremblement de Terre du Valais. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, Paris, vol. 39. 952-954.
- De la Rive, W. (1855). Une excursion en Valais. Bibliothèque universelle de Genève, vol. 30. 78–102.
- Fritsche, S., Fäh D., und D. Giardini (2005): Damage Fields and Site-Effects. Investigations on the 1855 Earthquake in Switzerland. Proceedings of the international conference of the 250th Anniversary of the 1755 Lisbon Earthquake, Lisbon, p. 340–346.
- Fritsche, S., Fäh, D., Gisler, M., Giardini, D. (2006). Reconstructing the Damage Field of the 1855 Earthquake in Switzerland: historical investigations on a well-documented event. *Geophys. J. Int.*, 166. 719-731.
- Fritsche, S. (2008). Large historical earthquakes in Switzerland: multidisciplinary studies on damage fields and site-effects. Ph.D. thesis, ETH Zurich Nr. 17710.
- Fritsche, S., Fäh, D. (2010) The 1946 Magnitude 6.1 Earthquake in the Valais: Site-Effects as Contributor to the Damage. *Swiss journal of geosciences*. DOI 10.1007/s00015-009-1340-2.
- Gisler, M., Fäh, D., Deichmann, N. (2004) The Valais earthquake of December 9, 1755. *Eclogae geol. Helv.* 97 p. 411–422
- Gisler, M., D. Fäh, V. Masciadri (2007): “Terra motus factus est”: Earthquakes in Switzerland before A.D. 1000. A Critical Approach. *Natural Hazards* 43, p. 63–79.
- Gisler, M., J. Kozák, J. Vanek (2008):The 1855 Visp (Switzerland) Earthquake: A Milestone in Macroseismic Methodology? In: J. Fréchet, M. Meghraoui, M. Stucchi (ed.): *Historical Seismology: Interdisciplinary Studies of Past and Recent Earthquakes*, Heidelberg (=Modern Approaches in Solid Earth Sciences 2), p.225–241.
- Gisler, M. (2008). Nicht nur in Lissabon bebte die Erde: Das Walliser Ereignis vom 9. Dezember 1755. In: *Nachbeben. Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz*. Edited by Gisler, M., Fäh, D. and D. Giardini. Zürich, Haupt.
- Gisler, M., D. Fäh, D. Giardini (ed.) (2008): *Nachbeben. Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz*, Bern: Haupt Verlag, 192 p. (compiles chapters by M. Gisler, G. Schwarz-Zanetti, S. Fritsche, D. Fäh, P. Kästli).
- Grünthal, G (ED.). (1998). European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Geodynamics et de Séismologie. Vol. 15. Conseil de L’Europe. Luxembourg.
- Heim, A. (1932) *Bertsturz und Menschenleben. Karten und Photos*, Zürich.
- Heusser, J.C. (1856). Das Erdbeben im Visper-Thal im Jahr 1855. An die zürcherische Jungend auf das Jahr 1856. *Neujahrsblätter der Naturforschenden Gesellschaft*, 58. Stück. Zürich.

COGEAR MODULE 1

Task 1a.2: Historical Earthquakes in Valais

Loizeau,J.-L. (1991). La sédimentationrécente dansle delta du Rhône, Léman: processus et évolution, Thèse, Univ. Genève, N. 2514.

Nöggerath, J. (1855). Die Erdbeben im Vispthale. Besonderer Abdruck für Freunde des Verfassers aus Nr. 282 bis 286 der Kölnischen Zeitung von 1855. Köln, Selbstverlag.

Roten, D. (2007). Site effects in the Rhone valley analysed by ambient noise, weak motion records and numerical simulations. Ph.D. thesis, ETH Zurich Nr. 17471.

Roten, D., Fäh, D., Olsen, K.B, Giardini D., 2008. A comparison of observed and simulated site response in the Rhone valley. *Geophysical J. Int.*, 173, 3, 958-978.

Schwarz-Zanetti, G. (2008). Erdbebenserie mit Flutwelle und Bergsturz vom 11. bis 14. März 1584 im Genferseegebiet. In: *Nachbeben. Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz*. Edited by Gisler, M., Fäh, D. and D. Giardini. Zürich, Haupt.

Schwarz-Zanetti, G. et al. (2010). Two earthquakes in the 16th century –Ardon 1524 and Aigle 1584. *Swiss Journal of Geosciences*, in preparation.

Volger, O.G.H. (1856). Untersuchungen über das letzt jährige Erdbeben in Central-Europa. Mittheilungen aus Justus Perthes' geographischer Anstalt über wichtige neue Erforschungen auf dem Gesamtgebiete der Geographie. Von Dr. A. Petermann. 2. Jahrgang, Heft 2. 12–100.