



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN
DEPARTMENT BAUTECHNICK UND NATURGEFAHREN
INSTITUT FÜR ALPINE NATURGEFAHREN (IAN)



MASTERSTUDIENGANG „ALPINE NATURGEFAHREN WILDBACH- UND LAWI-
NENVERBAUUNG“

Masterarbeit

Dokumentation und Analyse des Ereignisses vom 31. August 2014 am Gastererbach in Südtirol

Eingereicht von
Gasser Lea, BSc

Betreuer: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn Hübl Johannes

Wien, Juni 2015

Ich versichere,

dass ich die vorstehende Masterarbeit selbständig angefertigt und mich nicht anderer als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen bedient habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Ich versichere weiters,

dass ich diese Masterarbeit bisher weder in Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Datum

Unterschrift

Abstract

The main objective of this master thesis was the documentation and analysis of the event at the Gastererbach on 31st August 2014. The Gastererbach is a torrent which is located in South Tyrol (Italy). The chronological and territorial reconstruction of the event was the most important part of the work. A cold front coming from the North brought heavy rainfall to the catchment area of the Gastererbach. Due to this rainfall a debris flood occurred. The deposition area was located on the main road “Brennerstaatstraße SS 12” between the villages Blumau and Atzwang. The first documented deposition was located on hm ~0.59 at 18:55 CET. Shortly afterwards a second debris flow deposition occurred (19:30 CET), in which the chief of the fire fighters of Atzwang lost his life.

Radar pictures of the catchment area of the Gastererbach demonstrate that the rainfall started at 17:00 CET and ended at 19:00 CET. In these two hours about 50 mm of rain fell in the catchment area of the Gastererbach. Moreover, the estimated volume of solids in the deposition area was approximately 5,000 m³. The calculated peak flow (mixed runoff) of the event was between 55 m³/s and 66 m³/s (hm ~1.16).

The hypothesis, that the change in land use at the catchment area of the Gastererbach has an impact on the runoff regime, can neither be approved nor denied. The main risk factor in the catchment area is the constructed undercrossing of the “Brennerstaatsstraße”, where the Gastererbach flows into the river Eisack. The dimension of the undercrossing is too small for torrents in which debris flows can occur. The need for coordination between the various participating offices in the planning process for such a complex project is demonstrated by this example.

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Dokumentation und Analyse des Ereignisses vom 31. August 2014 am Gastererbach in Südtirol (Italien). Von zentraler Bedeutung war dabei die zeitliche und räumliche Rekonstruktion. Eine aus Norden kommende Kaltfront führte am Nachmittag des 31. August 2014 im Raum Ritten zu starken Niederschlägen. In dessen Folge kam es am Gastererbach zur Vermurung der Brennerstaatsstraße SS 12 zwischen den Ortschaften Blumau und Atzwang. Den Leitprozess im Schadraum bzw. Unterlauf des Gastererbaches bildete dabei ein murartiger Feststofftransport. Der erste nachgewiesene Murschub bei hm ~0,59 ereignete sich gegen 18:55 MEZ. Kurze Zeit später, um 19:30 MEZ, ging ein zweiter Murschub ab. Dabei kam es zu einem tragischen Unfall in dessen Verlauf der Kommandant der FF Atzwang von den mitgeführten Schlamm- und Geröllmassen in den Tod gerissen wurde. Der Beginn der Niederschläge konnte im Einzugsgebiet des Gastererbaches mithilfe von Radarbildern auf 17:00 MEZ und deren Ende auf 19:00 MEZ festgelegt werden. Innerhalb von zwei Stunden fielen im Einzugsgebiet des Gastererbaches rund 50 mm Niederschlag. Das geschätzte Feststoffvolumen im Ablagerungsbereich lag bei rund 5.000 m³. Der rückgerechnete Spitzenabfluss des murartigen Feststofftransport lag zwischen 55 m³/s und 66 m³/s (hm ~1,16).

Die zugrunde gelegte Hypothese, dass die Veränderung der Landnutzung zu einer Verschärfung des Abflussverhaltens am Gastererbach führte, konnte anhand der Untersuchungen am Gastererbach weder bestätigt noch widerlegt werden. Den größten Risikofaktor im Einzugsgebiet des Gastererbaches bildet die, für murfähige Wildbäche, viel zu klein dimensionierte Unterquerung der Brennerstaatsstraße im Mündungsbereich des Gastererbaches in den Eisack. Daraus wird ersichtlich, dass bei der Planung und Projektierung von solchen vulnerablen Systemen (SS 12/Brenner) eine bessere Zusammenarbeit zwischen den verantwortlichen Behörden anzustreben ist.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Zusammenfassung	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	1
1.2 Methodische Vorgehensweise	2
1.2.1 Ereignisdokumentation.....	2
1.2.2 Ereignisanalyse.....	3
2 Allgemeine Beschreibung des Einzugsgebietes	4
2.1 Morphologie	5
2.2 Geologie	8
2.3 Klima.....	10
2.4 Landnutzung	12
2.4.1 Waldbild	12
2.4.2 Veränderung der Landnutzung	14
2.5 Ereignischronik	18
2.6 Planungshistorie - Schutzbauwerke	19
3 Ereignisdokumentation	24
3.1 Allgemeine Wetterlage	25
3.2 Niederschlag.....	26
3.3 Abfluss.....	29
3.4 Prozess - Räumlicher Verlauf des Ereignisses.....	31
3.4.1 Dominante Prozesse und Ereignisphänomene.....	32
3.4.2 Intensität des Prozesses	40
3.5 Ablauf im Wirkungsbereich – Zeitlicher Verlauf des Ereignisses	41
3.6 Zusammenfassung der zeitlichen und räumlichen Ereignisrekonstruktion.....	48
3.7 Referenzprofile	50
3.8 Geschiebe - Kornverteilung.....	57

3.9	Wirkung der Schutzmaßnahmen.....	58
3.10	Schäden und Folgewirkungen.....	58
3.10.1	Kosten der Aufräumarbeiten und Instandsetzungsarbeiten	61
3.11	Zusammenstellung der Kennwerte.....	62
4	Ereignisanalyse	63
4.1	Niederschlags Abflussmodellierung mit BASIN 30	63
4.1.1	Modellentwicklung	63
4.1.2	Eingangsdaten und Ergebnisse.....	64
4.1.3	Bemessungsniederschlag	66
4.2	Ereignisniederschlag.....	69
4.2.1	Beschreibung der räumlich-zeitlichen Verteilung des Niederschlages	69
4.2.2	Berechnung der Niederschlagshöhe	70
4.2.3	Abschätzung der Jährlichkeit des Niederschlages.....	73
4.3	Berechnung der Ereignisabflüsse	74
4.3.1	Rückrechnung der aufgetretenen Spitzenabflüsse entlang der Referenzpr. ..	74
4.4	Geschiebehaushalt	79
4.4.1	Geschiebefrachtendiagramm	79
4.4.2	Abschätzung der Feststofffracht.....	80
5	Diskussion	83
6	Danksagung.....	87
7	Literaturverzeichnis.....	88
8	Abbildungsverzeichnis.....	91
9	Tabellenverzeichnis.....	94
10	Anhang.....	95
	Anhang A: ED30 Ereignisdokumentation.....	95
	Anhang B: Fotodokumentation	97
	Anhang C: Rückrechnung Geschiebetransportkapazität.....	108

Abkürzungsverzeichnis

EZG	Einzugsgebiet
MEZ	Mitteleuropäische Zeit
UTC	Koordinierte Weltzeit – Coordinated Universal Time
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit
NS	Niederschlag
FF	Freiwillige Feuerwehr
SS	Staatsstraße
LS	Landstraße
PVC	Polyvinylchlorid
HQ	Hochwasserabfluss
FFT	Fluvialer Feststofftransport
MFT	Murartiger Feststofftransport
m ü.M.	Meter über Meeresspiegel
u.a.	unter anderem
d.h.	das heißt

1 Einleitung

Naturgefahren, wie das Ereignis am Gastererbach, sind natürliche Prozesse, welche durch ihre Komplexität nur schwer nachvollziehbar sind. So ist es von großer Wichtigkeit jedes Ereignis genau zu dokumentieren und mit Hilfe der rückwärtsgerichteten Indikation zu analysieren. Die Grundlage für diese Masterarbeit bietet dabei der am Abend des 31. August 2014 erfolgte Murgang am Gastererbach. Eine aus Norden kommende Kaltfront führte am Nachmittag des genannten Tages im Raum Ritten zu starken Niederschlägen. In dessen Folge kam es auf der Brennerstaatsstraße (Verklauung der Unterquerung des Gastererbaches) zwischen Blumau und Atzwang zu einem Murgang in mehreren Schüben. Dabei kam es zu einem folgenschweren Unfall, bei welchem der Kommandant der FF Atzwang ums Leben kam (MAIR, 2014). Aus diesem Grund stellt die räumliche und zeitliche Rekonstruktion des Ereignisses den zentralen Punkt dieser Arbeit dar.

1.1 Zielsetzung

Ziel dieser Masterarbeit ist es, aus den Ereignissen der Vergangenheit zu lernen und durch eine genaue Dokumentation und deren Analyse mögliche Schwachstellen des Systems (Gastererbach) aufzudecken. Da die Konsequenz des Ereignisses mit einem Todesfall erheblich ist, stellt die zeitliche und räumliche Rekonstruktion des Ereignisses den zentralen Punkt dieser Arbeit dar. Zudem wird von der Hypothese ausgegangen, dass es durch die Veränderung der Landnutzung im Laufe der Zeit zu einer Verschärfung des hydrologischen Systemverhaltens gekommen ist. Dabei soll mit Hilfe der rückwärtsgerichteten Indikation der Einfluss der Landnutzung auf das Abflussverhalten, sowie die Planungshistorie und Projektgeschichte der Schutzsysteme, untersucht werden.

1.2 Methodische Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird kurz auf die Vorgehensweise der erfolgten Ereignisdokumentation sowie deren Analyse eingegangen.

1.2.1 Ereignisdokumentation

Die Grundlage für die Ereignisdokumentation des Ereignisses am 31. August 2014 am Gastererbach bildet die Ereignisdokumentation ED30 (**E**reignis**D**okumentation der Abteilung **30**) vom Amt für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord, der Abteilung 30 Wasserschutzbauten. Anhand des geringen Informationsgehaltes der ED30 Dokumentation erfolgten Ergänzungen auf Grundlage der Kontrollliste (V 2012-1/5W+) „Wasser“, welche vom Institut für Alpine Naturgefahren (IAN), der Universität für Bodenkultur, im Rahmen des DIS-ALP Projektes entwickelt wurde (HÜBL, 2014).

Die Erhebungen erfolgten durch mehrere Begehungen vor Ort (Beginn 01.09.2014) und Beobachtungen aus einer Befliegung am 09. September 2014. Für die Ereignisrekonstruktion sind, neben dem Bildmaterial, die wichtigsten Informationsquellen die Wetterradar-daten, die Daten der umliegenden Wetterstationen, die Einsatzberichte der Freiwilligen Feuerwehren (FF) von Ritten und die Aussagen von Augenzeugen und Experten. Als Zeitformat wird MEZ (UTC+1) verwendet.

Die Ereignischronik wird nach dem 3 W Erhebungsstandart aus dem Universitätskurs Ereignisdokumentation erstellt. 3 W Standard bedeutet, dass für den kleinsten gemeinsamen Nenner der Ereignisdokumentation zumindest die drei Fragen WANN, WO und WAS beantwortet gehören. Die Erstellung einer Ereignischronik ist von größter Wichtigkeit. Werden solche Daten nicht in den Planungsprozess (z.B. Gefahrenzonenplanung) mit eingebunden, reduziert dies bereits die Qualität dieses Prozesses (HÜBL, 2014).

Für die Beschreibung der allgemeinen Wetterlage im Einzugsgebiet des Gastererbaches werden aus den Tageswerten von Niederschlag und Temperatur der Wetterstation Völs am Schlern die jährlichen Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen berechnet (Zeitraum 01.01.1981 bis 31.12.2014) und interpretiert.

Für die Berechnung des Abflusses werden Referenzprofile an relevanten Stellen mit stabiler Sohle und Anschlagmarken erhoben. Die Abschätzung der Fließgeschwindigkeit erfolgt mit Hilfe eines Videos zum Zeitpunkt des Ereignisses. Die Prozessformen werden durch das, bei den Erhebungen aufgenommenen, Bildmaterial bestimmt und anhand von GPS und Orthofoto verortet.

1.2.2 Ereignisanalyse

Die Auswertung des Gebietsniederschlags konzentriert sich auf die Wetterradardaten des 26.4 Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen. Diese Daten decken als einzige das gesamte Einzugsgebiet ab. Die räumliche und zeitliche Rekonstruktion des Niederschlags erfolgt ebenfalls auf Grundlage der Wetterradardaten. Da lediglich diese Daten eine genaue zeitliche und räumliche Rekonstruktion des Niederschlages erlauben (der Beobachtungszeitpunkt der Wetterstationen erfolgt jeweils um 09:00 Uhr in einem Rhythmus von 24 Stunden).

Des Weiteren erfolgt eine Niederschlags- Abflussmodellierung anhand des von der Abteilung 30 Wasserschutzbauten in Auftrag gegebenen und von der Universität Padua entwickelten Niederschlags-Abflussmodell BASIN 30. Mit diesem wird der Bemessungsniederschlag und Bemessungsabfluss berechnet. Unter Verwendung dieser Daten erfolgt dann die Abschätzung der Jährlichkeit des Niederschlages für das Ereignis am 31. August 2014 am Gastererbach.

Die Bestimmung bzw. Rückrechnung des Ereignisabflusses erfolgt an ausgewählten Referenzprofilen, welche im Zuge der Ereignisdokumentation erhoben wurden. Bei der Ermittlung der Fließgeschwindigkeit für den Spitzenabfluss ist darauf zu achten, dass lediglich Fließformeln verwendet werden, die für das starke Gefälle des Gastererbaches zulässig sind.

Die Grundlage für die Betrachtung des Geschiebehaushalts bildet die Bachbegehung und die in deren Anschluss erstellte Fotodokumentation. Daraus wird zur besseren Visualisierung der aufgetretenen Prozesse in bestimmten Gerinneabschnitten ein Geschiebefracht-diagramm erstellt. Des Weiteren erfolgt die Abschätzung der Feststofffrachten anhand von geeigneten empirischen Schätzformeln, sowie der Geschiebetransportberechnung nach RICKENMANN (1990) und nach SMART & JÄGGI (1983).

2 Allgemeine Beschreibung des Einzugsgebietes

Das Ereignis am Gastererbach erfolgte im Gemeindegebiet von Ritten, in Südtirol, welches sich vom Bozner Talkessel (ca. 250 m ü.M.) über den Bergrücken bis zum Rittner Horn als höchste Erhebung (2.260 m ü.M.) der Gemeinde erstreckt (MESSNER, 2015).

Der Gastererbach mit dem Gewässerkodex B.85 liegt, wie in Abbildung 2.1 ersichtlich, nordöstlich der Landeshauptstadt Bozen und mündet auf Höhe der Brennerstaatsstraße (SS 12), bei Kilometer 448.6, in den Eisack (GEOBROWSER, 2015). Der Buchstabe „B“ in dessen Kodex (B.85) steht dabei für das Einzugsgebiet des Eisacks.

Der Gastererbach gehört zu den Südtiroler Demanialgewässern und fällt somit in den Zuständigkeitsbereich des Amtes für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord, der Abteilung Wasserschutzbauten, der Autonomen Provinz Bozen (CARMIGNOLA et al., 2010).

Demanialgewässer sind jene Gewässer, „in denen die öffentliche Verwaltung zum Zweck des Wasser- und Bodenschutzes Maßnahmen ergreifen kann und muss, wie dies im Art. 14, Absatz 3 des Landesgesetzes 35/75 verankert ist.“ (CARMIGNOLA et al., 2010, 30)

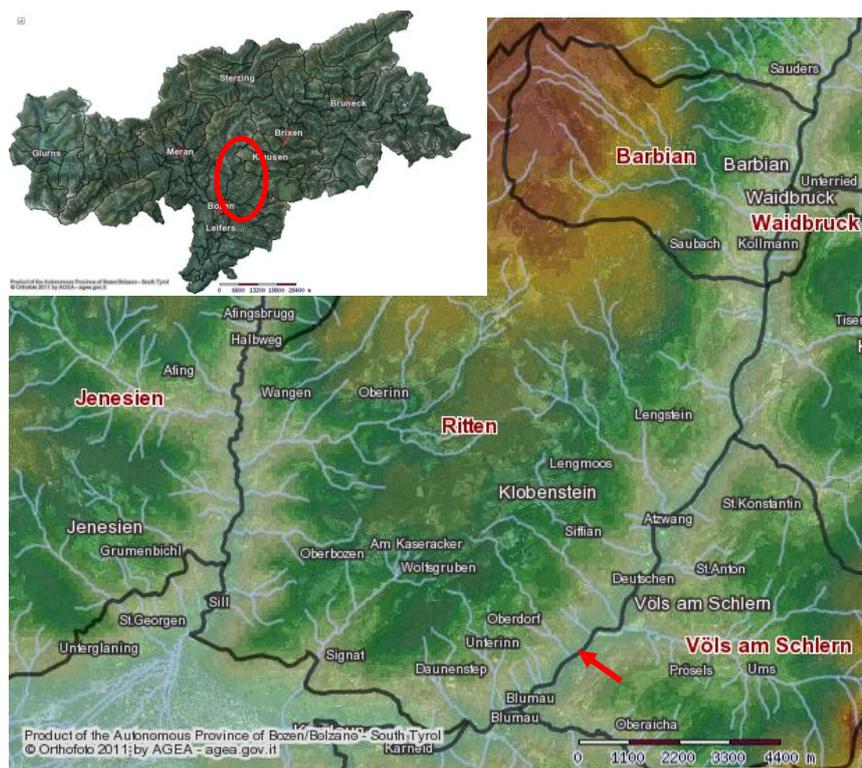


Abbildung 2.1: Orthofoto 2011 von Südtirol und Geländehöhenkarte der Gemeinde Ritten vom GeoBrowser der Autonomen Provinz Bozen (18.01.2015). Der rote Pfeil markiert den Standort des Ereignisses (Mündung Gastererbach in den Eisack).

2.1 Morphologie

Der von Nordwesten kommende und nach Südosten verlaufende Gastererbach hat ein Einzugsgebiet von rund 3 km² mit einem mittleren Geländegefälle von 44 % (aus DGM). Durch seine geringe Einzugsgebietsgröße spricht man von einem Wildbach (EZG kleiner 25 km²) (RICKENMANN, 2014).

Der Gastererbach entspringt auf einer Seehöhe von 1.270 m ü.M. und mündet nach einer Länge von 4.070 m auf der orographisch rechten Seite (330 m ü.M.) in den Eisack. Er weist somit einen Höhenunterschied von 940 m auf (GEOBROWSER, 2015).

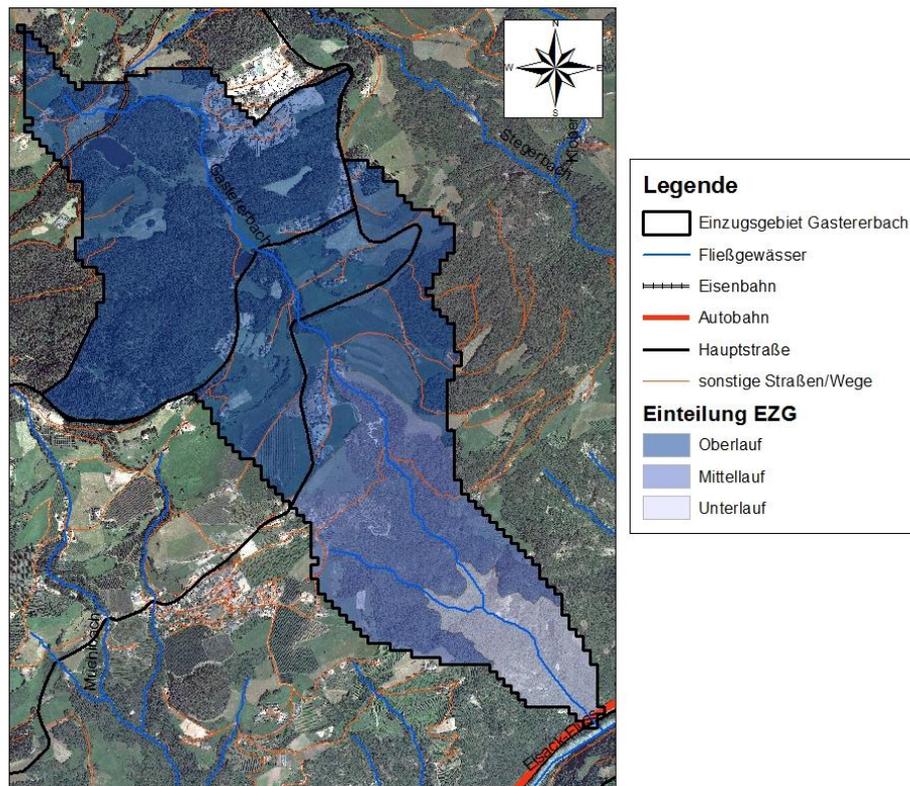


Abbildung 2.2: Einzugsgebiet des Gastererbaches mit den wichtigsten Verkehrswegen sowie der Einteilung des Einzugsgebietes in Ober-, Mittel- und Unterlauf, Orthofoto 2011.

Die Neigung der Gewässerachse, mit einem mittleren Gefälle von 23 %, nimmt talwärts zu, was auch eines der Kriterien für die Einteilung des EZG in Ober-, Mittel- und Unterlauf darstellte (siehe Abbildung 2.2). So weist der Gastererbach ein Gefälle von rund 15 % im Oberlauf, 28 % im Mittellauf und 35 % im Unterlauf auf. Die Kennzahlen der Teileinzugsgebiete sind in Tabelle 2.1 ersichtlich.

Tabelle 2.1: Kennzahlen der Teileinzugsgebiete des Gastererbaches.

	Oberlauf	Mittellauf	Unterlauf
Fließgewässerlänge (m)	2.002	1.054	1.014
Hektometer (hm)	20,68 - 40,70	10,14 - 20,68	0 - 10,14
Höhendifferenz (m)	300 (1270 - 970)	290 (970 - 680)	350 (680 - 330)
Neigung (%)	15	28	35
Fläche (km ²)	2,14	0,659	0,238

Die Schluchtstrecke des Mittel- und Unterlaufes mit einer Länge von 2.068 m, einem mittleren Gerinnegefälle von rund 31 % und einem Höhenunterschied von 640 m, beherbergt ebenso die Haupterosionsherde.

Der Gastererbach zählt nach der Einteilung der Wildbäche von STINY (1931) zu den sogenannten Altschuttbächen. Unter Altschutt versteht man Ablagerungen, welche älter als die heutige Bachtätigkeit sind und keinen Zuwachs der Masse erfahren. Dazu gehören fertig ausgebildete Schwemmkegel, bewachsener Gehängeschutt, Schuttkegel und Schutthalden, oder wie am Gastererbach eiszeitliche Ablagerungen (Moränen). Je mächtiger diese erodierbaren Ablagerungen sind, desto höher ist auch die Bereitschaft zur Ausbildung gefährlicher Geschiebeherde. In Wildbächen mit Altschuttherden ist nach STINY (1931) mit verschiedenen Anbruchsformen zu rechnen. Dies sind Uferanbrüche, Muschelanbrüche, Feilanbrüche, Keilanbrüche und Blattanbrüche (STINY, 1931). Im Einzugsgebiet des Gastererbaches ist die Anbruchsform überwiegend vom Blattanbruch geprägt. Die ONR 24800 definiert diesen wie folgt als „seichtgründige, flächenhafte Erosionsform im Lockergestein.“ (ONR 24800, 2009, 23)

Die Rutschungen, die davon ausgehen, sind überwiegend Translationsrutschungen. Rutschungen dieser Art finden meist entlang von präformierten Gleitflächen statt (ONR 24800, 2009). Im Gastererbach befindet sich diese Gleitfläche genau zwischen der „Bozner Quarzporphyrplatte“ und dem darauf abgelagerten Moränenmaterial.

Im direkten Einflussbereich des Gastererbaches sind auf dem Orthofoto von 2011 zwei Rutschungen dieser Art erkennbar, worauf im späteren Verlauf dieser Arbeit noch eingegangen wird. Beim Gastererbach, wie bei den meisten Wildbächen mit einer Neigung größer 5 – 10 %, ist der laterale Eintrag von Sedimenten hoch und das Speichervermögen im Bachbett eher gering (RICKENMANN, 2014).

Durch die enge Talmorphologie des Gastererbaches im Mittel- und Unterlauf mit seinen steilen Hängen (Gefälle der Hänge bis zu über 100 % (GEOBROWSER, 2015)) und Schluchtstrecken, ist dieser in seiner Bewegungsfreiheit stark eingeschränkt. Bei solchen Gerinnestrukturen spricht man daher auch von sogenanntem Zwangsgerinne (MONTGOMERY & BUFFINGTON, 1997). Zudem beeinflusst das starke Gefälle im Mittel- und Unterlauf die morphologische Struktur der Sohle. Die Sohlstruktur des Gastererbaches

weist große Ähnlichkeiten mit der Grafik von HAYWARD (1980, 143a) in Abbildung 2.3 auf.

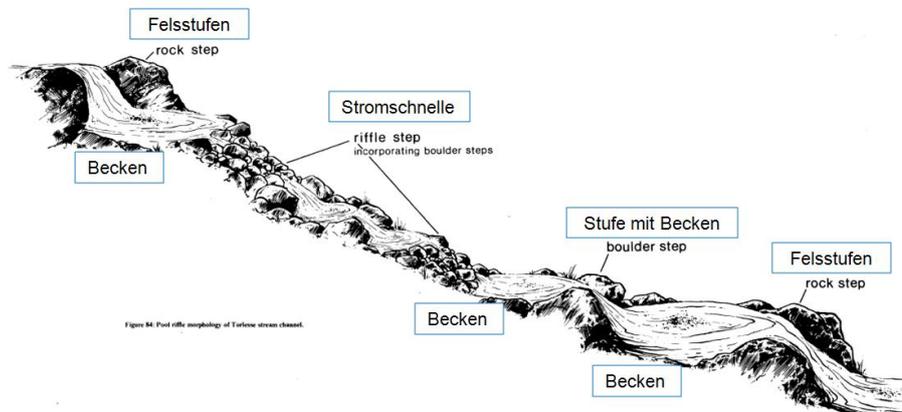


Abbildung 2.3: Sohlstruktur in steileren Wildbächen, mit deutscher Übersetzung von RICKENMANN (2014, 22) (verändert, HAYWARD 1980, 143a).

Die unregelmäßige Gerinnegeometrie im Mittel- und Unterlauf weist eine breite Kornverteilung auf (RICKENMANN, 2014). Die Sohlformen des Gastererbaches in diesem Bereich ist vor allem von Kaskaden und step-pool (Stufen - Becken) Strukturen geprägt. Der Gastererbach verläuft stellenweise auch entlang von anstehendem Fels mit kleineren Wasserfällen. RICKENMANN (2014) erwähnt in diesen Zusammenhang, dass step-pool Strukturen die Stabilität der Sohle bis zu einem 50 bis 100 jährlichen Abflussereignis erhöhen.

2.2 Geologie

Das Einzugsgebiet des Gastererbaches befindet sich aus geologischer Sicht im Bereich des Bozener Quarzporphyrs (siehe Abbildung 2.4). Dies ist eine am Festland geförderte, komplexe permische Vulkanitabfolge bestehend aus intermediären bis sauren Laven (überwiegend orange-rote bis gräulich-grün gefärbten Laven), vulkanischen Auswurfprodukten (Ingnimbriten, pyroklastischen Breccien, Tuffen, Tuffiten) und zwischengeschalteten vulkanoklastischen Sedimenten (GRUBER, 1998).

Pyroklastische Gesteine entstehen bei Vulkanausbrüchen durch die Ablagerung von unterschiedlich großen Lavateilen. Sie kommen in sehr verschiedenen Korngrößen vor und werden auch dementsprechend unterschieden. **Tuffe** (verfestigte pyroklastische Gesteine) bestehen zum Beispiel Großteils aus Aschekörnern. Die **Tuffite** sind hingegen mit klastischem Fremdmaterial vermischte pyroklastische Ablagerungen, welche mit Wasser oder Rutschungen umgelagert wurden. **Ignimbrite** oder Schweißtuffe gehören ebenfalls zu den Pyroklastika, welche durch ein explosives, schnell ausbreitendes Gemisch aus Gas und glasigen Lavateilchen gebildet werden (GRUBER, 1998).

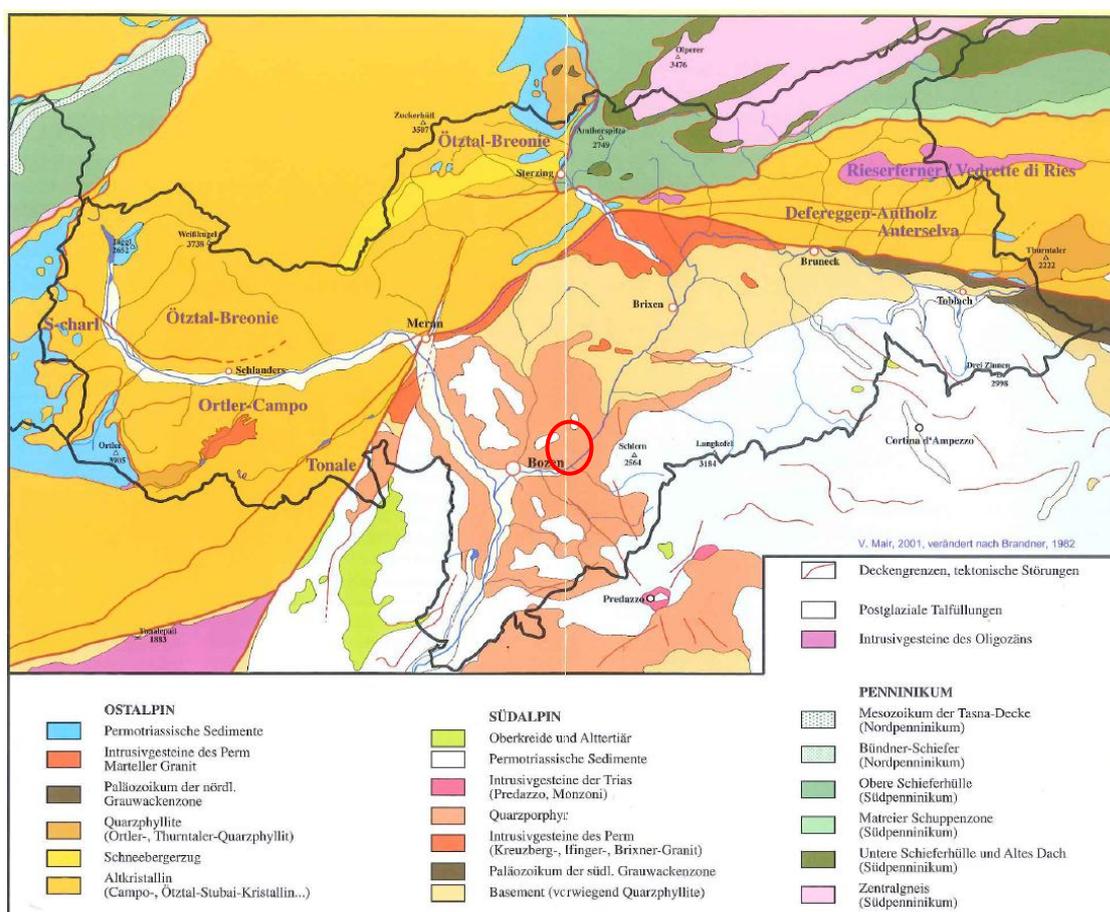


Abbildung 2.4: Geologische Karte von Südtirol. Der Rote Kreis markiert das Einzugsgebiet des Gastererbaches (verändert, STINGL & MAIR, 2005).

Der Quarzporphyr wird Großteils von den Aufarbeitungsprodukten der Vulkanite und Vulkanoklastika, den sogenannten Grödener Schichten überlagert (STINGL & MAIR, 2005). Wie bereits aus dem Namen erkennbar, ist der Quarzporphyr ein quarzreiches vulkanisches Gestein mit porphyrischem Gefüge. Damit ist gemeint, dass größere Einsprenglingskristalle (entstehen durch Auskristallisieren von Mineralen im Magma während dessen Aufstieg) wie Quarz, Feldspat und Glimmer, in einer glasigen bis mikrokristallinen Grundmasse (entsteht durch rasches Abkühlen der Gesteinsschmelze) eingebettet sind (GRUBER, 1998). Eine Besonderheit im Bozener Quarzporphyr sind die im Einzugsgebiet bzw. Gemeindegebiet Ritten vorkommende Subvulkane. Subvulkane sind kleine, nicht an die Oberfläche austretende keulen- bis pilzförmige Magmakörper. Diese weisen große Feldspateinsprenglinge auf (STINGL & MAIR, 2005).

Im Mittel- und Unterlauf des Gastererbaches kommt überwiegend ein gräulich grün gefärbter, rissiger Quarzporphyr vor. Selten ist auch (siehe Abbildung 2.5) der orange bis rote Quarzporphyr anzutreffen.



Abbildung 2.5: Bozner Quarzporphyr, aufgenommen im Unterlauf des Gastererbaches.

Die Bozener Quarzporphyrplatte mit einer Ausdehnung von rund 2.000 km² und einer Mächtigkeit von mehr als 2000 m bei Bozen, schwingt sich durch die Ost-West verlaufende Schlüsselstruktur der Dolomiten am Rittner Horn bis 2.260 m hoch. Als es zum Stillstand der vulkanischen Aktivitäten kam, lagerten sich mächtige Murschuttströme, fluviatile Konglomerate, See- und Flusssedimente, Sand- und Siltsteine ab. Damit konnte mit Hilfe von radiometrischen Altersbestimmungsmethoden und den Fossilien dieser Sedimente das Alter der Bozener Quarzporphyrplatte auf das Unterperm, also zwischen 275 – 255 Millionen Jahren, festgelegt werden (GRUBER, 1998).

Zudem ist noch zu erwähnen, dass, entgegen vieler Annahmen, die bekannten Erdpyramiden (Schuttsäulen mit Decksteinen) im Einzugsgebiet ein von Menschenhand initiiertes Naturphänomen sind, welche durch Erosion von Grundmoränenmaterial durch einen historischen Wegebau und Rodungstätigkeit entstanden sind (STINGL & MAIR, 2005).

2.3 Klima

Das Klima in Südtirol ist durch die morphologischen Gegebenheiten des Landes stark geprägt. Damit ist gemeint, dass sich die Klimabedingungen auf kurzer Distanz, durch die Südtiroler Berglandschaft und den damit verbundenen Höhenunterschied (von 200 m ü.M. bis ca. 4.000 m ü.M. am Ortler), schnell ändern kann. Die Bergketten Öztaler-, Stubai-, und Zillertaler Alpen an den nördlichen Landesgrenzen (Alpenhauptkamm), der Ortler-Cevedale Gruppe im Südwesten und die Dolomiten im Südosten schützen dabei das Land vor Wetterfronten bzw. erschweren deren Auftreten. Durch den Alpenhauptkamm kommt es zu Nordföhn (Tiefdruckgebiet aus Norden) und Südtaulagen (Tiefdruckgebiet aus Süden) (CARMIGNOLA et al., 2010).

Nach der Klimaklassifikation von W. Köppen ist das Klima in Südtirol unterhalb von 1.200-1.300 m ü.M. vom Klimatyp Cf – feuchtgemäßigtes Klima – geprägt (CARMIGNOLA et al., 2010). Das Einzugsgebiet des Gastererbaches befindet sich somit im Bereich des feuchtgemäßigten Klimas.

Für die Berechnung des Klimadiagramms aus Abbildung 2.6 wurden die Tageswerte von einem Messzeitraum von 33 Jahren (01.01.1981 – 31.12.2014) der Wetterstation Völs am Schlern (Nr. 7560) verwendet. Die Wetterstation befindet sich etwas nördlicher, auf der gegenüberliegenden Talseite, vom Mündungsbereich rund 3.335 m Luftlinie entfernt. Diese historischen Daten werden auf der Homepage des Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen zum freien Download angeboten.

Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt dabei bei 766 mm. Die Durchschnittstemperatur liegt bei 9,67 °C, mit einem durchschnittlichen Temperaturmaximum von 19,60 °C im Juli und einem durchschnittlichen Temperaturminimum mit -0,09 °C im Jänner (siehe Abbildung 2.6).

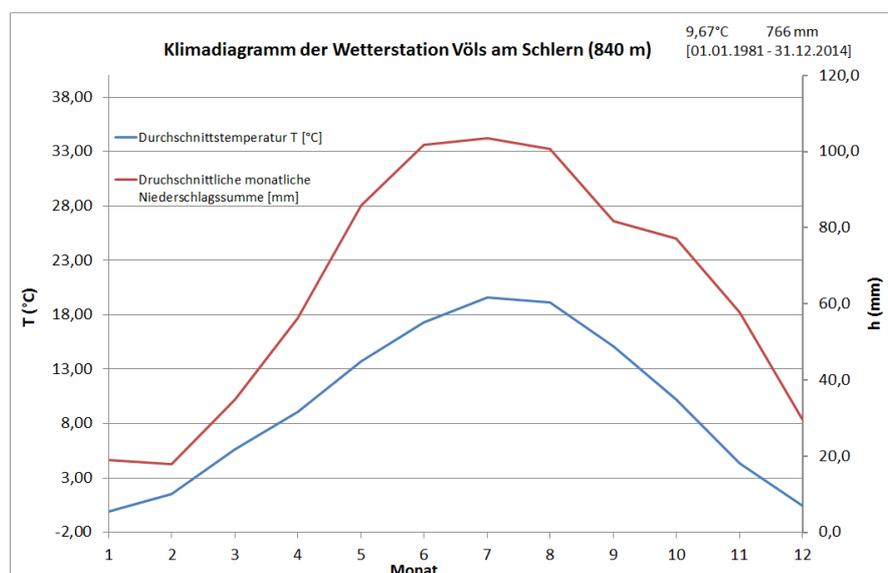


Abbildung 2.6: Klimadiagramm der Messstation in Völs am Schlern (840 m ü.M.).

Die jährliche Niederschlagsverteilung weist ein Niederschlagsmaximum in den Sommermonaten und ein Minimum in den Wintermonaten auf, was für ein inneralpines Klima charakteristisch ist (CARMIGNOLA et al., 2010). Die höchsten Niederschlagssummen werden (siehe Abbildung 2.6) in den Monaten Juni bis August (durchschnittlich über 100 mm) gemessen. Die Wirkung der Niederschlagsmengen in den Sommermonaten wird jedoch von den geologischen Gegebenheiten (Quarzporphyr hat ein geringes Speichervermögen) und der Niederschlagsform (kurze und starke Niederschläge) gedämpft (Abt. FW, 2010 b). Die jährlichen Niederschlagssummen liegen, wie in Abbildung 2.7 ersichtlich, zwischen 617 mm und 1.047 mm. Die jährliche Niederschlagssumme von 1.047 mm aus dem Jahr 2014 stellt jedoch die höchste Niederschlagssumme seit Aufzeichnung (1981) dar.

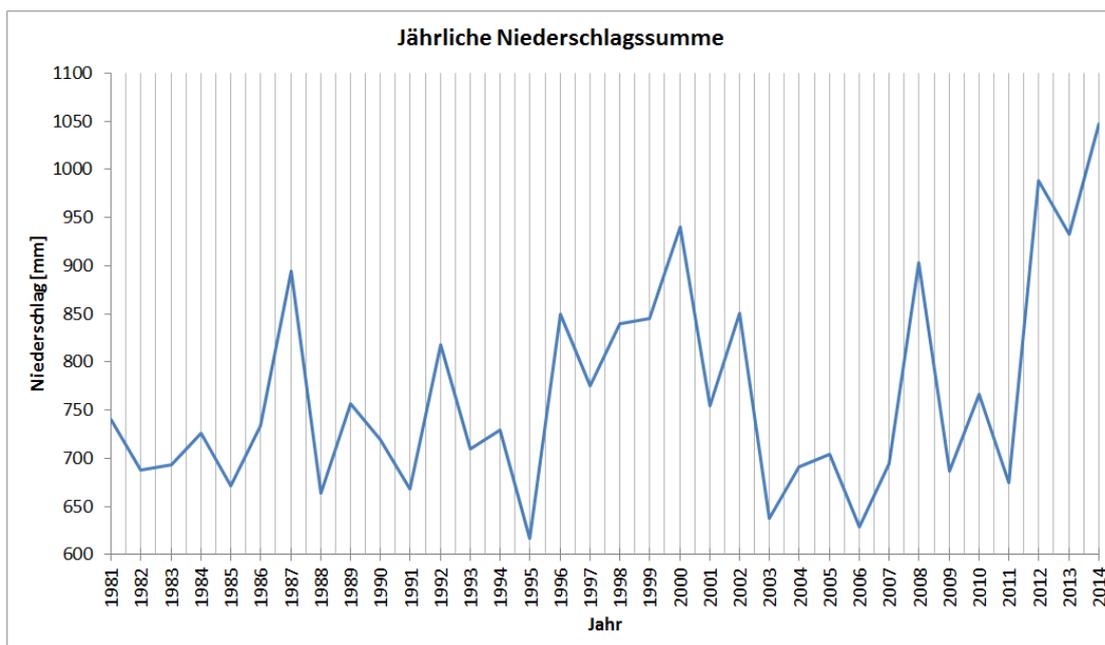


Abbildung 2.7: Jährliche Niederschlagssummen [mm] von 1981 bis 2014 der Messstation in Völs am Schlern (840 m ü.M.).

2.4 Landnutzung

Das Einzugsgebiet des Gastererbaches unterliegt verschiedenen Nutzungsansprüchen. Auf einer Gesamtfläche von rund 3 km² macht dabei die Waldfläche mit 58 % den größten Anteil aus, gefolgt von Wiesen (Großteil Futterwiesen) mit rund 28 % Flächenanteil. Die Flächenanteile der jeweiligen Nutzungsansprüche sind in Tabelle 2.2 aufgelistet und in Abbildung 2.8 grafisch dargestellt.

Tabelle 2.2: Landnutzungsverhältnisse im EZG des Gastererbaches.

Typ	Fläche [km ²]	Fläche [%]
EZG	3,04	100
Wald	1,76	58
Wiese	0,837	27,6
Landwirtschaft (Obstplantagen)	0,201	6,6
Gebäude	0,134	4,4
Straßen	0,0830	2,7
See	0,0218	0,7

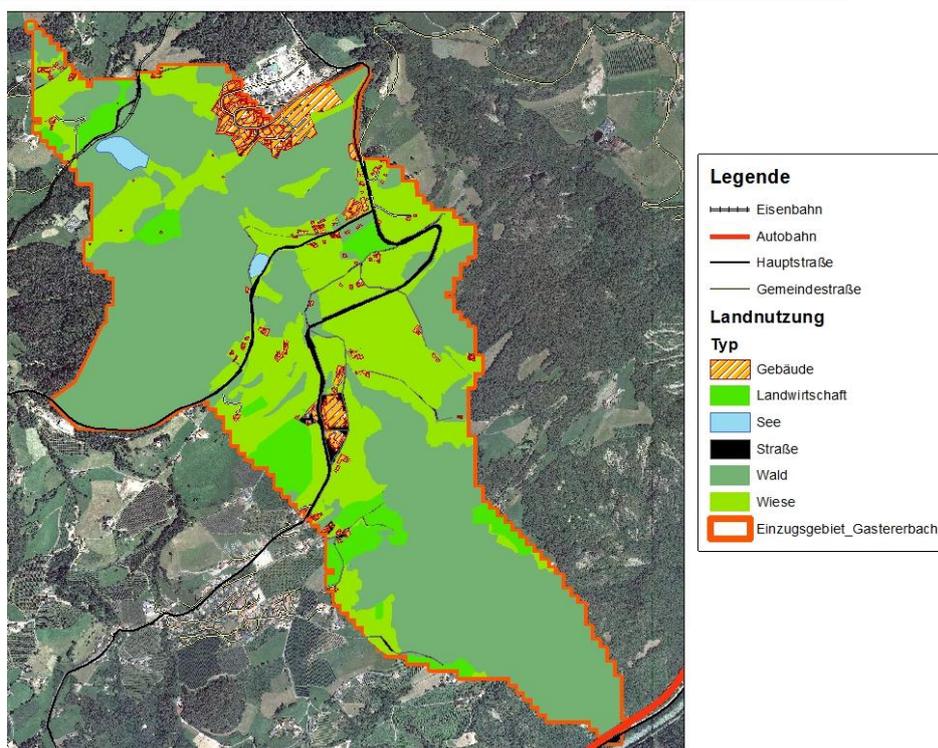


Abbildung 2.8: Landnutzungsverhältnisse im EZG des Gastererbaches.

2.4.1 Waldbild

Das Einzugsgebiet liegt im forstlichen Wuchsgebiet, 3.3-B „Südliches Zwischenalpines Fichten-Tannenwaldgebiet - Buchen-Übergangszone. Die mittelmontane Höhenstufe wird

dabei in den niederschlagsreicheren Lagen und Schattenseiten (zwischen 800 m und 1.250 m) von Fichten-Tannen-Buchenwäldern dominiert. In den sonnenzugewandten trockeneren Lagen herrscht hingegen der Kiefern-Buchenwald vor. In der kollinen Höhenstufe (zwischen 200 m und 500 m (schattseitig) und 700 m (sonnseitig)) dominieren, je nach Exposition, Flaumeichenwälder und/oder Hopfenbuchen-Mannaeschenwälder. Die Leitgesellschaften in der submontanen Höhenstufe des EZG sind in schattigen Lagen zwischen 500 m und 800 m Kastanien-Buchenwälder. Eichen-Kiefernwälder und/oder Kastanien-Eichen-Mischwaldstufen kommen in der submontanen Höhenstufe in sonnseitigen Bereichen vor. Die Edelkastanie beschränkt sich dabei auf die sauren Silikatgebiete (Abt. FW, 2010 a). Eine genaue Übersicht der verschiedenen Waldtypen im Einzugsgebiet sind in Tabelle 2.3 und Abbildung 2.9 ersichtlich. Jene Daten wurden im Rahmen der Waldtypisierung von 2001 bis 2008 erhoben und stehen im GeoBrowser der Autonomen Provinz Bozen (18.01.2015) zur freien Einsicht zur Verfügung. Die Zuständigkeit der Waldflächen (Wald in Privatbesitz) im EZG des Gastererbaches liegt beim Forstinspektorat Bozen II.

Tabelle 2.3: Waldtypen mit Höhenstufen im EZG des Gastererbaches vom GeoBrowser der Autonomen Provinz Bozen (18.01.2015).

Waldtypen Kürzel	Mittelmontane Waldtypen
Ftb4	Silikat-Fichten-Tannen-Buchenwald mit Heidelbeere
Ftb3	Silikat-Fichten-Tannen-Buchenwald mit Quirlblättrigem Salomonsiegel
Ftb15	Silikat-Fichten-Buchenwald mit Hainsimsen
Ki13	Silikat-(Buchen-Fichten-)Kiefernwald mit Heidelbeere
Bu2	Silikat-Buchenwald mit Schnee-Hainsimse
Bu6	Silikat-Fichten-Kiefern-Buchenwald mit Ginster
	Submontane Waldtypen
Ei2	Silikat-Hainsimsen-Kastanien-Traubeneichenwald
Ei5	Eichen-Kastanien-Mischwald mit Fingersegge
Bu2	Silikat-Buchenwald mit Schnee-Hainsimse
Bu6	Silikat-Fichten-Kiefern-Buchenwald mit Ginster
EK1	Silikat-Erdseggen-Eichen-Kiefernwald
EK2	Silikat-Erdseggen-Eichen-Kiefernwald mit Bärentraube
	Kolline Waldtypen
MH2	Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras
MH3	Silikat-Hopfenbuchen-Traubeneichenwald mit Kastanie
MH4	Mannaeschen-Hopfenbuchen-Schuttwald mit Linde
MH6	Mannaeschen-Hopfenbuchen-(Traubeneichen-)Flaumeichenwald
Ei11	Graslilien-Flaumeichenwald

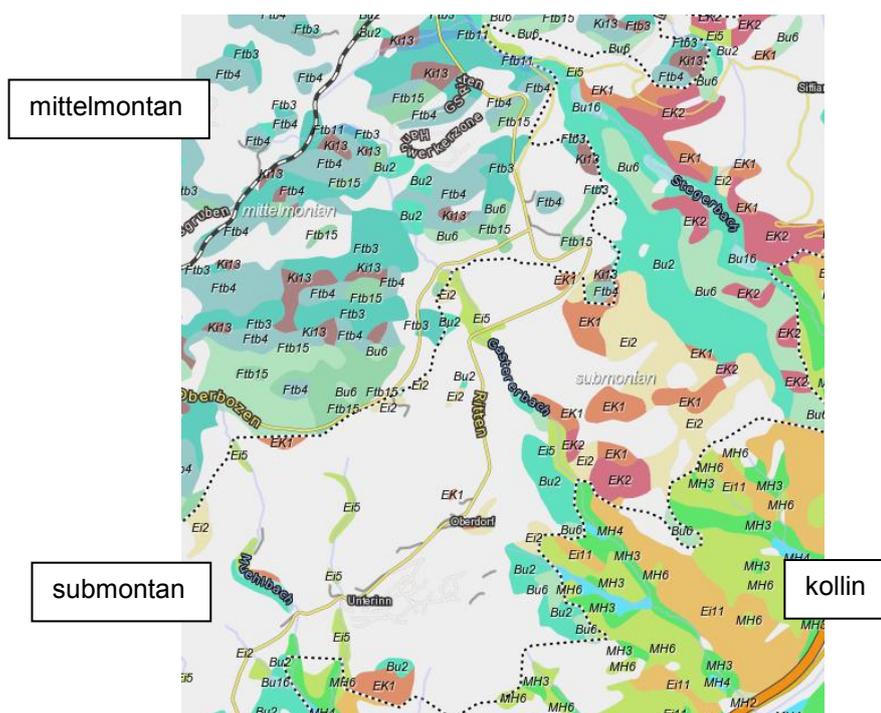


Abbildung 2.9: Waldtypen und Höhenstufen (schwarz strichlirte Linie) im EZG des Gastererbaches vom GeoBrowser der Autonomen Provinz Bozen (18.01.2015).

2.4.2 Veränderung der Landnutzung

Im Laufe der Zeit kam es im Einzugsgebiet (überwiegend im Oberlauf) des Gastererbaches zu zahlreichen Veränderungen. Die größten Veränderungen erfolgten dabei zwischen 1954 und 1985, wie man in den historischen Karten der Abteilung Wasserschutzbauten gut erkennen kann. Die nun folgenden Beschreibungen der Veränderungen der Landnutzung beruhen ausschließlich aus der Begutachtung der historischen Karten von Abbildung 2.10 bis Abbildung 2.14.

1945 – 1954:

In diesem Zeitraum kam es im EZG des Gastererbaches zu keiner erkennbaren Veränderung der Landnutzung, wie in Abbildung 2.10 und 2.11 ersichtlich ist. Die Flächen für landwirtschaftliche Nutzungen bestehen überwiegend aus Ackerflächen oder Futterwiesen.

1954 – 1985:

Zwischen 1954 und 1985 erfolgten im EZG des Gastererbaches, überwiegend im Oberlauf, zahlreiche kleinere Veränderungen. In diesem Zeitraum kam es zur Verlegung bzw. Erweiterung der Landstraße LS 73 an die heutige Position.

Es wurde mit dem Bau der Handwerkerzone Klobenstein, zwischen dem Quellbereich des Gastererbaches und hm ~30,54, begonnen. Bis zum Jahre 1985 wurden dafür rund 33.080 m², überwiegend Waldflächen und Futterwiesen, im EZG des Gastererbaches

gerodet (Einzugsgebietsgrenze verläuft durch die Handwerkerzone). Des Weiteren kam es zum Bau einer Verbindungsstraße hin zur Handwerkerzone, sowie zum Bau von weiteren Häusern (rund 16.200 m²) unterhalb der Handwerkerzone.

Auf einer Höhe von rund 985 m ü.M., bei hm ~20,09, wurde mit dem Bau des Fabrikgeländes von Loacker und Finstral auf einer Fläche von rund 28.040 m² begonnen.

Auf den landwirtschaftlichen Flächen kam es zur Veränderung der Nutzung, von Ackerflächen hin zu Futterwiesen. Auch wurde zwischen 1954 und 1985 der rund 4.400 m² große Gasterersee bei hm ~27,30 angelegt.

1985 – 2011:

Im Zeitraum zwischen 1985 und dem letzten Orthofoto von 2011 (siehe Abbildung 2.12 und 2.13) kam es überwiegend zum Ausbau und der flächenmäßigen Vergrößerung der bereits bestehenden Infrastrukturen (siehe Tabelle 2.4). Es erfolgte eine Erweiterung der Handwerkerzone von rund 33.080 m² auf 86.430 m² durch zusätzliche Waldrodungen. Auch das Fabrikgelände bei hm ~20,09 und in dessen direkten Anschluss errichtete Privathäuser, führten zu einer Vergrößerung von versiegelten Flächen von rund 28.040 m² auf 47.500 m².

Des Weiteren wurden rund 107.000 m² Wiesenflächen in Obstplantagen umgebaut. In Zuge dessen wurde vermutlich auch das rund 14.900 m² große Wasserspeicherbecken im Quellbereich des Gastererbaches für Beregnungszwecke angelegt.

Die heutigen verschiedenen Landnutzungsanteile sind in Tabelle 2.2 aufgelistet und in Abbildung 2.8 grafisch dargestellt. Es ist festzuhalten, dass sich die Veränderung der Landnutzung auf den Oberlauf des Gastererbaches konzentrierte und die steilen Talflanken des Mittel- und Unterlaufes von menschlichen Handlungen relativ unberührt blieben (mit Ausnahme von Verbauungsmaßnahmen, welche im Kapitel 2.6 näher erörtert werden).

Tabelle 2.4: Veränderung der Landnutzung zwischen 1985 und 2011.

Veränderung der Landnutzung			
	1985	2011	frühere Nutzung
Handwerkerzone	33.080 m ²	86.430 m ²	Wald
Fabrikgelände	28.040 m ²	47.500 m ²	Wiesen
Obstplantagen	0 m ²	107.000 m ²	Wiesen
Wasserspeicherbecken	0 m ²	14.900 m ²	Wald

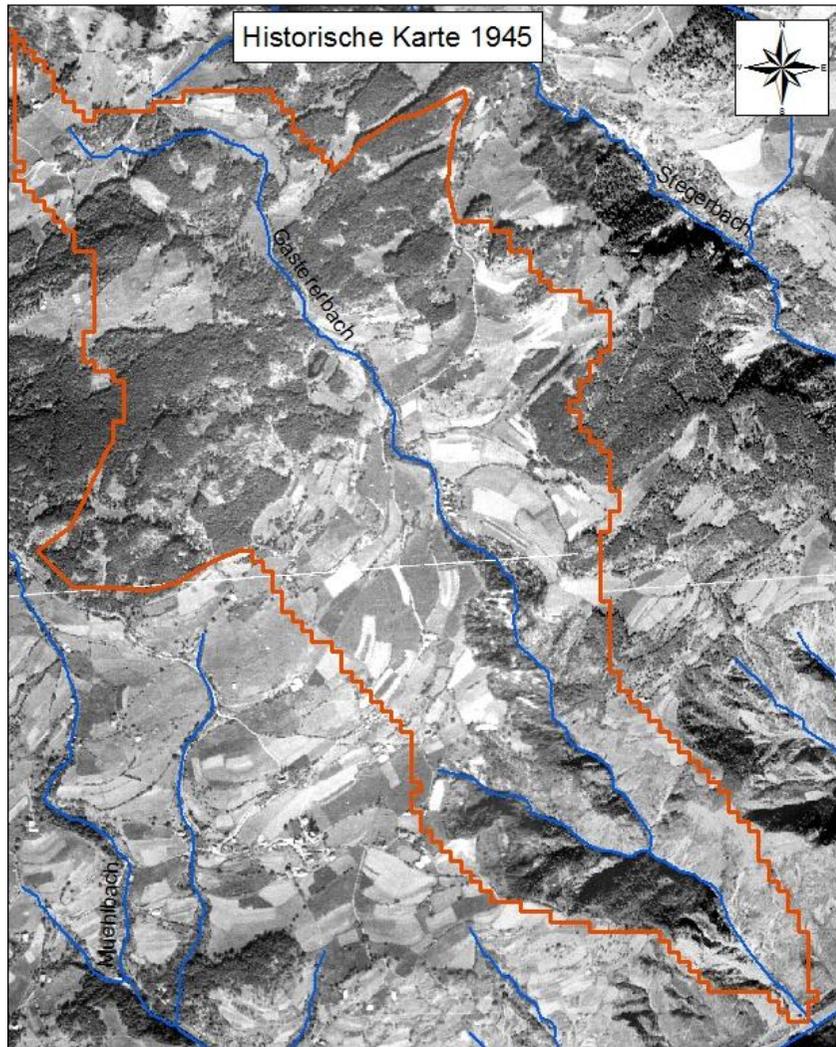


Abbildung 2.10: Historische Karte von 1945 mit dem EZG (orange Linie) des Gastererbaches.

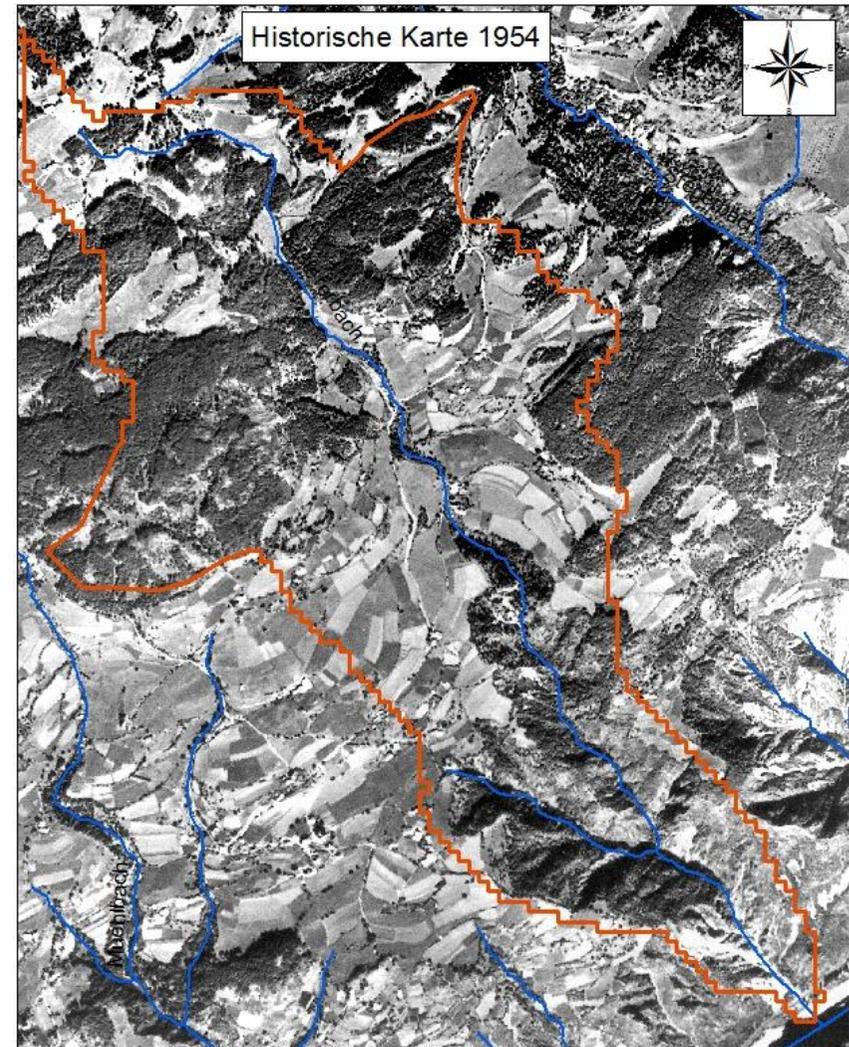
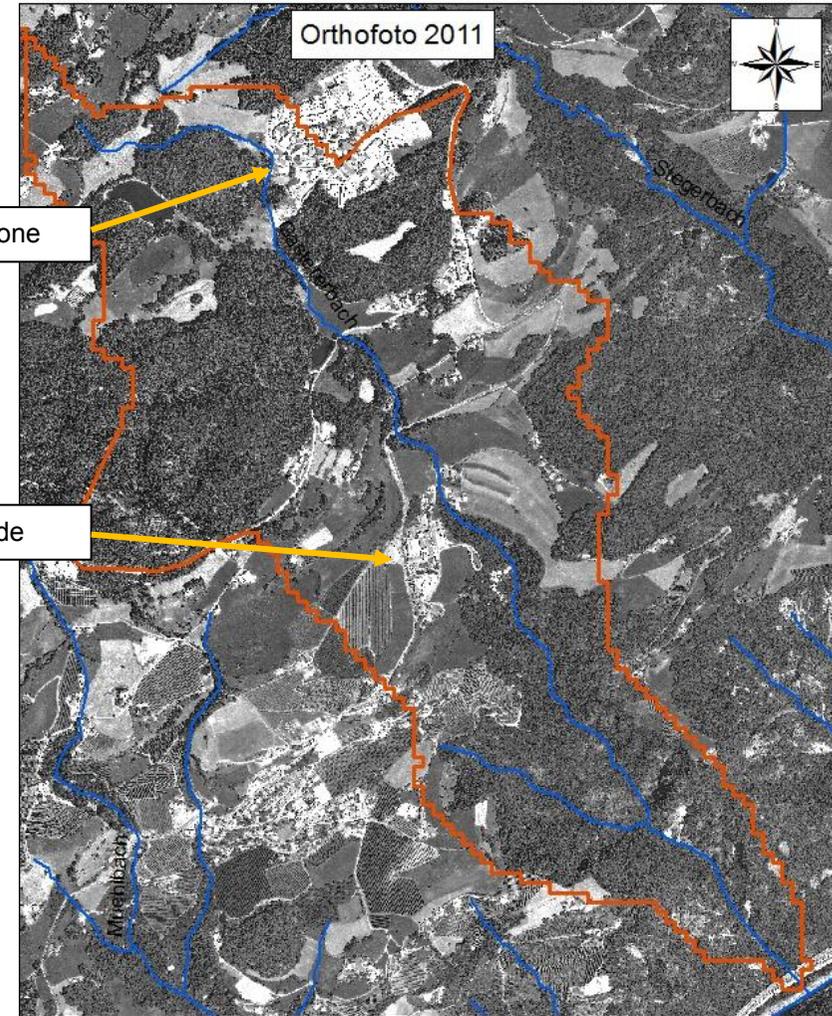
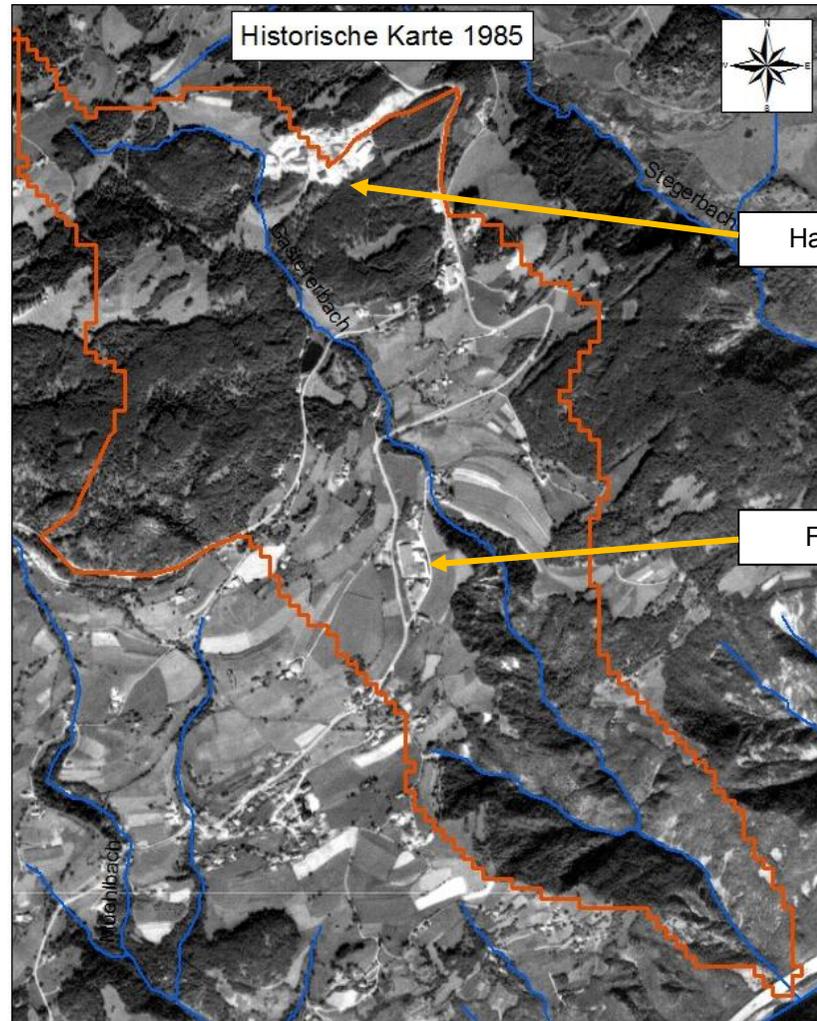


Abbildung 2.11: Historische Karte von 1954 mit dem EZG (orange Linie) des Gastererbaches.



Handwerkerzone

Fabrikgelände

Abbildung 2.12: Historische Karte von 1985 mit dem EZG (orange Linie) des Gastererbaches.

Abbildung 2.13: Aktuelles Orthofoto von 2011 mit dem EZG (orange Linie) des Gastererbaches.

2.5 Ereignischronik

Aus dem Technischen Bericht des damaligen „Ufficio Sistemazione Bacini Montani“ aus dem Jahre 1958 geht hervor, dass es am 08. August 1957 am Gastererbach auf Höhe der Brennerstaatstraße zu einem Murenabgang kam. In dessen Folge wurde so viel Material in den Vorfluter, dem Eisack, verfrachtet, dass sich dieser um mehrere Meter aufstaute (Ufficio Sistemazione Bacini Montani, 1958). Aufgrund dieser Tatsache und den Vergleich mit dem Ereignis von 2014 der in Abbildung 2.14 dargestellten Fotos wird ersichtlich, dass das Ereignis von 1957 wesentlich größere Dimensionen erreichte. Aus den Monatswerten der Wetterstation Völs am Schlern (längere Aufzeichnungsperiode als täglichen Niederschlagswerte) konnte des Weiteren festgestellt werden (siehe Tabelle 2.5), dass im August 1957 wesentlich mehr Niederschlag gefallen ist, als im August 2014.

Tabelle 2.5: Ausschnitt der monatlichen und jährlichen Niederschlagsmengen [mm] aus dem Jahre 1957 und 2014 (HYDROGRAPHISCHES AMT ,2014 c).

Jahr	Monat												Jahr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1957	4,3	40,9	13,8	63,3	99,9	237,6	130,8	218,8	43,2	23,4	59,2	36,6	972
2014	99,4	132,8	40,6	40,8	50,6	85,5	150,8	71,8	98,4	81,8	154,8	39,6	1.047

So fielen im August 1957, rund 219 mm Niederschlag, wohingegen im August 2014 lediglich 71,8 mm Niederschlag fielen.



Abbildung 2.14: Links Foto vom 01.09.2014 im Ablagerungsbereich des Gastererbaches. Rechts Foto aus der Südtiroler Tageszeitung „Dolomiten“ von 1957 (Fotoarchiv der Abteilung Wasserschutzbauten, 2014).

Die Aufnahme (siehe Abbildung 2.14 rechts) stammt aus dem Fotoarchiv der Abteilung Wasserschutzbauten und wurde am 10. August 1957 in der Südtiroler Tageszeitung „Dolomiten“ veröffentlicht. Es fehlen im Bild lediglich die mächtigen Betonsäulen der Brennerautobahn. Im Anschluss an das Ereignis von 1957 erfolgten dann zahlreiche Verbauungsmaßnahmen, die im nächsten Kapitel näher beschrieben werden.

2.6 Planungshistorie - Schutzbauwerke

Im Anschluss an das Ereignis von 1957 am Gastererbach wurden in den darauffolgenden Jahren 1958, 1959, 1975, 2004 und 2009 mehrere Arbeiten im und am Gastererbach verrichtet, welche in Abbildung 2.15 im Bautenkataster der Abteilung Wasserschutzbauten verortet sind.

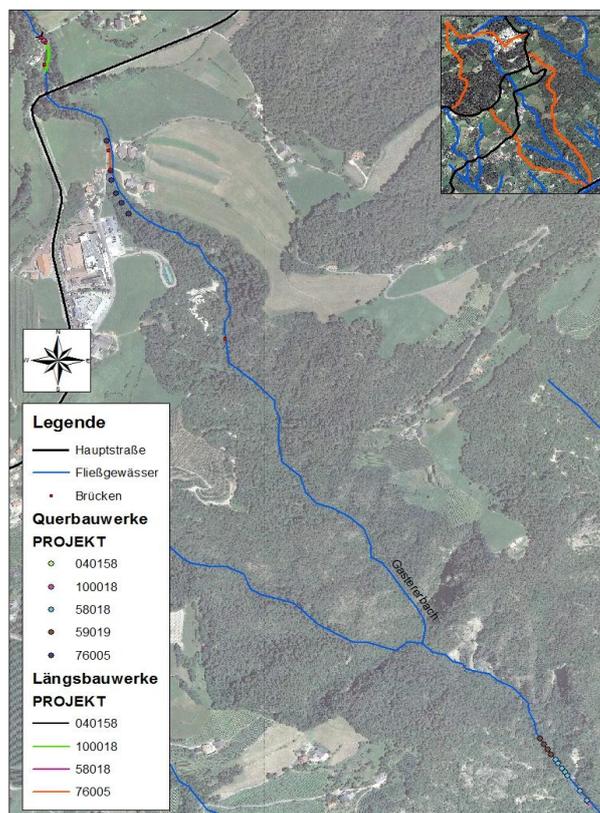


Abbildung 2.15: Bautenkataster 2014 der Abteilung Wasserschutzbauten mit den jeweiligen Projektnummern am Gastererbach, rechts oben das gesamte EZG des Gastererbaches.

Technischer Bericht vom 27. März 1958 – Projektnummer 58018 (Unterlauf)

Im Jahre 1958 wurde mit den ersten Bauarbeiten am Gastererbach begonnen. Es wurden dabei im Unterlauf sieben Konsolidierungssperren (siehe Abbildung 2.16) zur Stabilisierung der Hänge und Gerinnesohle errichtet. Die Position der jeweiligen Bauwerke und deren Projektnummer sind in Abbildung 2.15 ersichtlich. Laut dem Technischen Bericht weist dieser Bereich ein Gefälle von rund 70 % auf und besteht aus geologischer Sicht aus äußerst rissigem grünem Porphyr. Des Weiteren wird darin erwähnt, dass aufgrund des starken Gefälles die Bauwerke in beträchtlichen Dimensionen zu errichten sind, sei es in deren Höhe als auch in deren Länge. Damit wurde versucht die Anbruchgebiete zu sichern und erneute Erdbeben zu verhindern. Für die Arbeiten plante man 20 Arbeiter für 3.200 Tage ein. Die Kosten dieser Arbeiten beliefen sich auf 14.000.000.= italienische Lira, was umgerechnet rund 7.230 € (inklusive Inflation 196.407 €) sind (Ufficio Sistemazione Bacini Montani, 1958).

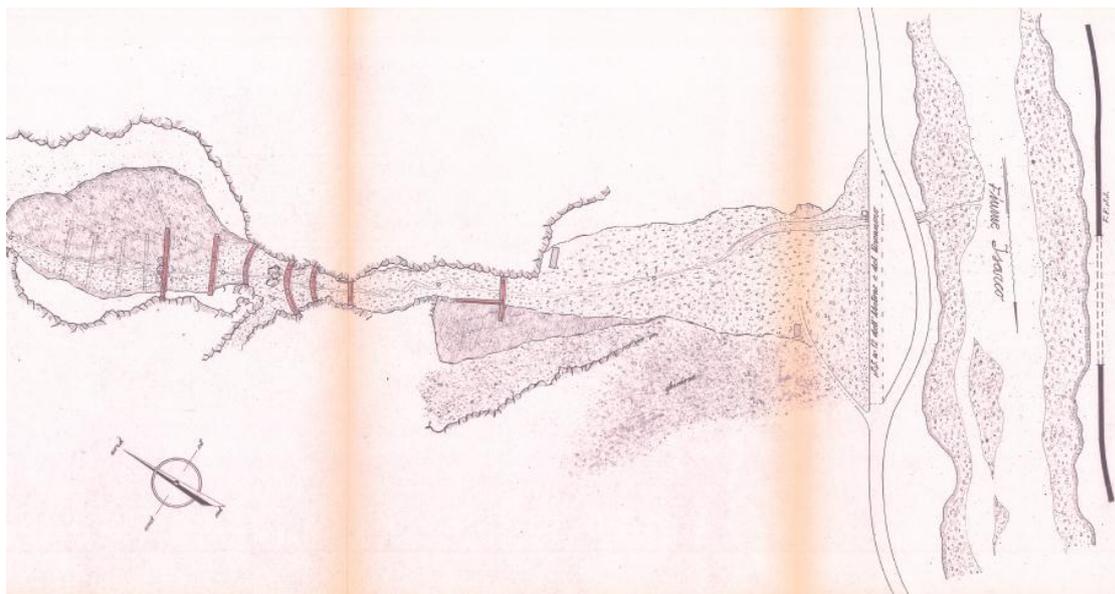


Abbildung 2.16: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 1958 (58018), erstellt am 21. Oktober 1958. Die Errichtung der weiß angedeuteten Sperren ist im Folgejahr geplant (Ufficio Sistemazione Bacini Montani, 1958).

Bei hm ~1,16, unterhalb der in Abbildung 2.16 ersichtlichen Bauwerke, befindet sich eine weitere Konsolidierungssperre mit einer an das Bauwerk anschließenden rund 95 m langen Ufermauer (orographisch rechts). Diese beiden Bauwerke scheinen leider nicht im Bautenkataster der Abteilung Wasserschutzbauten auf, wodurch Daten wie Errichtungsjahr, Kosten etc. unbekannt sind.

Technischer Bericht vom 7. Februar 1959 – Projekt Nummer 59019 (Unterlauf)

Der Technische Bericht aus dem Jahre 1959 wurde größtenteils vom Jahre 1958 übernommen. Es wird darin erwähnt, dass sieben Konsolidierungssperren errichtet werden. Vier kleinere Sperren im oberen Bereich und drei große Sperren am Fuße des Erosionsherdes. Die Kosten der Bauarbeiten beliefen sich dabei auf 11.000.000.= italienische Lira, was umgerechnet rund 5.681 € (inklusive Inflation 154.319 €) sind (Ufficio Sistemazione Bacini Montani, 1959).

Anhand des Bautenkatasters der Abteilung Wasserschutzbauten, den geringeren Baukosten und den Projekten zugrundeliegenden Skizzen (siehe Abbildung 2.17) wird jedoch ersichtlich, dass die geplanten drei großen Sperren bereits im Projekt von 1958 errichtet wurden. Grund für die falschen Angaben könnte die Tatsache sein, dass der Technische Bericht immer Monate vor Baubeginn erstellt wird, wodurch es häufig zu kurzfristigen Änderungen kommen kann.

Technischer Bericht vom 6. August 2004 – Projektnummer 040158 (Oberlauf)

Im Bereich des Güterweges „Forstner-Oberschweinsteig“ auf einer Höhe von 1.050 m ü.M. befindet sich eine Brücke, welche bei starken Regenfällen regelmäßig zu Überschwemmungen in diesem Bereich führte. Daher wurden zwei kleinere Einkehrdämme (siehe Abbildung 2.19 und 2.20) unter der Aufsicht von Andreas Vettori errichtet. Diese sollten laut des Technischen Berichts von 2004 die Wassermassen auffangen und ins Bachbett zurück leiten. Aus der Kostenabrechnung von 150.000 € des Projektes am Gastererbach und Eschenbach ist nicht ersichtlich, in welcher Höhe die Arbeiten am Gastererbach zu Buche schlugen (die Baustelle am Eschenbach war wesentlich größer) (VETTORI, 2004).

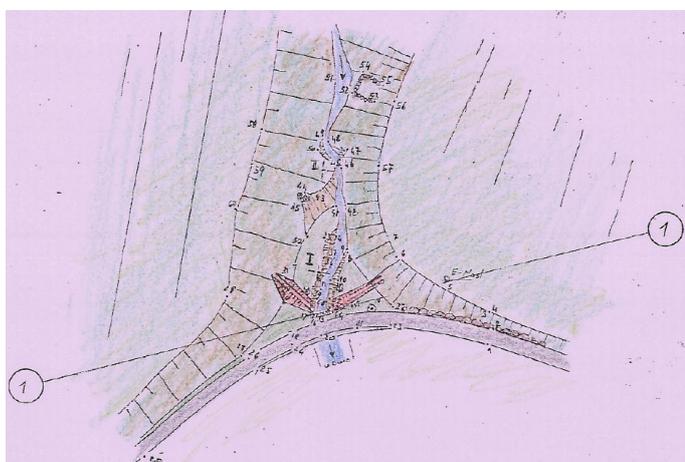


Abbildung 2.19: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 2004 (040158). Rot markierte Bereiche sind die Einkehrdämme welche in Abbildung 2.20 ersichtlich sind.



Abbildung 2.20: Einkehrdämme (Johann Gamper, 2005).

Technischer Bericht vom 4. Dezember 2009 – Projektnummer 100018 (Oberlauf)

Aus dem Grundsatzentscheid von Johann Gamper der Abteilung Wasserschutzbauten aus dem Jahre 2008 geht hervor, dass im Bereich des Bachwebergürtels in Unterinn der Gastererbach Probleme bereitet. Die alten Ufermauern des Gastererbaches wurden durch Unwetterereignisse der Vergangenheit stark beschädigt, wodurch sie teilweise zusammenbrachen. Da die Abstände zum Wohnhaus (siehe Abbildung 2.21) sehr gering sind, wurde eine Sanierung dieser Bauwerke unabdingbar (GAMPER, 2008). Der Technische Bericht aus dem Jahre 2009 von Philipp Walder (Projektant), spricht des Weiteren eine Durchforstung des ohnehin sehr gering bemessenen Gewässerquerschnitts an, da das Wachstum und der damit verbundene Wurzeldruck der Bäume zusätzliche Schäden im Bachbett verursachten. Dieses Projekt knüpfte unmittelbar an das Projekt von 2004 unterhalb des Güterweges bis zur Rittner Landesstraße LS 73 an. Bei den Arbeiten fand neben der Sanierung/Wiederherstellung der Uferschutzmauern auch eine Räumung (Geschiebe und Vegetation) des Bachbettes statt, damit dieser wieder in seine ursprünglichen Bahnen geleitet werden konnte. Zur Reduktion des Sohlgefälles wurden im oberen Be-

reich zwei kleine Sperren aus gemischtem Mauerwerk und mehrere Sohlgurte desselben Bautyps (siehe Abbildung 2.21) errichtet. Die Kosten beliefen sich auf 55.000 € (WALDER, 2009).

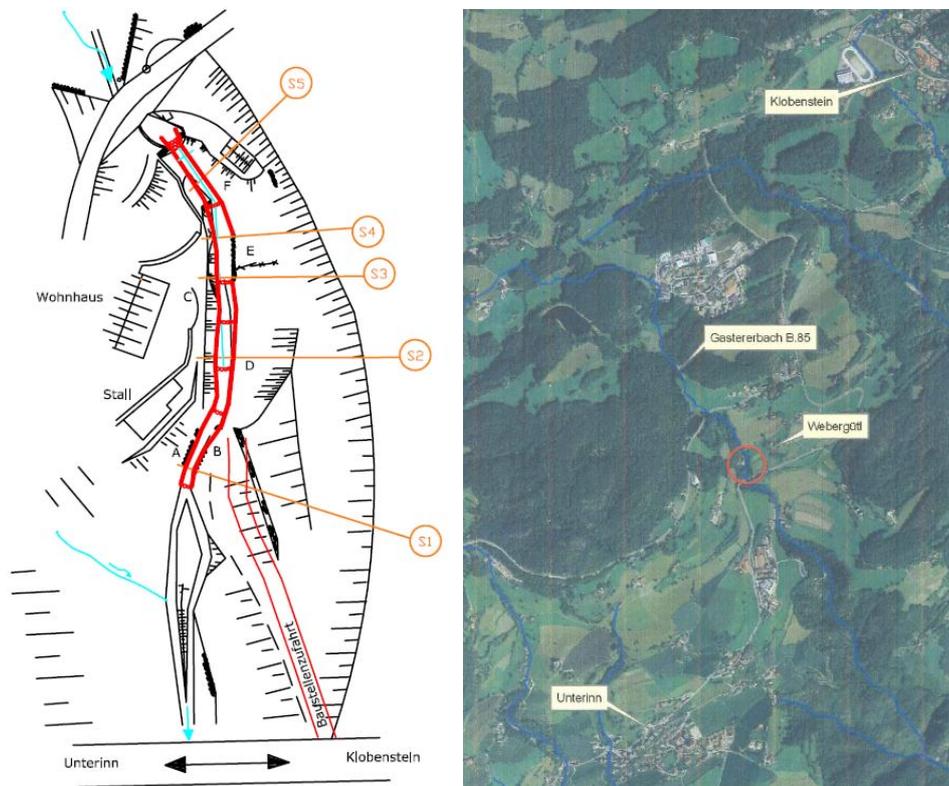


Abbildung 2.21: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 2009 (100018). Rot markierter Bereich ist der Projektbereich (WALDER, 2009).

Der Besitzer des in Abbildung 2.21 ersichtlichen Wohnhauses bestätigte die Funktionsfähigkeit der erfolgten Bauarbeiten (Projekte 040158 und 10018). Nach den Arbeiten blieben Überschwemmungen seiner Hofstelle aus, welche vorher bei Hochwasserführung des Gastererbaches regelmäßig überflutet wurde.

3 Ereignisdokumentation

Der Ausgangspunkt für die Ereignisdokumentation ist das am Abend des 31. August 2014 erfolgte murartige Ereignis am Gastererbach.

Die Grundlage dieser Ereignisdokumentation bildet die Checkliste, welche von der Abteilung Wasserschutzbauten zur Dokumentation von Ereignissen entwickelt wurde. Dieses Informationssystem der Abteilung Wasserschutzbauten mit dem Namen ED30 (**E**reignis-**D**okumentation der Abteilung **30**) beinhaltet die Dokumentation von Wildbächen- und Flussereignissen, wie zum Beispiel Murgänge, Überschwemmungen und Lawinen.

Die Entwicklung des Informationssystems in der Abteilung begann im Jahre 1998 durch die Teilnahme am Projekt DOMODIS (**D**Ocumentation of **M**ountain **D**ISaster von Prof. Hans Kienholz, Univ. Bern) und wurde fortgeführt durch das Projekt DIS-ALP (SPERLING et al., 2011). „Das Formular ED30 Vers. 6 (V6-2010) ist das Ergebnis der Produktprüfungen von SGN, Region Lombardei, Emilia-Romagna, Veneto, IFFI (I), DOMODIS, BUWAL, KEKNG St. Gallen (CH), Ereignisdokumentation Österreich IAN (A) und Bayern (D), und der aufgearbeiteten Erfahrungen aus der operativen Dokumentation ED30 bis zum Jahre 2010.“ (SPERLING et al., 2011, 6).

Die Ereignisdokumentation (ED30 – Nr. 2014070) mit dem Erhebungsbeginn am 01. September 2014 wurde vom Amt für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord der Autonomen Provinz Bozen durchgeführt (siehe Anhang A). Ergänzungen dieser Dokumentation erfolgten auf Grundlage der Kontrollliste (V 2012-1/5W+) „Wasser“, welche vom Institut für Alpine Naturgefahren (IAN) der Universität für Bodenkultur im Rahmen des DIS-ALP Projektes entwickelt wurde (HÜBL, 2014).

Die Erhebungen erfolgten durch mehrere Begehungen vor Ort und Beobachtungen aus einer Befliegung am 09. September 2014. Somit stellt das während der Begehung und Befliegung aufgenommene Bildmaterial eines der wichtigsten Hilfsmittel dar. Auch die Recherchen der Planungshistorie und die Ereignischronik, welche im vorhergehenden Kapitel bereits erörtert wurden, sind wichtige Hilfsmittel. Für die zeitliche und räumliche Rekonstruktion des Ereignisses stellen die Wetterradardaten, die Einsatzberichte der Freiwilligen Feuerwehren (FF) von Ritten, Video- und Bildmaterial und die Aussagen von Augenzeugen und Experten, die wichtigsten Informationsquellen dar.

3.1 Allgemeine Wetterlage

Im August 2014 präsentierte sich das Klima in ganz Südtirol ausgesprochen trüb, kühl und feucht. Es regnete im Durchschnitt jeden zweiten Tag. Die Temperaturen im August waren rund 1,5 bis 2 Grad niedriger als normal. Im langjährigen Durchschnitt (1981 – 2010) lagen die Temperaturen in Südtirol um rund 0,5 °C bis 1 °C darunter. Ähnliche vergleichbare Wetterkapriolen fanden in den Jahren 1977 und 1997 statt. Das Azorenhoch konnte sich in diesem Sommer nicht durchsetzen. Im Juli und August wurden in Bozen zum Vergleich mit dem Vorjahr rund 1/3 weniger Sonne gemessen. Im Sommer 2012 und 2013 wurden in Bozen 52 Hitzetage (durchschnittlich 48) aufgenommen, wohingegen im Sommer 2014 lediglich 23 Hitzetage aufgezeichnet wurden (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 a). Abbildung 3.1 zeigt die Tagesniederschlagssumme der Wetterstation Völs am Schlern von August 2013 und 2014, was die Wetterlage im Vergleich zum Vorjahr recht gut beschreibt. Im August 2013 erfolgte der Niederschlag meist in kurzen starken Sommergewittern am Abend, welche im August 2014 kaum vorkamen.

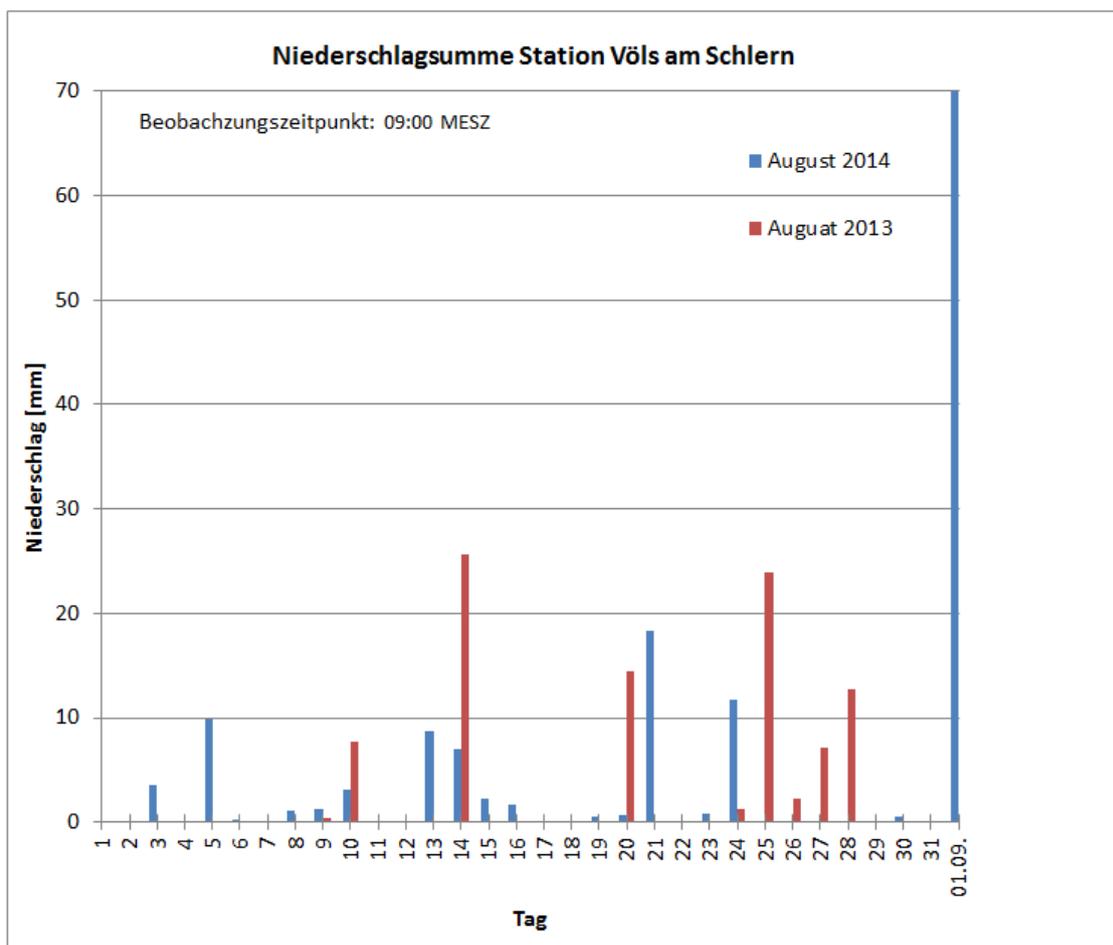


Abbildung 3.1: Tagesniederschlagswerte der Wetterstation Völs am Schlern (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 b).

Die Wetterlage am 31. August beschreibt das Hydrographische Amt in seinen Climareport Nr. 224 (2014) überwiegend bewölkt, wenig Sonne und lokalen starken Gewittern (siehe Abbildung 3.2). Grund für diese Wetterlage war eine aus Norden kommende Kaltfront, wodurch es, wie bereits erwähnt, im Vorfeld zu Regenschauern und lokalen Gewittern kam (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 a).

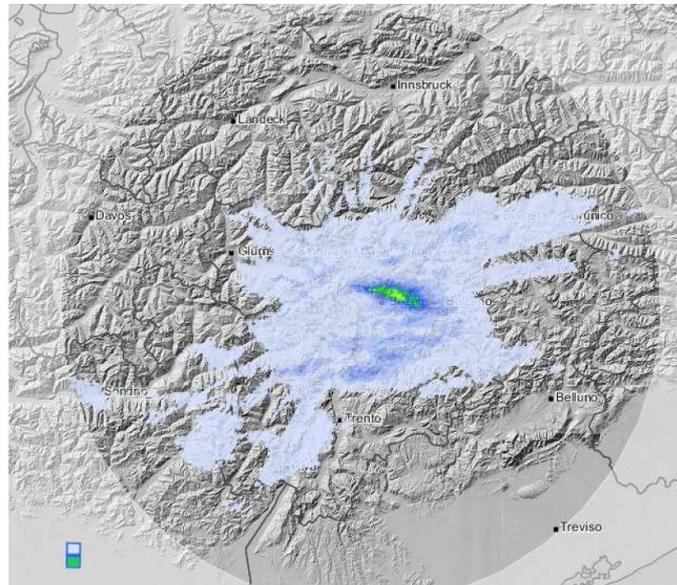


Abbildung 3.2: Radarbild vom 31. August 2014 der dunkelschattierte Kreis zeigt die flächenmäßige Erfassung des Wetterradars am Gantkofel (1.870 m.ü.M) bei Bozen (STAFFLER, 2014).

Die Temperaturen am 31. August 2014 zeigten sich verhältnismäßig kühl. Aus den Daten des Hydrographischen Amtes geht hervor, dass die Wetterstation Völs am Schlern (840 m ü.M.) am genannten Tag ein Temperaturmaximum von 19,8 °C und ein Minimum von 11,4°C aufzeichnete (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 b). Aus einem Einsatzbericht der FF Unterinn, mit dem Einsatzbeginn um 19:20 MEZ, in Weber im Moos, kann des Weiteren festgehalten werden, dass die Temperatur zu diesem Zeitpunkt bei 14 °C lag (LFV, 2014).

3.2 Niederschlag

In den frühen Abendstunden am 31. August 2014 kam es im unteren Etschtal zu starken Gewittern, welche dann über den Tschöggelberg, Ritten und das Schlerngebiet nach Osten zogen (siehe Abbildung 3.3) (Gewitterzugrichtung West-Ost) (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 a). Neben heftigen Regenfällen und Blitzen kam es am Ritten auch zu Niederschlägen in Form von Hagel.

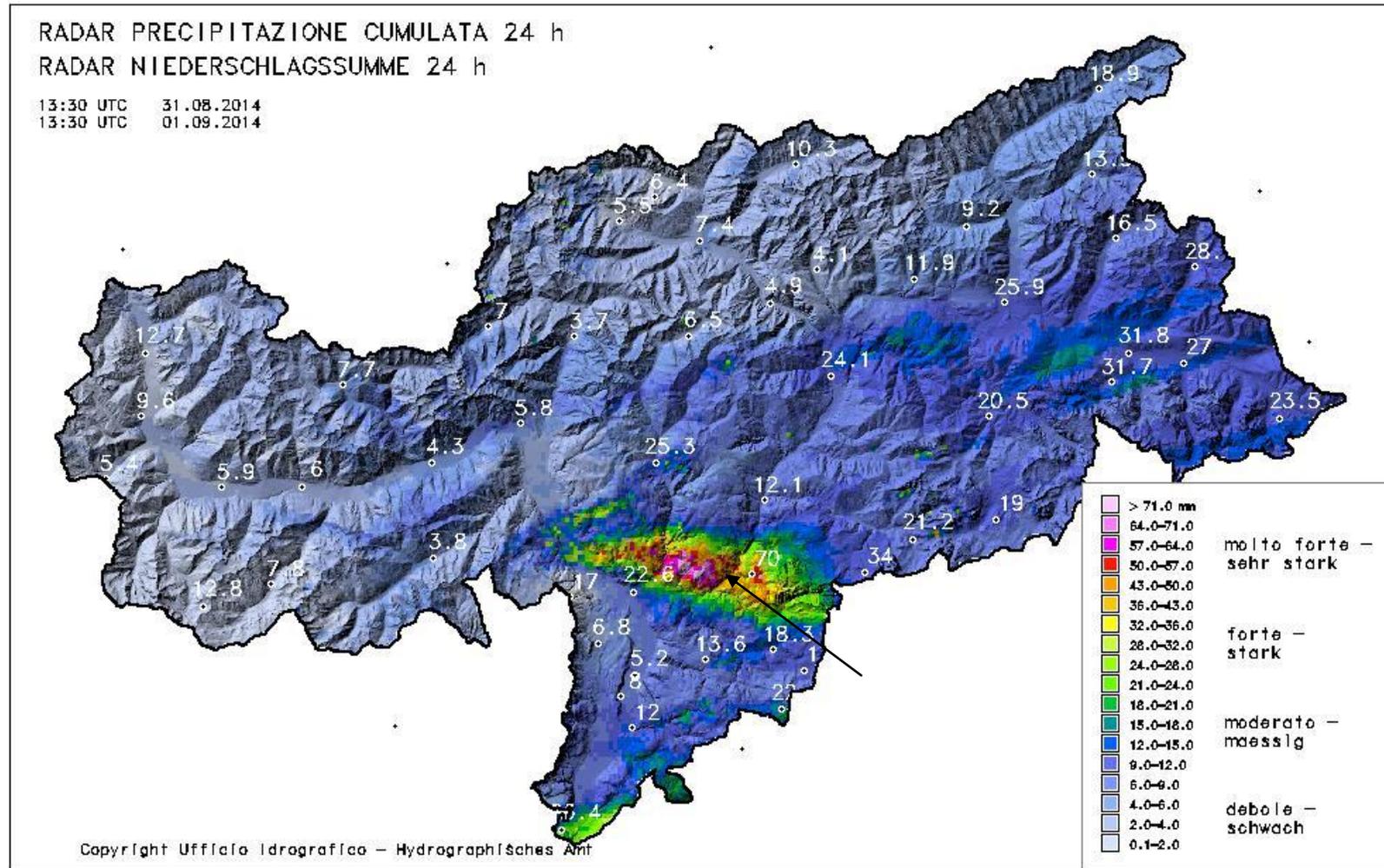


Abbildung 3.3: Niederschlagskarte des Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen, der Pfeil markiert den Standort des Ereignisses (verändert, HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 a, 5).

Aus dem Climareport Nr. 224 geht hervor, dass die Wetterstationen Wolfgruben/Oberbozen und Völs am Schlern (siehe Abbildung 3.4) innerhalb von zwei Stunden 76,4 mm bzw. 70 mm Niederschlag aufzeichneten. Seit dem Jahre 1981 ist dies in den Aufzeichnungen der Wetterstation von Völs am Schlern bei weitem die höchste Niederschlagssumme innerhalb von kurzer Zeit (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 a).

Anhand der Radarbilder konnte der Beginn der Niederschläge im EZG mit 17:00 MEZ und deren Ende mit 19:00 MEZ festgelegt werden.

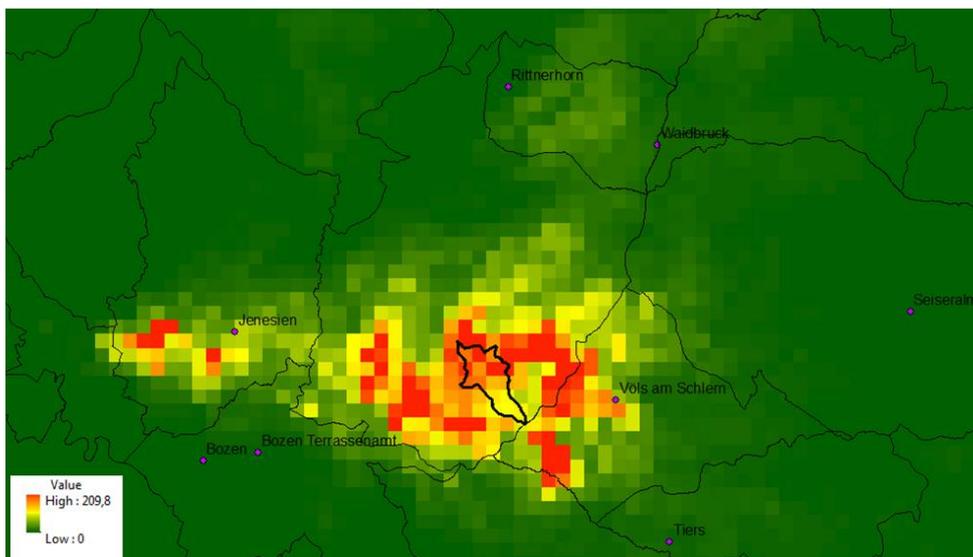


Abbildung 3.4: Radarbild vom 31. August 2014 um 17:55 MEZ, die Rasterzellen mit einer hohen Niederschlagsintensität sind rot markiert, jene mit keinem Niederschlag sind grün gekennzeichnet. Die Orte der Wetterstationen sind mit einem violetten Punkt markiert. Die dicke schwarze Linie kennzeichnet das Einzugsgebiet des Gastererbaches, die dünnen die Gemeindegrenzen.

Hagelereignisse konnten im Einzugsgebiet des Gastererbaches nur im Bereich der Handwerkerzone, anhand eines Einsatzberichtes der FF, nachgewiesen werden (LFV, 2014). Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser zu keiner größeren Veränderung des Abflussverhaltens beigetragen hat. Diesbezüglich wird im Kapitel 3.5 - Ablauf im Wirkungsbereich, noch näher eingegangen.

Aus den Daten des Hydrographischen Amtes der Wetterstation Völs am Schlern (840 m ü.M.) geht des Weiteren hervor, dass der Regen in den vorangegangenen fünf Tagen nicht ergiebig war (siehe Abbildung 3.1) (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 b). Der Bodenzustand kann jedoch als wassergesättigt beschrieben werden, da es im ganzen Monat in regelmäßigen Abständen regnete und sich die Sonne dagegen verhältnismäßig selten bzw. kurz zeigte, wie im Kapitel 3.1 - Allgemeine Wetterlage bereits erwähnt wurde. Eine genauere Analyse des Niederschlagsereignisses und dessen Wiederkehrzeit wird im Kapitel 4.2 - Ereignisniederschlag, erörtert. Wie in Abbildung 3.4 ersichtlich, erfassen die Wetterstationen die Gewitterlinie nicht direkt. Deshalb wird für die genaue Niederschlagsanalyse im Rahmen der Ereignisanalyse lediglich auf die Daten des Wetterradars am Gantkofel (1.870 m ü.M.) zurückgegriffen.

3.3 Abfluss

Anhand des Bild- und Videomaterials von Privatpersonen während des Ereignisses kann davon ausgegangen werden, dass es zu einer schnellen Abflusskonzentration im oberen Einzugsgebiet gekommen ist und es sich um einen bordvollen Abfluss handelte. Die schnelle Abflusskonzentration kann im Oberlauf auf die Flächenversiegelung (Landnutzungsveränderungen) und die Vorfeuchte der Böden zurückzuführen sein. Der Oberlauf besteht überwiegend aus Futterwiesen und anderen landwirtschaftlichen Flächen, wie in Abbildung 2.8 ersichtlich ist. Solche Flächen weisen aufgrund der in den letzten Jahrzehnten zunehmenden intensiven Bewirtschaftung einen hohen Verdichtungsgrad auf und tragen so kaum zur zeitlichen Verzögerung von Abflussspitzen bei. Auch die Landstraße LS 73 trug zu einer Erhöhung der Abflusskonzentration bei, da die Straße zusätzliches Wasser aus dem Gebiet sammelte. Dies führte zu einer zusätzlichen Vergrößerung des EZG um 0,24 km² (siehe Abbildung 4.3).

Im Oberlauf des EZG entwässern drei Regenwasserleitungen (siehe Abbildung 3.5) in den Gastererbach, was zu einer weiteren Erhöhung der Abflussspitzen führte.

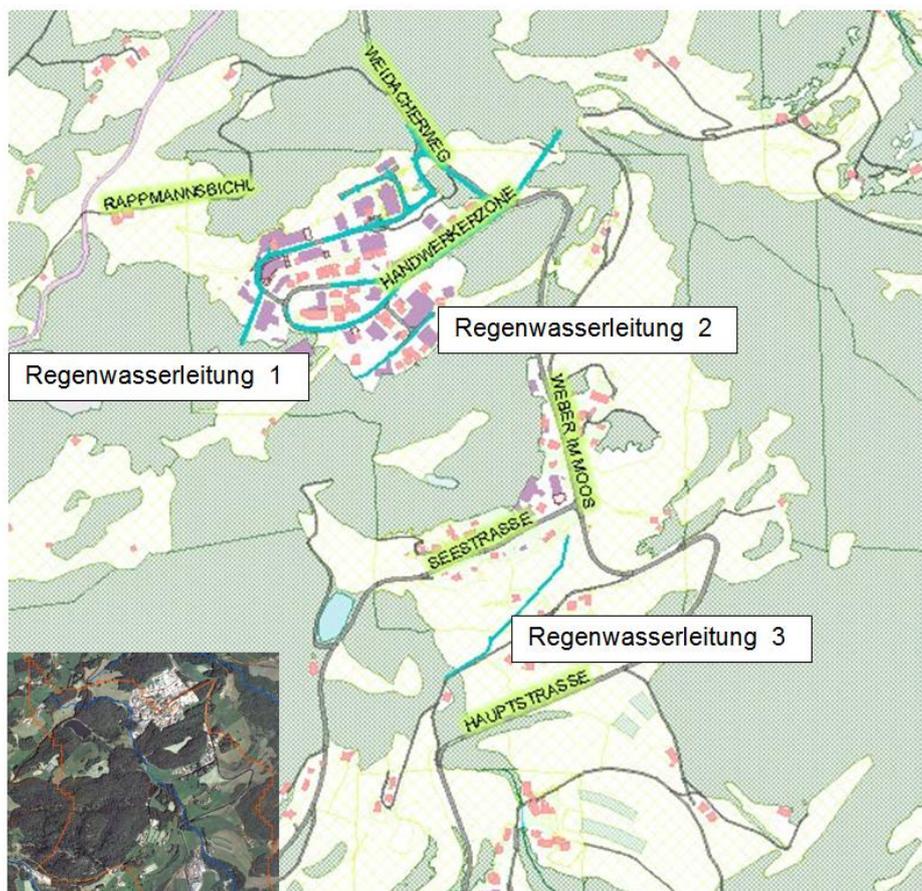


Abbildung 3.5: Ausschnitt aus der Vektorgrundkarte des GemBrowsers der Gemeinde Ritten. Die türkisen Linien zeigen die Regenwasserleitungen welche in den Gastererbach fließen (verändert, GemBrower, 06.03.2015, 09:34). Links unten im Bild Ausschnitt aus ArcGis, Orthofoto 2011 mit EZG-Grenze und den Gastererbach im Oberlauf.

Die Regenwasserleitung 1 (siehe Abbildung 3.5 und 3.6) entwässert auf einer Höhe von 1.180 m ü.M. in den Gastererbach. Der Durchmesser dieser runden Hauptleitung aus Beton beträgt 0,3 m. Die Regenwasserleitung 2 entwässert auf einer Höhe von 1.161 m ü.M. in den Gastererbach. Der Durchmesser dieser runden PVC-Hauptleitung beträgt 0,2 m (GemBrowser, 2015). Aufgrund der vielen Feuerwehreinsätze in der Handwerkerzone von Klobenstein kann festgehalten werden, dass diese versiegelten Flächen lokal einen hohen Beitrag zum schnellen Anstieg der Abflusskonzentration beisteuern.

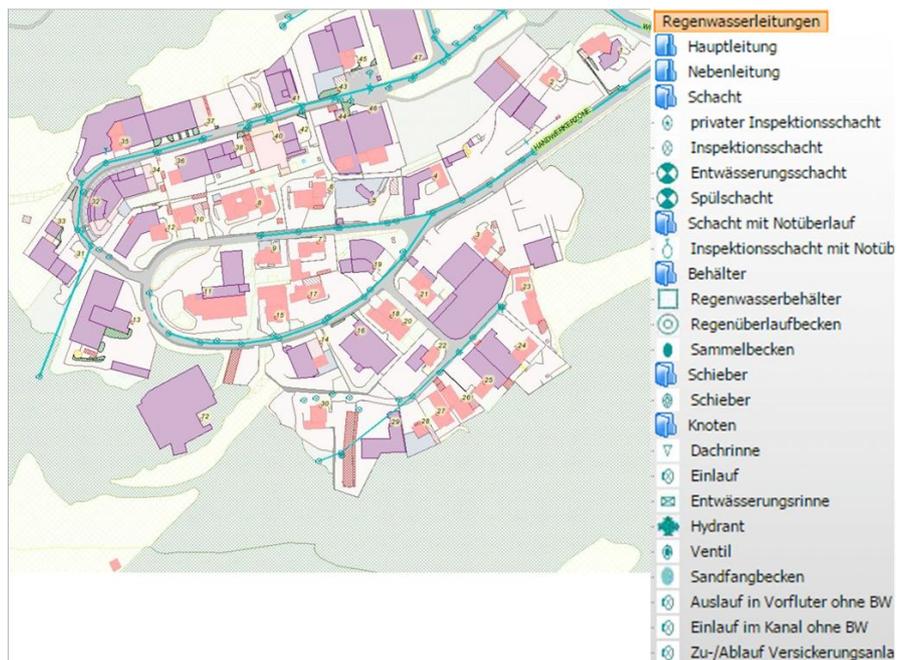


Abbildung 3.6: Detaillierter Ausschnitt der Handwerkerzone Klobenstein und Verlauf der türkisenen Regenwasserleitungen (GemBrowser, 2015).

Die Regenwasserleitung 3 verläuft entlang der Hauptstraße und entwässert auf einer Höhe von 1.047 m ü.M. in den Gastererbach. Der Durchmesser dieser runden Hauptleitung aus PVC beträgt 0,2 m (GemBrowser, 2015).

3.4 Prozess - Räumlicher Verlauf des Ereignisses

Das Einzugsgebiet eines Wildbaches weist grundsätzlich ein äußerst komplexes Abflussverhalten auf und ist von einem linearen Prozess weit entfernt. Die Verlagerungsprozesse in einem solchen System ändern sich, wenn sich die Randbedingungen im EZG verändern (HÜBL, 2009). Diese Veränderungen wurden durch die Kartierung von „stummen Zeugen“ in Form von Fotos festgehalten. Der Standort des Aufgenommen Bildmaterials in Abbildung 3.7 wurde mittels GPS (Projektion: WGS_1984_UTM_Zone_32N) georeferenziert. Die daraus angefertigte Fotodokumentation inklusive Hektometrierung befindet sich im Anhang B.

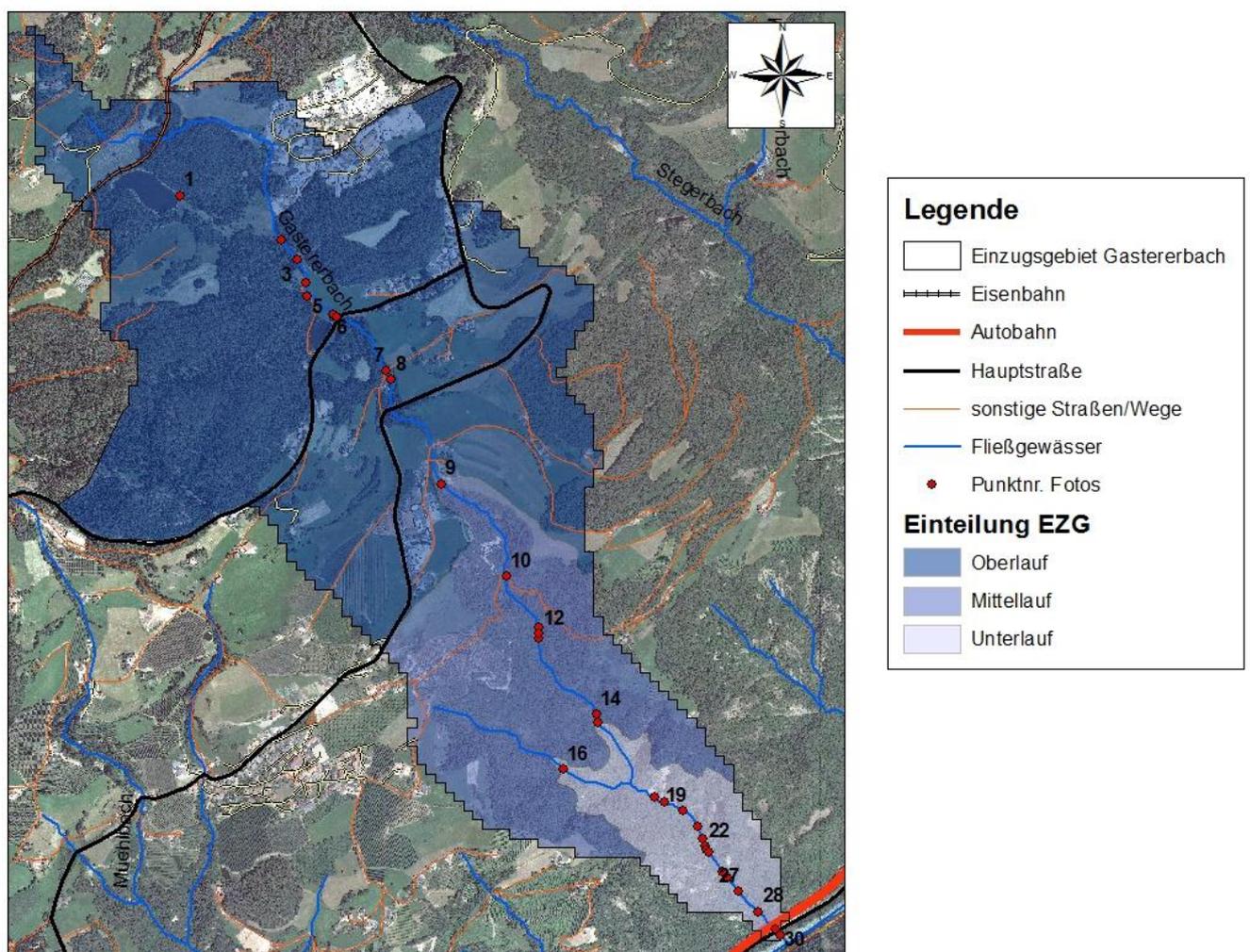


Abbildung 3.7: Einteilung des EZG, mit den georeferenzierten Punktnummern der im Anschluss an das Ereignis erhobenen Fotos, Orthofoto 2011.

Die verschiedenen Verlagerungsarten können in Hochwasser, fluviatilen Feststofftransport, murartigen Feststofftransport, Murgang und Rutschung unterschieden werden (HÜBL, 2009).

Es erfolgt eine Beschreibung der dominanten Prozesse und deren Ereignisphänomene nach der Einteilung in die Teileinzugsgebiete Ober- Mittel- und Unterlauf mit den in Tabelle 2.1 dargestellten Kennwerten.

3.4.1 Dominante Prozesse und Ereignisphänomene

Oberlauf

Der Hochwasserabfluss charakterisierte das Prozessverhalten im Oberlauf. Dies konnte anhand des Fotomaterials im Anhang nachgewiesen werden, da keinerlei Sedimentablagerungen im Bereich des Hochwasserabflusses feststellbar waren. Der Oberlauf im EZG ist kein typisches Sammelgebiet für Feststoffe, so wie in vielen anderen Wildbächen. Das heißt es sind keinerlei Geschiebeherde vorhanden, welche zur Geschiebefracht beitragen könnten. Ereignisrelevante Phänomene, welche den bordvollen Abfluss und die stellenweise Übertretung charakterisierten, sind in Anhang B mit der Punktnummer (2 - 7) ersichtlich. Schwemholzquellen waren im Oberlauf keine erkennbar. Bei hm 24,67 (siehe Abbildung 3.8) befindet sich ein temporärer Holzlagerplatz innerhalb der 2004 errichteten Einkehrdämme, welcher das Abflussverhalten jedoch nicht beeinflusste. Abbildung 3.8 bis 3.10 zeigt das Abflussverhalten des Gastererbaches an unterschiedlichen Tagen.



Abbildung 3.8: Bordvoller Abfluss, während NS am 31.08.2014 um 18:39 MEZ. Bei hm ~24,67 (7), (Jörg Platter).



Abbildung 3.9: Abklingen des Hochwassers, einen Tag nach dem Ereignis am 01.09.2014 um 08:12 MEZ. Bei hm ~24,67 (7), (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.10: Abfluss des Gastererbaches am 18.09.2014. Bei hm ~24,67 (7).

Ab Punktnummer 8 (siehe Abbildung 3.7) auf einer Höhe von 1.040 m ü.M. stellte sich langsam eine Veränderung des Transportverhaltens hin zu fluviatilem Feststofftransport ein.

Mittellauf

Der Mittellauf wies einen intensiven fluviatilen Feststofftransport auf. Dieser Prozess ist durch das Vorhandensein von einem merkbaren Feststoff-Geschiebetransport (sohlnah) charakterisiert (HÜBL, 2009). Bei hm ~17,60 konnten bereits kleinere Seitenerosionen

festgestellt werden sowie Materialumlagerungen bei hm ~20,09 (9). Dabei ist jedoch nicht sicher, ob diese Ablagerungen (9) nicht von früheren Ereignissen stammten, man kann aber davon ausgehen. Sicher ist, dass die Materialumlagerungen bei hm ~16 (10) und die Zerstörung der Brücke an dieser Stelle durch dieses Ereignis verursacht wurden. Der Grund für die zerstörte Fußgängerbrücke (siehe Abbildung 3.11) und deren Verfrachtung rund 5 m unterhalb des Brückenfundamentes erfolgte vermutlich durch die Lösung einer Verkläusung. Dies erklärt auch das viele Totholz an dieser Stelle im Gerinne (siehe Abbildung 3.12).



Abbildung 3.11: Bei hm ~16 (10), weggespülte Brücke, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.12: Totholz und Materialablagerungen bei hm ~16 (10), Aufnahmedatum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).

Des Weiteren waren bei hm ~20,09 (9) deutliche fluviatile Anschlagmarken erkennbar. Auch war die Rinde von umflossenen Bäumen unverletzt (siehe Abbildung 3.13 und 3.14). Bei hm ~13,9 (11) waren ebenfalls kleinere Seitenerosionen und Ausspülungen von Wurzeln erkennbar. Das im Mittellauf befindliche Grünholz aus Seitenerosionen oder Nachböschungen wie bei hm ~13,68 (12) und das Totholz aus dem Gerinne wie bei hm ~16 (10) konnte als gering bezeichnet werden.



Abbildung 3.13: Anschlagmarke auf Höhe der Sperrnflügel (Projektnr. 76005), bei hm ~20,09 (9), Aufnahmedatum 18.09.2014.



Abbildung 3.14: Fluviale Anschlagmarke bei hm ~20,09, Aufnahmedatum 18.09.2014.

Ab Punktnummer (14) bei hm ~10,18 war, aufgrund der abgeschälten Rinde der im Bachbett stehenden Bäume (siehe Abbildung 3.15), eine weiterer Prozessänderung hin zu murartigen Feststofftransport festzustellen.



Abbildung 3.15: Abgeschälte Rinde (rund 50 cm) der im Bachbett stehenden Bäume, bei hm ~10,18 (14), Aufnahmedatum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).

Unterlauf

Den Leitprozess im Schadraum des Gastererbaches bildete der murartige Feststofftransport. Dieser Prozess ist durch die gleichmäßige Verteilung der Feststoffe bzw. Kornfraktionen (Dezimeter) über den gesamten Abflussquerschnitt charakterisiert. Die Geschwindigkeit der beiden Phasen ist hierbei annähernd gleich (HÜBL, 2009). Die Festlegung auf einen murartigen Feststofftransport erfolgte aufgrund der fehlenden Ablagerungsmuster von Murgängen, Auswertung des Bildmaterials und Erzählungen über den Ereignisher gang. Die Ablagerungen im Kegelbereich liesen weder den typischen Murkopf noch die Murfirse (Leveès) eindeutig erkennen. Der Kegelbereich wies eine lappenförmige Ablage-

rung auf. Die Prozessdynamik im Transit- und Ablagerungsbereich war grundsätzlich sehr schwer abzuschätzen. Die Baumvegetation im Transitbereich wurde von den mitgeführten, relativ scharfkantigen und grobkörnigen Feststoffen entweder abgeschält oder eingeschottert. Da die Bäume jedoch nur abgeschält wurden, ist die Möglichkeit gegeben, dass sich die zwei Phasen (Wasser und Geschiebe) des Gemisches mit einer differenzierten Kinematik fortbewegten.

Ab einer Höhe von 680 m ü.M. bis auf einer Höhe von 340 m ü.M. sind immer wieder Rutschungen (Translationsrutschungen) sowie Seitenerosionen vorhanden, wobei das Material nur zu einem geringen Teil durch das Ereignis selbst abtransportiert wurde. Sohlerosionen waren im Unterlauf keine erkennbar. Grund dafür sind vermutlich die zahlreichen Konsolidierungssperren aus den Jahren 1958 und 1959. Die Geschiebeherde (Seitenerosion, Rutschungen, Abtrag und Zwischendeponie) und deren Beitrag zur Geschiebefracht konnten als gering bezeichnet werden. Das Geschiebepotential im Unterlauf des Gastererbaches ist auffällig hoch, und doch wurden nur relativ geringe Mengen an Geschiebe mittransportiert. Teilweise waren zwischen den einzelnen Sperren Ablagerungen von großen Blöcken feststellbar. Das geschätzte Feststoffvolumen im Ablagerungsbereich mit 5.000 m³ (ED30, 2014) ist aufgrund des großen Geschiebepotentials im EZG als gering einzustufen. Auch das Potential der Schwemmholzquellen ist relativ hoch, jedoch konnte deren Beitrag zur Schwemmholzfracht von Grün- und Totholz als gering angegeben werden, da sich im Ablagerungsbereich kaum Schwemmholz befand. Die Punktnummern von (14) bis (30) und deren Fotodokumentation ist im Anhang B ersichtlich.

Bei den im EZG aufgetretenen Rutschungen handelte es sich wie bereits erwähnt, überwiegend um Translationsrutschungen. Diese Rutschungen sind dadurch charakterisiert, dass es sich um mehr oder weniger ebene Gleitflächen handelt. Sie entstehen häufig an Schichtgrenzen oder Diskontinuitätsflächen (BERGMEISTER et. al., 2008). Die größte und vermutlich älteste Rutschung (Punktnummer 17 und 18) im Einflussbereich des Gastererbaches, mit einer Anbruchshöhe von 690 m ü.M. und einer Ablagerungshöhe von 530 m ü.M., weist eine Fläche von rund 3.500 m² auf. Die zweite ältere Rutschung (26), mit einer Anbruchshöhe von 470 m ü.M. und einer Ablagerungshöhe von 390 m ü.M., ist wesentlich kleiner und weist eine Fläche von auf rund 872 m² auf (siehe Abbildung 3.16).

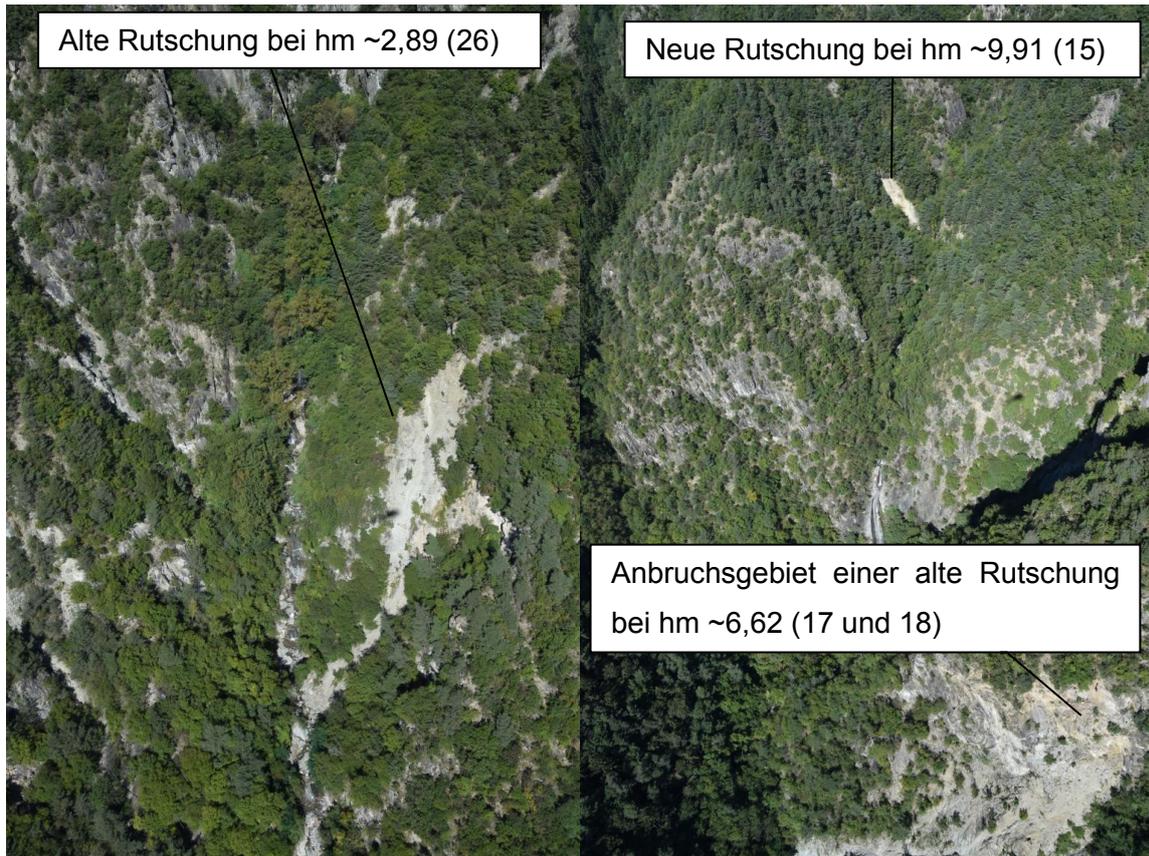


Abbildung 3.16: Luftbildaufnahmen der Rutschungen am 09.09.2014 (Luca Messina).

Die neue durch das Ereignis aktivierte wesentlich kleinere Rutschung (15) bei hm ~9,91 weist eine geschätzte Fläche von rund 380 m² auf und ist in Abbildung 3.17 ersichtlich.



Abbildung 3.17: Neue Rutschung bei hm ~9,91 (15) (links Georg Kompatscher (04.09.2014), rechts Lea Gasser (23.09.2014)).

Aufgrund der zahlreichen Ereignisphänomene im Unterlauf erfolgt eine kurze Auflistung der georeferenzierten Phänomene:

- Rutschung: bei hm ~9,91 (15), hm ~6,62 (17), hm ~6,25 (18), hm ~5,58 (19), hm ~4,36 (23) und hm ~2,89 (26). Die Rutschungen (siehe Abbildung 3.16) bei hm ~6,62 (17), hm ~6,25 (18) und bei hm ~2,89 (26), konnten eindeutig als alte Rut-

schungen nachgewiesen werden, da diese bereits im Orthofoto von 2011 ersichtlich sind.

- Seitenerosion: bei hm ~4,83 (20), hm ~4,39 (21) und hm ~2,31 (27) (siehe Abbildung 3.18)
- Eingeschotterte Bäume: bei hm ~4,13 (22) (siehe Abbildung 3.19) und hm ~2,7 (27)
- Rinde/Wurzeln von umflossenen Bäumen abgeschält: bei hm ~10,18 (14) und hm ~1,38 (28) (siehe Abbildung 3.20 und 3.21)
- Verkläusung: bei hm ~0,59 (29), hm ~0,35 (30) Unterquerung SS12
- Deutlich von der Umgebung abgegrenzte Ablagerung, unsortierte und ungeschichtete Ablagerung, abgelagerte Blöcke bei geringer Abflusstiefe, große Blöcke bis an den unteren Rand der Ablagerungen transportiert, bei hm ~0,59 (29) und bei hm ~0,35 (30) (siehe Abbildung 3.22 und 3.23)



Abbildung 3.18: Seitenerosion (27), Aufnahme- datum 01.09.2014 (Philipp Walder).



Abbildung 3.19: Eingeschotterte Bäume mit abgeschälter Rinde bei hm ~4,13 (22), Aufnahme- datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.20: Abgeschälte Bäume und Wurzeln, Anschlagmarke 1,80 m, bei hm ~1,38 (28), Aufnahme- datum 01.09.2014 (Philipp Walder).



Abbildung 3.21: Murartiger Feststofftransport, Abgeschälte Rinde und Wurzeln, bei hm ~1,38 (28), Aufnahme- datum 01.09.2014 (Philipp Walder).



Abbildung 3.22: Murartige Ablagerung auf Brennerstaatstraße bei hm ~0,59 (29), Aufnahme- datum 01.09.2014 (Philipp Walder).



Abbildung 3.23: Murartige Ablagerung, breite und unsortierte Kornverteilung, bei hm ~0,55 (30), Aufnahme- datum 01.09.2014 (Philipp Walder).

Zur besseren Visualisierung der im Einzugsgebiet des Gastererbaches erfolgten Prozessabfolgen wurde in Abbildung 3.24 ein „Abstrahiertes Gerinnesystem“ (AGS) angefertigt.

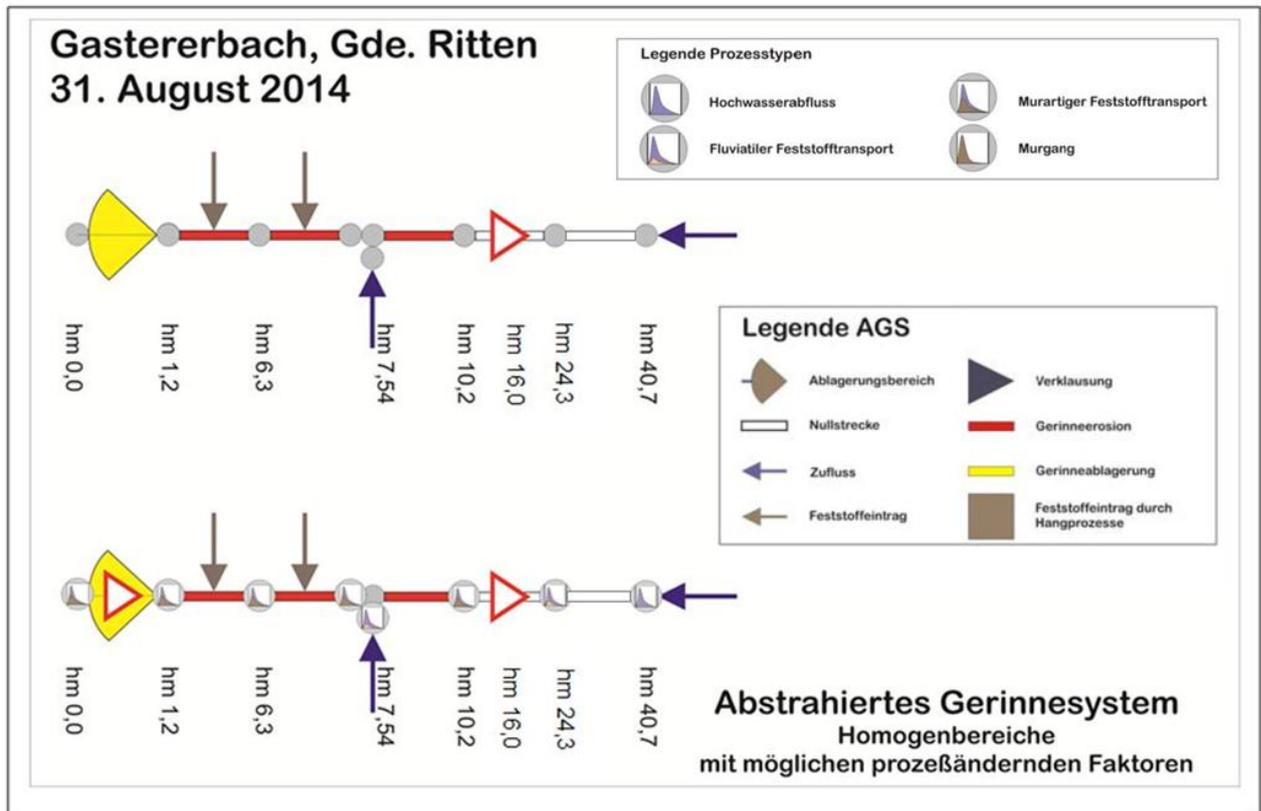


Abbildung 3.24: Abstrahiertes Gerinnesystem mit den entsprechenden Prozessänderungen am Gastererbach.

3.4.2 Intensität des Prozesses

Die Intensität des Prozesses im Schadraum wurde anhand der Grafik (siehe Abbildung 3.25) aus den Unterlagen des Universitätskurses „Ereignisdokumentation“ mit M für MITTEL bestimmt.

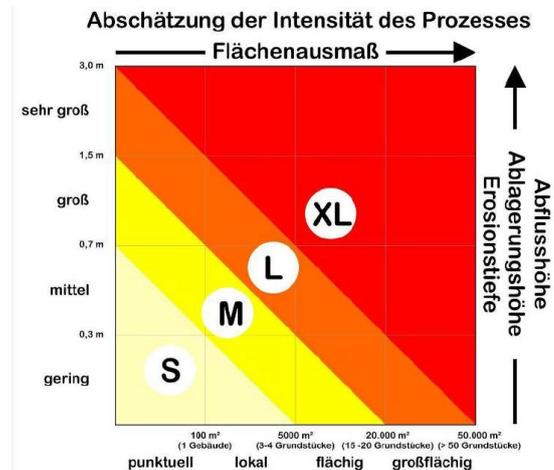


Abbildung 3.25: Abschätzung der Prozessintensität (HÜBL, 2009,16).

In den Angaben der ED30 Ereignisdokumentation vom Amt für Wildbach- und Lawinerverbauung Nord, wurde die geschätzte Materialablagerung mit 5.000 m³ und die Ablagerungstiefe anhand der Anschlagmarke an Bäumen mit 1,80 m (MAXO - A) angegeben. Der Ablagerungsbereich, in Abbildung 3.26 grün markierter Bereich, wies eine Fläche von rund 2.045 m² und eine Länge von rund 96 m (MAXO - M) auf. Die mittlere Ablagerungsmächtigkeit betrug 2 m und die maximale Ablagerungsmächtigkeit 3 m (MAXO - A). Eine genaue Auflistung der erhobenen Daten der Ereignisdokumentation (ED30) ist im Anhang A ersichtlich.

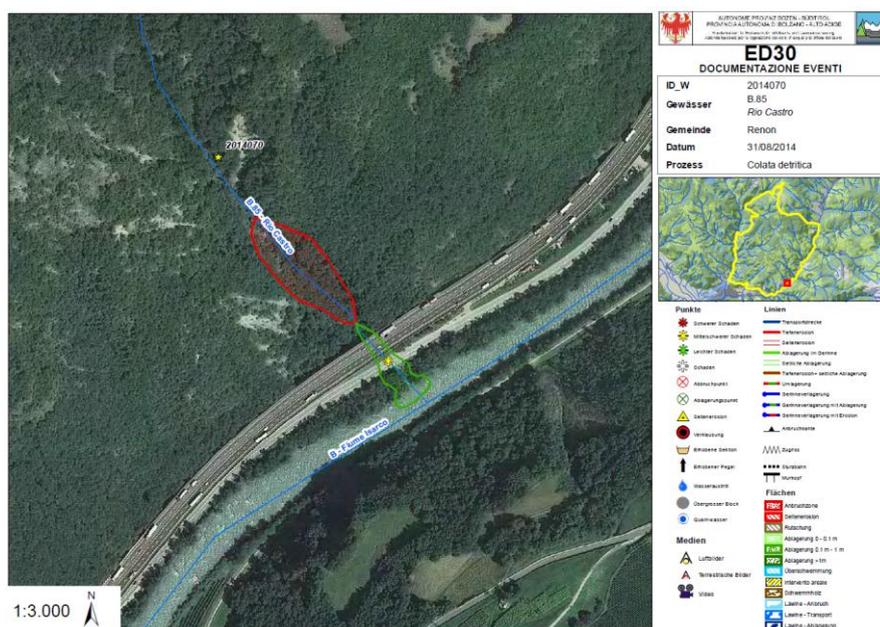


Abbildung 3.26: ED30 der Abteilung Wasserschutzbauten. Grüne Fläche - Ablagerungsbereich, rote Fläche - Anbruchzone.

3.5 Ablauf im Wirkungsbereich – Zeitlicher Verlauf des Ereignisses

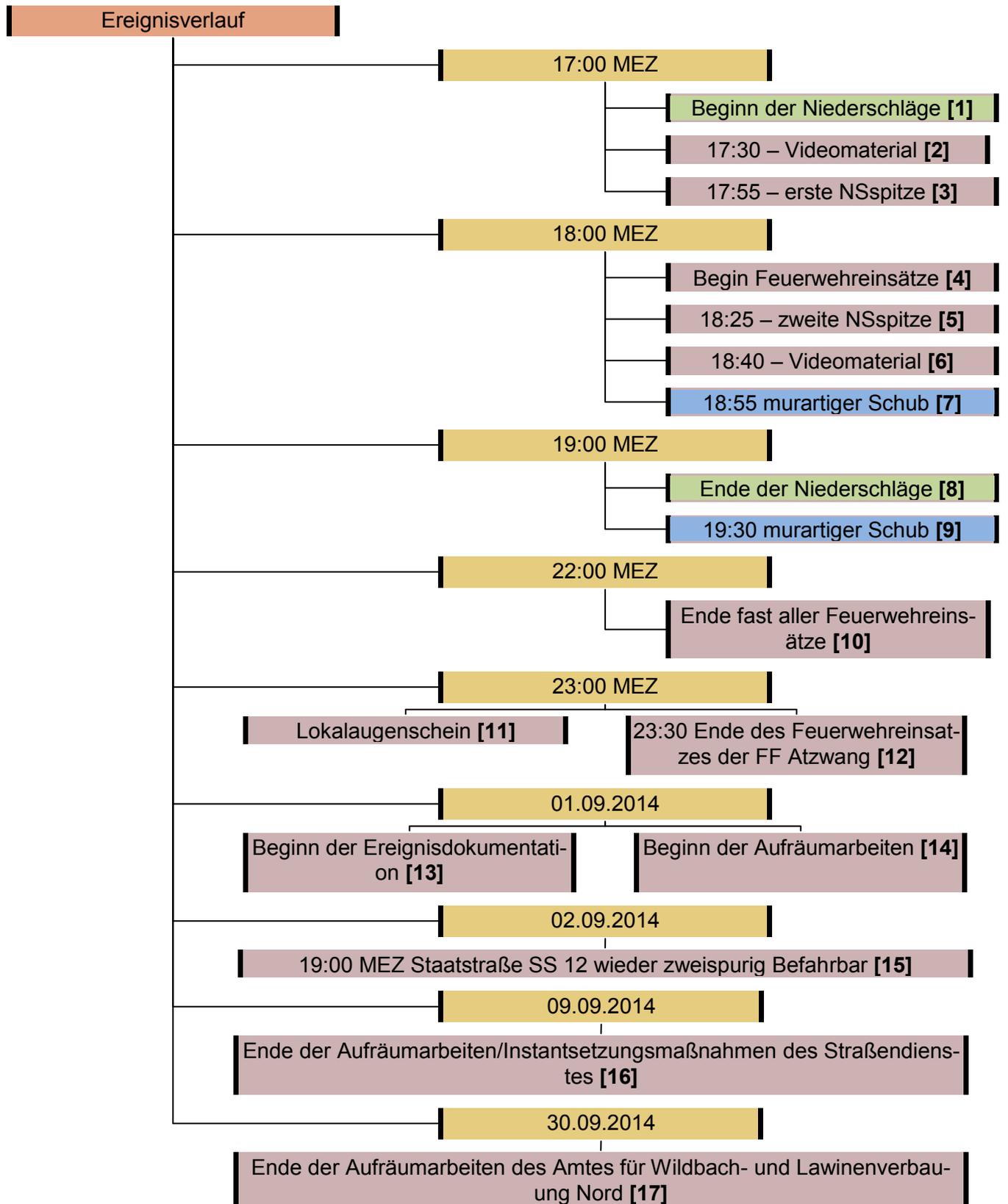
Im Rahmen der zeitlichen Rekonstruktion des Ereignisses mussten die erhaltenen Zeitangaben zur Vereinheitlichung in MEZ (Mittleuropäische Zeit) umgerechnet werden. Die Zeitangaben waren dabei wie folgt fixiert:

- Radardaten in UTC (Koordinierte Weltzeit – Coordinated Universal Time)
- Einsatzberichte Feuerwehr in MESZ (Mittleuropäische Sommerzeit)
- Augenzeugenberichte und Bildmaterial in MESZ (Mittleuropäische Sommerzeit)

Umrechnung: MEZ (UTC+1); MESZ (UTC+2)

Das Chronogramm in Tabelle 3.1 zeigt den zeitlichen Verlauf des Ereignisses, auf welchen im Anschluss näher eingegangen wird.

Tabelle 3.1: Chronogramm des Ereignisses.



[1] 17:00 MEZ: Beginn der Niederschläge

Der Beginn der Niederschläge konnte mit Hilfe von Radarbildern und deren Auswertung auf 17:00 MEZ festgelegt werden.

[2] 17:30 MEZ: YouTube Video „Unwetter Ritten 31.08.2014“

Anhand der Aufnahmen des YouTube Videos, welches während des Unwetters in der Gemeinde Ritten aufgenommen wurde, konnten die Niederschläge in Form von Hagel auf das obere Einzugsgebiet, auf Höhe der Eisenbahngleise (1.240 bis 1.220 m ü.M.), eingeschränkt werden. Wie in Abbildung 3.29 ersichtlich, sind auf einer Höhe von 1.090 m ü.M., sei es auf der LS 73, als auch in den Wiesen, keine Hagelkörner erkennbar. Wenige Höhenmeter oberhalb (1.220 m ü.M.) waren reichlich Hagelkörner (siehe Abbildung 3.27) ersichtlich. Im Einzugsgebiet des Gastererbaches konnten Hagelereignisse nur im Bereich der Handwerkerzone anhand eines Einsatzberichtes der FF festgestellt werden (Einsatz von 19:24 bis 20:30 MEZ - Hagelkörner verstopften die Dachrinne, wodurch Wasser in Betrieb und Wohnung eindrang). Somit ist festzuhalten, dass der Hagel im EZG zu keiner größeren Veränderung des Abflussverhaltens beigetragen haben dürfte.



Abbildung 3.27: Hagel und Regen (1.220 m ü.M.), Kreuzung Wolfsgrubenstraße mit Alten Mühlweg, Ausschnitt aus YouTube Video (Minute 02:33), (YouTube, 2014).



Abbildung 3.28: Der rote Pfeil markiert den Ort des Videoausschnitts links, das EZG des Gastererbaches (orange Linie).



Abbildung 3.29: Im EZG auf LS 73 (1.090 m ü.M.), Straße unter Wasser, keine Hagelkörner erkennbar, Ausschnitt aus YouTube Video (Minute 04:16) (YouTube, 2014).



Abbildung 3.30: Im EZG auf LS 73, links im Bild Wiese unter Wasser, keine Hagelkörner erkennbar, Ausschnitt aus YouTube Video (Minute 04:29) (YouTube, 2014).

Mit Hilfe des Einsatzberichtes der FF Lengmoos und dem Feuerwehrmann Fink Florian konnte anhand des in Abbildung 3.31 ersichtlichen Ausschnittes aus dem Video, die Uhrzeit der erfolgten Aufnahmen bei ca. 18:00 MEZ festgelegt werden. Da der Alarm bzw. die Meldung, dass sich bei der Bushaltestelle „Zentral“ ein Baum auf der Fahrbahn befindet, um 18:14 MEZ erfolgte. Der Einsatz endete um 18:44 MEZ (LFV, 2014), d.h. dass das Video vorher entstanden sein muss.



Abbildung 3.31: Links im Bild umgefallener Baum, Ausschnitt aus YouTube Video (Minute 5:53), Bushaltestelle „Zentral“- Hauptstraße Klobenstein (YouTube, 2014).

[3] 17:55 MEZ: Erste Niederschlagsspitze

Die Niederschlagsintensität konnte mit Hilfe von Radarbildern und deren Auswertung um 17:55 MEZ mit 7,4 mm/5min angegeben werden. Mehr dazu im Kapitel 4.2 - Ereignisniederschlag.

[4] 18:00 MEZ: Beginn der Feuerwehreinsätze im Raum Ritten

Aus den Einsatzberichten der FF im Gemeindegebiet Ritten geht hervor, dass die Einsätze zwischen 18:00 MEZ und 22:00 MEZ, in vereinzelt Fällen auch länger, erfolgten (LFV, 2014). Grund für die Alarmierungen waren:

- umgestürzte Bäume,
- Wasserschäden durch eindringendes Wasser in Privathäusern und Handwerksbetrieben sowie
- zahlreiche Überschwemmungen von Kellern, Garagen, Straßen, und Parkplätzen,
- blockierte Garageneinfahrten durch Hagelkörner (Hagelkorn-Durchmesser 10 cm) und
- versperrte Straßen durch Gerölllawinen und Vermurungen (LFV, 2014).

[5] 18:25 MEZ: Zweite Niederschlagsspitze

Die Niederschlagsintensität konnte mit Hilfe von Radarbildern und deren Auswertung um 18:25 MEZ mit 5,9 mm/5min angegeben werden.

[6] 18:40 MEZ: Video und Bildmaterial von Platter Jörg

Das Video- und Bildmaterial (siehe Abbildung 3.32 und 3.33) von Herrn Platter mit Zeitstempel und seinen persönlichen Aussagen, dass es zum Zeitpunkt der Aufnahmen in

Strömen geregnet hat, half bei der Verifizierung von Annahmen bzw. bei der Überprüfung der bis zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Fakten. Hätte es zum Zeitpunkt der Aufnahmen nicht mehr geregnet, müsste ein Fehler bei der Auswertung der Radardaten vorliegen.



Abbildung 3.32: Bei hm ~24,33, Unterhalb des Güterweges „Forstner-Oberschweinsteig“, während des Hochwassers am 31.08.2014 um 18:36 MEZ (Jörg Platter).



Abbildung 3.33: Bei hm ~24,33, auf dem Grundstück von Jörg Platter, während des Hochwassers am 31.08.2014 um 18:36 MEZ (Jörg Platter).

In diesem Bereich wurden in den Jahren 2004 und 2009 am Gastererbach Bauarbeiten durchgeführt (Projekte 040158 und 10018). Nach den Aussagen von Herrn Platter blieben nach den Arbeiten Überschwemmungen seines Grundstücks aus, welche vorher bei Hochwasserführung des Gastererbaches regelmäßig erfolgten.

[7] 18:55 MEZ: Alarmierung der FF Atzwang – „Vermurung SS 12“

Um 18:55 MEZ am 31. August 2014 ging bei der FF Atzwang der Alarm ein, dass auf der Brennerstaatsstraße SS 12 bei der Überquerung des Gastererbaches eine Mure die Straße blockiert. Um 19:00 MEZ rückte die Feuerwehr aus. Der Einsatz dauerte bis 23:30 MEZ (LFV, 2014).

[8] 19:00 MEZ: Ende des Niederschlagsereignisses

Das Ende der Niederschläge konnte mit Hilfe von Radarbildern auf 19:00 MEZ festgelegt werden.

[9] 19:30 MEZ: FF Kommandant wird von murartigen Feststofftransport in den Tot gerissen

Der Notruf zum tragischen Unfall des 39-jährigen Kommandanten der FF Atzwang, Alexander Mayr, ging in der Landesnotrufzentrale um 19:30 MEZ ein, so Christoph Oberhollenzer, Direktor des Landesverband der Freiwilligen Feuerwehren Südtirols. Während des Lokalausgangs wurde der Kommandant von nachfolgenden Geröll und Schlamm erfasst, mitgerissen und unterhalb der Straße verschüttet. Die Rettungsversuche seiner Kollegen blieben erfolglos. Herr Mayr verstarb noch an der Unfallstelle (siehe Abbildung

3.34). Im Einsatz waren die Carabinieri, das Weiße Kreuz, der Notarzt und die Berufsfeuerwehr Bozen (LFV, 2014).



Abbildung 3.34: Unglücksstelle, Mündungsbereich des Gastererbaches, Aufnahme datum 01.09.2014 (Philipp Walder).

[10] 22:00 MEZ: Ende fast aller Feuerwehreinsätze

[11] 23:00 MEZ: Lokalaugenschein

Gegen Mitternacht erfolgte auf Anfrage der Carabinieri von Ritten ein Ortsaugenschein mit den zuständigen Behörden (Berufsfeuerwehr, Wasserschutzbauten, Geologie und Zivilschutz). Dabei wurde beobachtet, dass am Murauslauf noch reichlich Wasser abfloss und dass die Schutzbauwerke im Gastererbach durch das Unwetter unbeschädigt blieben (STAFFLER, 2014).

[12] 23:30 MEZ: Ende des Feuerwehreinsatzes der FF Atzwang

[13] 01.09.2014: Beginn der Ereignisdokumentation

In den Morgenstunden des 01. September 2014 vor Beginn der Aufräumarbeiten wurde von der Abteilung Wasserschutzbauten ein weiterer Lokalaugenschein durchgeführt (STAFFLER, 2014). Im Zuge dessen wurde vom Amt für Wildbach und Lawinenverbauung Nord, mit der Ereignisdokumentation (ED30 Nr. 2014070) begonnen.

[14] 01.09.2014: Beginn der Aufräumarbeiten

Die Aufräumarbeiten auf der Brennerstaatsstraße SS 12 begannen am 01. September 2014 gegen 08:12 MEZ, was ein Foto (siehe Abbildung 3.35) von Philipp Walder, Mitarbeiter des Amtes für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord, belegt.



Abbildung 3.35: Beginn der Aufräumarbeiten, bei hm ~0,59 (29), murartige Ablagerung auf SS12, in Fahrtrichtung Bozen, Aufnahmezeitpunkt 01.09.2014 um 08:12 MEZ (Philipp Walder).



Abbildung 3.36: Beginn der Aufräumarbeiten, bei hm ~0,59 (29), murartige Ablagerung auf SS 12, in Fahrtrichtung Brenner, Aufnahmezeitpunkt 01.09.2014 (Philipp Walder).

[15] 02.09.2014: SS 12 wieder zweispurig befahrbar

Das Onlinemagazin „stol.it – Nachrichten für Südtirol“ schreibt am 02. September 2014 um 16:47 Uhr (MESZ), dass die Brennerstaatstraße SS 12 gegen 20:00 MEZ wieder geöffnet werden kann, so der Amtsdirektor des Straßendienstes Burggrafenamt Philipp Sicher (NACHRICHTEN FÜR SÜDTIROL, 2014).

[16] 09.09.2014: Ende der Aufräumarbeiten bzw. Instandsetzungsmaßnahmen des Straßendienstes

Neben den Aufräumarbeiten bzw. der Beseitigung des Materials wurden vom Straßendienst noch weitere Abschlussarbeiten bzw. Instandsetzungsarbeiten durchgeführt. Die Kosten der gesamten Arbeiten beliefen sich laut Angaben des Amtsdirektors Valter Molon, des zuständigen Straßendienstes Salten-Schlern auf 17.717,63 €.

[17] 30.09.2014: Ende der Aufräumarbeiten des Amtes für Wildbach- und Lawinverbauung Nord

Die Aufräumarbeiten des Amtes für Wildbach- und Lawinverbauung Nord begannen am 02. September und endeten am 30. September. Die Kosten der Arbeiten beliefen sich dabei auf 40.000,00 €, so Philipp Walder, Mitarbeiter des Amtes für Wildbach- und Lawinverbauung Nord.

3.6 Zusammenfassung der zeitlichen und räumlichen Ereigniskonstruktion

Eine aus Norden kommende Kaltfront führte am Nachmittag des 31. August 2014 im Raum Ritten zu starken Niederschlägen mit lokalen Hagelereignissen (MAIR, 2014). Innerhalb von zwei Stunden fielen laut Aufzeichnungen der Wetterstation Völs am Schlern rund 70 mm Niederschlag (STAFFLER, 2014). Der Beginn der Niederschläge kann mithilfe von Radarbildern auf 17:00 MEZ und deren Ende auf 19:00 MEZ festgelegt werden [1][8]. Anhand eines YouTube Videos konnte festgestellt werden, dass der Hagel im Einzugsgebiet des Gastererbaches mit großer Wahrscheinlichkeit zu keiner nennenswerten Veränderung des Abflussverhaltens geführt hat [2]. Die schnelle Abflusskonzentration im Oberlauf kann auf die Flächenversiegelung und Vorgeuchte der Böden zurückzuführen sein. Auch die Landstraße LS 73 und die im Oberlauf des EZG entwässernden Regenwasserleitungen (siehe Abbildung 3.5) trugen zu einer zusätzlichen Erhöhung der Abflusskonzentration bei.

Nach Angaben des Abteilungsdirektors für Brand- und Zivilschutz wurden am 31. August 2014 bis 22:00 MEZ rund 70 Einsätze von den Freiwilligen Feuerwehren (Zone Ritten, Jenesien, Völs und Tiers) abgearbeitet (STAFFLER, 2014). Aus den Einsatzberichten der Freiwilligen Feuerwehren Ritten konnte dies bestätigt werden. Deren Einsatzdauer lag zwischen 18:00 MEZ [4] und 22:00 MEZ [10], sowie 23:30 MEZ am Mündungsbereich des Gastererbaches (LFV, 2014).

Im Oberlauf (hm 40,7 bis hm 20,68; Gerinnegefälle 15 %) des EZG charakterisierte der Hochwasserabfluss das Prozessverhalten. Dies konnte anhand des Fotomaterials im Anhang B nachgewiesen werden, da keinerlei Sedimentablagerungen und Geschiebeherde feststellbar waren. Das Video- und Bildmaterial [6] bei hm ~24,67 und hm ~24,33 mit Zeitstempel und Augenzeugenaussagen, half bei der Überprüfung der bis zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Fakten (18:40 MEZ noch starke NS), u.a. auch dass sich ab hm ~24,33 langsam eine Veränderung des Transportverhaltens hin zu fluviatilen Feststofftransport einstellte.

Im Mittellauf (hm 20,68 bis hm 10,14; Gerinnegefälle 28 %), welcher wie bereits erwähnt vom Prozessverhalten des fluviatilen Feststofftransport geprägt war, konnten folgende Ereignisphänomene nachgewiesen werden:

- Kleinere Seitenerosionen bei hm ~17,60.
- Deutliche fluviatile Anschlagmarken bei hm ~20,09 (9).
- Durch die Lösung einer Verklausung bei hm ~16 (10) kam es zur Zerstörung der Fußgängerbrücke an dieser Stelle sowie zu Materialumlagerungen.
- Kleinere Seitenerosionen und Ausspülungen von Wurzeln bei hm ~13,9 (11).

Bei hm ~10,18 (14) konnte aufgrund der abgeschälten Rinde der im Bachbett stehenden Bäume (siehe Abbildung 3.15) eine Prozessänderung hin zu murartigen Feststofftransport abgeleitet werden.

Gegen 18:55 MEZ erfolgte dann der erste nachgewiesene murartige Schub bei hm ~0,59 [7]. Kurze Zeit später, um 19:30 MEZ, ging ein zweiter Murschub ab. Der Kommandant der FF Atzwang wurde von einem murartigen Feststofftransport in den Tot gerissen [9] (LFV, 2014). Dementsprechend wurde der Leitprozess im Schadraum bzw. Unterlauf (hm 10,14 bis hm 0; Gerinnegefälle 35 %) des Gastererbaches von einem murartigen Feststofftransport gebildet. Gegen Mitternacht (23 MEZ) erfolgte auf Anfrage der Carabinieri von Ritten ein Ortsaugenschein mit den zuständigen Behörden (Berufsfeuerwehr, Wasserschutzbauten, Geologie und Zivilschutz) [11]. In den Morgenstunden des 01. September 2014 vor Beginn der Aufräumarbeiten [12] erfolgte von der Abteilung Wasserschutzbauten ein weiterer Lokalaugenschein (STAFFLER, 2014). Im Zuge dessen wurde mit der Ereignisdokumentation (ED30 Nr. 2014070) begonnen [13].

Die Festlegung auf einen murartigen Feststofftransport erfolgte aufgrund der fehlenden Ablagerungsmuster von Murgängen, Auswertung des Bildmaterials und Erzählungen über den Ereignishergang. Die Baumvegetation im Transitbereich wurde von den mitgeführten, relativ scharfkantigen und grobkörnigen Feststoffen entweder abgeschält oder eingeschottert.

Ab einer Höhe von 680 m ü.M. bis auf einer Höhe von 340 m ü.M. sind immer wieder Rutschungen (Translationsrutschungen) sowie Seitenerosionen vorhanden. Es folgt eine Auflistung der Ereignisphänomene im Unterlauf mit den jeweiligen georeferenzierten Punktnummern (siehe Anhang B):

- Rutschung: bei hm ~9,91 (15), hm ~6,62 (17), hm ~6,25 (18), hm ~5,58 (19), hm ~4,36 (23) und hm ~2,89 (26).
- Seitenerosion: bei hm ~4,83 (20), hm ~4,39 (21) und hm ~2,31 (27)
- Eingeschotterte Bäume: bei hm ~4,13 (22) und hm ~2,7 (27)
- Rinde/Wurzeln von umflossenen Bäumen abgeschält: bei hm ~10,18 (14) und hm ~1,38 (28)
- Verklausung: bei hm ~0,59 (29), hm ~0,35 (30) Unterquerung SS12
- Deutlich von der Umgebung abgegrenzte Ablagerung: bei hm ~0,59 (29) und bei hm ~0,35 (30)

Zwei Tage später, am 02. September 2014, konnte die Brennerstaatstraße SS 12 wieder für den Verkehr geöffnet werden [15]. Die Aufräumarbeiten vom Straßendienst und der Abteilung Wasserschutzbauten dauerten noch mehrere Tage bis zu einem Monat an. Die Kosten der Aufräumarbeiten und Instandsetzungsmaßnahmen beliefen sich insgesamt auf rund 57.720 €.

Das geschätzte Feststoffvolumen im Ablagerungsbereich lag bei rund 5.000 m³ (ED30, 2014). Dies ist aufgrund des großen Geschiebepotentials im EZG des Gastererbaches sehr gering.

3.7 Referenzprofile

Die Aufnahme der Referenzprofile erfolgte am 13. Februar 2015 am Gastererbach. Der späte Aufnahmezeitpunkt ist damit zu erklären, dass nach Durchsicht der Ereignisdokumentation ED30 (Abteilung Wasserschutzbauten) (siehe Anhang A) zu spät festgestellt wurde, dass keine Referenzprofile erhoben wurden.

Die Aufnahme von Referenzprofilen an ausgewählten Gerinneabschnitten diente zur Rekonstruktion des Abflusses zum Ereigniszeitpunkt. Für die Aufnahme der Profile wurden Gewässerabschnitte mit stabiler Sohlenlage und anzunehmender gleichbleibender Gerinnegeometrie während des Ereignisses ausgewählt. Die Anschlagmarken waren teilweise noch sehr gut erkennbar und wurden zudem mit dem Bildmaterial vom Ereignis verglichen. Die Geschwindigkeitsabschätzung des Hochwasserabflusses im Oberlauf erfolgte aufgrund eines während des Ereignisses aufgenommenen Videos. Die Profile wurden in Blickrichtung bachaufwärts erhoben und mittels GPS (GeoXH 6000) verortet. Die Lage der Profile ist in Tabelle 3.2 und Abbildung 3.37 dargestellt.

Tabelle 3.2: Lage der verorteten Referenzprofile.

Profilnummer	Hektometer [hm]	Seehöhe [m ü.M]
1	1,16	347
2	2,40	381
3	2,74	390
4	20,09	963
5	24,30	1.036

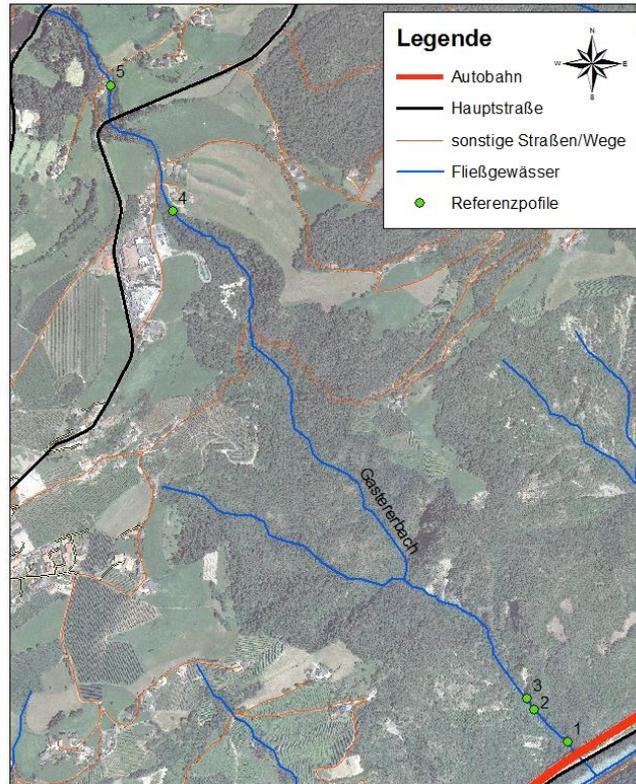


Abbildung 3.37: Lage der am 13.02.2015 erhobenen Referenzprofile am Gastererbach.

Die Berechnung des Ereignisabflusses an den aufgenommenen Profilen ist in Kapitel 4.3 ersichtlich. Der Spitzenabfluss (Mischabfluss) im Unterlauf des Gastererbaches bei hm ~1,16 mit einer geschätzten Fließgeschwindigkeit von 3 m/s, betrug 58 m³/s. In Abbildung 3.38 ist der Spitzenabfluss an den jeweiligen Referenzprofilen (berechnet mit einer geschätzten Fließgeschwindigkeit von 3 m/s bei Profil 1 bis 3 und 3,5 m/s bei Profil 4 und 5) grafisch dargestellt.

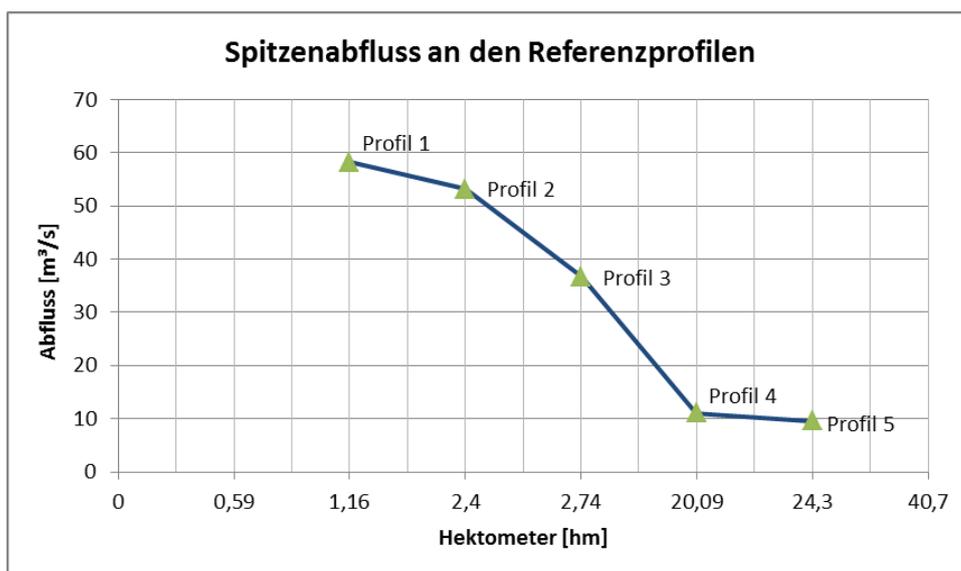
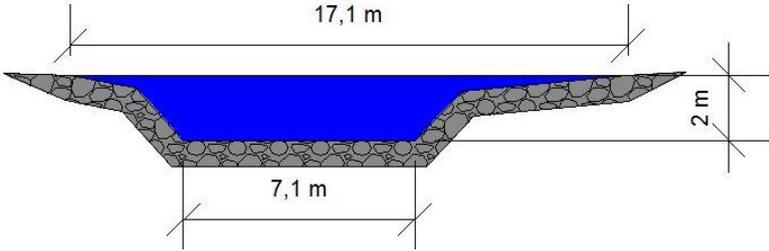
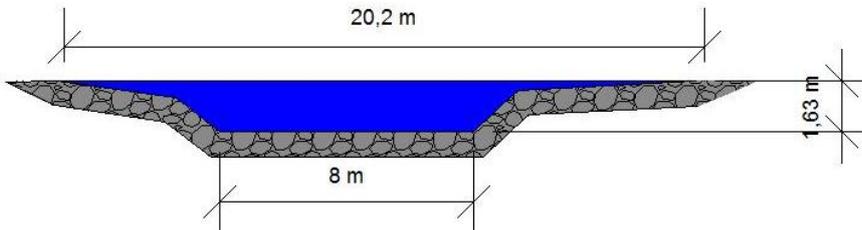
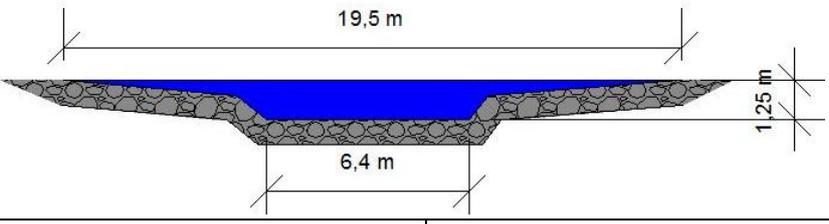
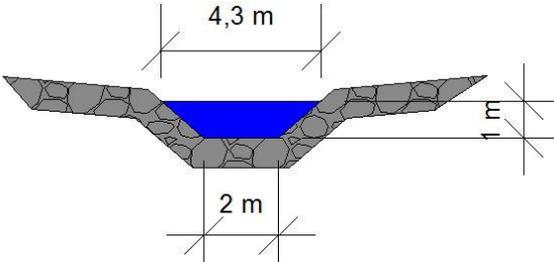


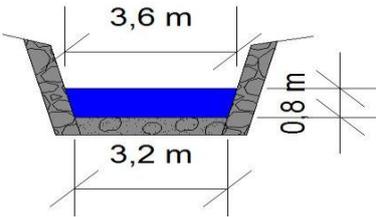
Abbildung 3.38: Spitzenabfluss an den Referenzprofilen mit einer geschätzten Fließgeschwindigkeit von 3 m/s bei Profil 1 bis 3 und 3,5 m/s bei Profil 4 und 5.

Profil 1, hm 1,16		
Gastererbach- Ereignis vom 31.08.2014		
Referenzprofil – Trapez		 <p>Abbildung 3.39: Referenzprofil 1 vom 13.02.2015, Aufnahme datum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>
Gerinneverlauf	gestreckt	
Querschnittsfläche [m ²]	19,4	
Struktur	Überfall an Bauwerk	
Neigung [%]	14	
Maximale Fließtiefe [m]	2,0	
Sohlbreite [m]	7,1	
Benetzter Umfang [m]	18,5	
		
Abgeleitete Parameter		Bemerkung
Geschwindigkeit [m/s] geschätzt	3	
Abflussspitze [m ³ /s]	58,3	
Prozesstyp	Murartiger Feststofftransport	

Profil 2, hm 2,40		
Gastererbach- Ereignis vom 31.08.2014		
Referenzprofil – Trapez		 <p>Abbildung 3.40: Referenzprofil 2, Aufnahmedatum 13.02.2015.</p>
Gerinneverlauf	gestreckt	
Struktur	Überfall an Bauwerk	
Querschnittsfläche [m ²]	17,7	
Neigung [%]	16	
Maximale Fließtiefe [m]	1,63	
Sohlbreite [m]	8	
Benetzter Umfang [m]	23,1	
		
Abgeleitete Parameter		Bemerkung
Geschwindigkeit [m/s] geschätzt	3	
Abflussspitze [m ³ /s]	53,2	
Prozesstyp	Murartiger Feststofftransport	

Profil 3, hm 2,74		
Gastererbach- Ereignis vom 31.08.2014		
Referenzprofil – Trapez		
Gerinneverlauf	gestreckt	
Struktur	Überfall an Bauwerk	
Querschnittsfläche [m ²]	12,2	
Neigung [%]	19	
Maximale Fließtiefe [m]	1,25	
Sohlbreite [m]	6,4	
Benetzter Umfang [m]	20,2	
		
Abgeleitete Parameter		Bemerkung
Geschwindigkeit [m/s] geschätzt	3	
Abflussspitze [m ³ /s]	36,7	
Prozesstyp	Murartiger Fest- stofftransport	

Profil 4, hm 20,09		
Gastererbach- Ereignis vom 31.08.2014		
Referenzprofil – Trapez		 <p>Abbildung 3.42: Referenzprofil 4 vom 13.02.2015, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
Gerinneverlauf	gestreckt	
Struktur	Überfall an Bauwerk	
Querschnittsfläche [m ²]	3,15	
Neigung [%]	10	
Maximale Fließtiefe [m]	1,0	
Sohlbreite [m]	2	
Benetzter Umfang [m]	5,1	
		
Abgeleitete Parameter		Bemerkung
Geschwindigkeit [m/s] geschätzt	3,5	
Abflussspitze [m ³ /s]	11	
Prozesstyp	Fluviatiler Feststofftransport	

Profil 5, hm 24,3		
Gastererbach- Ereignis vom 31.08.2014		
Referenzprofil – Trapez		 <p>Abbildung 3.43: Referenzprofil 5 vom 13.02.2015. Aufnahmedatum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
Gerinneverlauf	gestreckt	
Struktur	Kies, Einzelblöcke	
Querschnittsfläche [m ²]	2,72	
Neigung [%]	25	
Maximale Fließtiefe [m]	0,8	
Sohlbreite [m]	3,2	
Benetzter Umfang [m]	4,8	
		
Abgeleitete Parameter		Bemerkung
Geschwindigkeit [m/s] geschätzt	3,5	Die Schätzung der Fließgeschwindigkeit erfolgte durch ein während des Ereignisses aufgenommenes Video. Da im Video jedoch ständig die Ansicht geändert wurde, stellte sich die Abschätzung etwas schwierig dar.
Abflussspitze [m ³ /s]	9,5	
Prozesstyp	Fluviatiler Feststofftransport	

3.8 Geschiebe - Kornverteilung

In typischen Wildbacheinzugsgebieten reichen die Korngrößen von sehr feinen bis sehr groben Anteilen. Eine einfache und schnelle Methode zur Analyse von Geschiebe stellt dabei die Linienzahlanalyse (LZA) dar, welche von der VAW-ETH Zürich entwickelt wurde (FEHR, 1987). Dazu wird zur Vermeidung von systematischen Fehlern eine Schnur über den zu untersuchenden Bereich gelegt. Daraufhin wird bei allen Steinen, welche einen Durchmesser größer 1 cm haben und unter der Schnur liegen, die b-Achse (mittlere Achse des Steines) gemessen. Die erhaltenen Werte werden in Durchmesserklassen unterteilt und gezählt (mindestens 150 Steine) (RICKENMANN, 2014).

Zur Ermittlung der Kornverteilung für die Ereignisanalyse, erfolgte am 13. Februar 2014 im Unterlauf des Gastererbaches bei hm ~2,4 die Aufnahme einer Linienprobe. Mit den erhaltenen Werten wurde dann die Linienzahlanalyse nach FEHR (1987) durchgeführt. Für die Kornverteilungskurve der Fraktionen, welche kleiner 1 cm sind, wurde das Verfahren nach Fuller verwendet (FEHR, 1987). Im Anschluss daran wurden die beiden Kurven für den Grob- und Feinanteil zusammengeführt, wodurch dann die Kornverteilungskurve, (siehe Abbildung 3.44) für den Gastererbach ermittelt wurde.

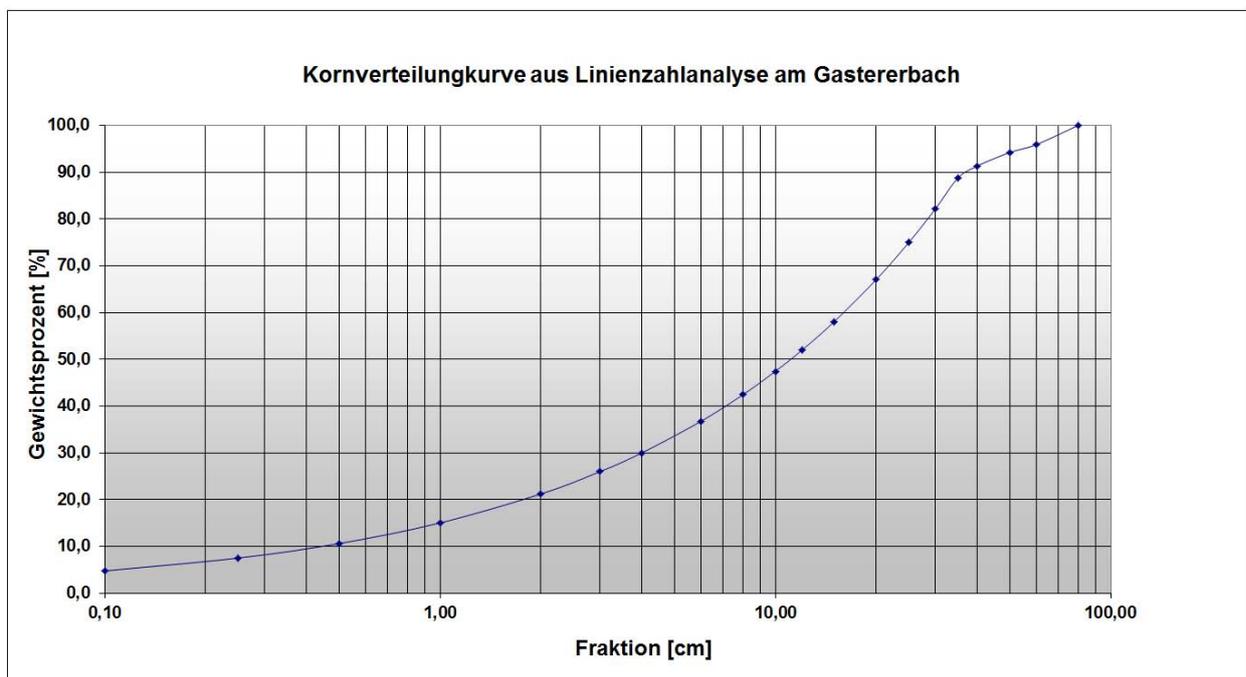


Abbildung 3.44: Kornverteilung aus Linienzahlanalyse am Gastererbach.

Tabelle 3.3 zeigt eine Übersicht über die Kornverteilung im Unterlauf des Gastererbaches. Der D_{90} der Kornverteilung beträgt dabei 41,2 cm, d.h., dass 90 % der Steine kleiner als 41,2 cm sind.

Tabelle 3.3: Übersicht der Kornverteilung am Gastererbach.

Kornverteilung	
D_m [cm]	16,5
D₉₀ [cm]	41,2
D₅₀ [cm]	12,4
D₃₀ [cm]	5,0

Aufgrund des späten Aufnahmezeitpunktes ist das Ergebnis der Linienzahlanalyse jedoch kritisch zu betrachten, da es im Zuge der Aufräumarbeiten zu Materialumlagerungen gekommen ist, was das Ergebnis verzerren könnte.

3.9 Wirkung der Schutzmaßnahmen

Die Einkehrdämme aus dem Jahre 2004 erfüllten laut Augenzeugen ihren Zweck. Die Überschwemmungen in diesem Bereich blieben nach deren Bau erfolgreich aus. Die Konsolidierungssperren erfüllten ihre Funktion. Durch die beträchtlichen Dimensionen einzelner Sperrkörper kam es vermutlich zur Reduktion der Prozessenergie. Die Erosionsherde liegen größtenteils außerhalb des Wirkungsbereiches der Bauwerke. Die größte Schwachstelle im System stellt sicherlich die, für ein Ereignis dieser Größenordnung, viel zu klein dimensionierte Unterquerung (3 m breit und 1,3 m hoch) der Brennerstaatsstraße SS 12 bei hm ~0,59 dar (Zuständigkeitsbereich Abteilung Straßendienst).

3.10 Schäden und Folgewirkungen

Die Sachschäden im Einzugsgebiet, die durch das Ereignis hervorgerufen wurden, sind verhältnismäßig gering. In der Handwerkerzone Klobenstein kam es vereinzelt zu Wasserschäden durch eindringendes Regenwasser. Das Fundament der Brücke (siehe Abbildung 3.47) auf dem Güterweg „Forstner-Oberschweinsteig“, bei hm ~24,67 wurde beschädigt. Bei hm ~16 wurde eine Fußgängerbrücke (siehe Abbildung 3.49 und 3.50) weggerissen und mehrere Meter nach unten transportiert. Bei hm ~4,36 und hm ~3,9 wurden die Sperrkronen (siehe Abbildung 3.48 und 3.51) beschädigt, wobei nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, dass diese Schäden durch das betreffende Ereignis verursacht wurden. Bei hm ~1,38 fehlten im Mauerwerk einzelne Steine (siehe Abbildung 3.52). Auch sind die Leitplanken (siehe Abbildung 3.53 und 3.54) der Brennerstaatstraße SS 12 durch das Prozessgeschehen beschädigt worden und zu erneuern.

Der Personenschaden durch den Tod des Kommandanten kann bzw. will die Verfasserin dieser Arbeit jedoch nicht beziffern und auf Grund der Tragik nicht weiter erörtern.

Die gesamte Fotodokumentation mit georeferenzierten Punktnummern (...) sind im Anhang B ersichtlich.



Abbildung 3.45: Bei hm ~28,82 (4), Rohrbruch: Loch in Forststraße, Aufnahme datum 18.09.2014.



Abbildung 3.46: Bei hm ~28,44 (5), Ausspülung der Forststraße unterhalb des Rohrbruches, Aufnahme datum 18.09.2014.



Abbildung 3.47: Bei hm ~24,67 (7), Beschädigung der Brücke am Güterweg, Brückenhöhe 16 m, Aufnahme datum 18.09.2014.



Abbildung 3.48: Bei hm ~4,36 (23), beschädigte Sperre (Projektnr. 59019), einzelne Kronensteine fehlen, Aufnahme datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.49: Bei hm ~16 (10), Steig 154 „Keschtnweg“, beschädigtes Brückenfundament, unterhalb Erdpyramiden, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.50: Bei hm ~16 (10), Brücke durch Lösung der Verkläusung weggespült ca. 5 m unterhalb des Brückenfundamentes, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.51: Bei hm ~3,9 (24), beschädigte Sperre (Projektnr. 59019), Aufnahmedatum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).



Abbildung 3.52: Bei hm ~1,38 (28), kleiner Schaden der Ufermauer- Großteiles jedoch sehr guter Zustand, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).



Abbildung 3.53: Bei hm ~0,35 (30), kaputte Leitplanken und deren Fundament links der Unterquerung, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).



Abbildung 3.54: Bei hm ~0,35 (30), beschädigte Leitplanken vor der Unterquerung des Gastererbaches, Aufnahmedatum 02.09.2014 (Philipp Walder).

Die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Standardbauwerke (das sind Bauwerke deren Versagen geringe (lokale) Auswirkungen auf das Verbauungssystem haben (HÜBL, 2009)), kann mit der Zustandsstufe 2 (guter Erhaltungszustand) angegeben werden.

Das Ausmaß der Folgewirkungen durch die für zwei Tage gesperrte Brennerstaatsstraße kann durch die Ausweichmöglichkeit auf die Brennerautobahn als gering angesehen werden. Das Ereignis hatte auf den Vorfluter keinerlei Auswirkungen. Es kam weder zu einer Aufstauung des Eisacks wie im Jahre 1957, noch zu einem Rückstau.

3.10.1 Kosten der Aufräumarbeiten und Instandsetzungsarbeiten

Neben den Aufräumarbeiten bzw. der Beseitigung des Materials wurden vom Straßendienst noch weitere Abschlussarbeiten bzw. Instandsetzungsarbeiten durchgeführt. Die Kosten der Arbeiten beliefen sich, laut Angaben des Amtsdirektors Valter Molon des zuständigen Straßendienstes Salten-Schlern, auf 17.717,64 €. In Tabelle 3.4 ist die Kostenaufstellung und deren Verwendungsbereich aufgelistet.

Tabelle 3.4: Kostenaufstellung der Aufräumarbeiten des Straßendienstes.

Datum	Kosten	Art der Arbeiten
01.09.2014	8.135,20 €	Abtransport von Material auf der SS 12
02.09.2014	6.351,24 €	Abtransport von Material, Errichtung Zyklopenmauer, Beginn der Bachbeträumung auf der SS 12
03.09.2014	996,12 €	Bachbeträumung bei Unterquerung der SS 12 und Aufräumarbeiten an den Ufermauern
04.09.2014	854,64 €	Bachbeträumung bei Unterquerung der SS 12 und Aufräumarbeiten der Uferböschungen
09.09.2014	1.380,44 €	Fräsen und Asphaltierung der SS 12

Die Aufräumarbeiten des Amtes für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord begannen am 02. September 2014 und endeten am 30. September 2014. In diesem Zeitraum fand eine Bachbeträumung und Wiederangleichung von 5.000 m³ Material statt, sowie der Abtransport von weiteren 2.000 m³ Material und Ausholzungen in der Anbruchzone (siehe Abbildung 3.26, rote Fläche) auf einer Länge von 170 m, oberhalb der Brennerstaatsstraße. Die Kosten der Arbeiten beliefen sich dabei auf 40.000 €, so Philipp Walder, Mitarbeiter der Abteilung Wasserschutzbauten.

3.11 Zusammenstellung der Kennwerte

Kategorie	Wert	MAXO
Geomorphologische Kennwerte:		
Fläche EZG	3 km ²	M
Höhenunterschied EZG	940 m	M
Mittleres Gerinnegefälle	23 %	M
Gerinnelänge	4.070 m	M
Ereignis 31. August 2014		
Leitprozess	murartiger Feststofftransport	A
Intensität	mittel	A
Niederschlagssumme	70 mm (2 h) - Wetterstation Völs am Schlern	M
Auslösedauer	rund 1:55 Stunden	M
Geschiebefracht	5.000 m ³	A
Geschiebeherde	3 Translationsrutschungen und Seitenerosion im Unterlauf des Gerinnes	M
Durchflussfläche	19,4 m ²	M
Geschwindigkeit (geschätzt)	3 m/s	A
Dauer des Ereignisses	In rund 35 min erfolgten 2 Schübe	A
Abflussspitze (murartiger Feststofftransport)	58 m ³ /s	A

4 Ereignisanalyse

4.1 Niederschlags Abflussmodellierung mit BASIN 30

BASIN 30 ist ein statistisches Niederschlags-Abflussmodell, welches im Auftrag der Abteilung 30 Wasserschutzbauten in Zusammenarbeit mit dem Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen, von der Universität Padua, „Dipartimento Territorio e Sistemi Agro – Forestali“ (TESAF), entwickelt wurde. Die Entwicklung der ersten Version (AIDI) erfolgte im Jahre 2003. Diese Version verwendete als Datengrundlage Auswertungen von 1989 bis 2004. Im Jahre 2014 fand eine technologische und inhaltliche Überarbeitung von BASIN 30 statt. Dabei entstanden zwei Produktlinien eine WebGis-Lösung und ein Client. Als Grundlage für beide Produktlinien dienen ausschließlich OpenSource Komponenten. Die Aktualisierung der Daten umfasste, neben dem Einpflegen der letzten zehn Jahre, auch das nachbessern historisch überprüfter Datenreihen von Extremereignissen, welche in der Zwischenzeit recherchiert werden konnten.

Dieses sehr komplexe statistische Modell stellt eine wichtige Grundlage für die zukünftige Projektierung von Verbauungsmaßnahmen in Wildbacheinzugsgebieten dar. Denn gerade die Hochwasserabschätzung und der Erhalt von Richtwerten für den Spitzenabfluss (HQ_{30} , HQ_{100} , HQ_{200} , HQ_{300}) bei der Dimensionierung und Projektierung von Bauwerken sind für den Hochwasserschutz ausschlaggebend.

4.1.1 Modellentwicklung

Am Beginn der Untersuchungen wurde das Südtiroler Gewässernetz in einzelne Abschnitte mit ähnlichen Gebietseigenschaften eingeteilt. Es erfolgten zahlreiche Untersuchungen in Bezug auf das Niederschlags-Abflussverhalten in den Einzugsgebieten der Südtiroler Fließgewässer. Ein Augenmerk lag dabei in der Entwicklung von geeigneten Verteilungen und Parametern für kleine Einzugsgebiete (EZG von Wildbächen). Das Modell stützt sich seit jeher auf ein Geoinformationssystem (GIS), dies erlaubt es, wichtige Informationen über das zu simulierende Gebiet zu visualisieren und zu berücksichtigen. Als Kartengrundlagen dienen die georeferenzierte Kartographie der Autonomen Provinz Bozen (1:10.000), die Verwaltungsgrenzen der Provinz, das hydrographische Netz, das digitale Höhenmodell (DEM), die Darstellung der Landnutzung sowie die räumliche Darstellung der Variabilität der CN-Werte (BORGA, 2003).

Für die Kalibrierung und Validierung der Modellparameter zur Abschätzung der Ereignisabflüsse mit einer Wiederkehrzeit von 30, 100, 200 und 300 Jahren wurden langjährige Messreihen von Niederschlägen und Spitzenabflüssen herangezogen. Damit sich in den Grenzgebieten keine Fehler aufgrund von fehlenden Niederschlagsdaten einschleichen konnten, wurden zudem Niederschlagsmessreihen der angrenzenden Länder (AT und

CH) und Provinzen in die Datenbank eingebunden (BORGA, 2014). Die so entstandenen Niederschlagsmessreihen werden periodisch, alle zehn Jahre, auf den neuesten Stand gebracht.

Neben den Niederschlags- und Abflussdaten stellen die Infiltrationsparameter wie z.B. die CN-Werte und die Verwendung von Digitalen Geländemodellen (DGM) die Hauptdatengrundlage dar. Zur Kalibrierung der Infiltrationsparameter wurden, wie bereits erwähnt, die Messreihen der Niederschlags- und Abflussdaten verwendet, verglichen und wenn notwendig nach justiert (BORGA, 2014). Die CN-Werte, ein Maß für das Wasserspeichervermögen des Bodens, berücksichtigen den Bodenzustand im Hinblick auf seine natürliche Durchlässigkeit, die Nutzungsart der Flächen (Infrastrukturen, Siedlungen, landwirtschaftliche und forstliche Flächen) und deren Feuchtegehalt (BORGA, 2003).

Die Extremwertstatistik für die Frequenzanalyse von Starkniederschlägen und Spitzenabflüssen basiert unter anderem auf Untersuchungen und Methoden von Jenkinson (1955), Hosking (1990), Hosking und Wallis (1997) (BORGA, 2014).

Das Ergebnis der Simulation ist ein Excel File mit dem Bemessungsniederschlag und der Niederschlags- und Abflussganglinien mit einer Wiederkehrzeit von 30, 100, 200 und 300 Jahren, für das entsprechende Einzugsgebiet. Zudem wird ein Shapefile generiert mit der georeferenzierten Einzugsgebietsfläche des gewünschten Fließgewässers (siehe Abbildung 4.3 in Kapitel 4.1.3-Bemessungsniederschläge).

4.1.2 Eingangsdaten und Ergebnisse

Die wichtigsten bzw. über alle drei HQ Simulationen gleichbleibende Parameter für die Berechnung der Spitzenabflüsse im Einzugsgebiet des Gastererbaches sind in Tabelle 4.1 aufgelistet.

Tabelle 4.1: Datengrundlage BASIN 30

Datengrundlage für die Simulation	
Fläche EZG [km ²]	2,8
Seehöhe min [m ü.M.]	329
Seehöhe max [m ü.M.]	1.311
Fließgeschwindigkeit [m/s]	2
Basisabfluss [m ³ /s]	0,14
Initialverlust [mm]	0,10

Für das Einzugsgebiet des Gastererbaches ergibt sich (siehe Abbildung 4.1) für den Hochwasserabfluss mit einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren ein Spitzenabfluss von 3,7 m³/s, 5,7 m³/s für eine Wiederkehrzeit von 100 Jahren, 7,5 m³/s für eine Wiederkehrzeit von 200 Jahren und 9,0 m³/s für eine Wiederkehrzeit von 300 Jahren.

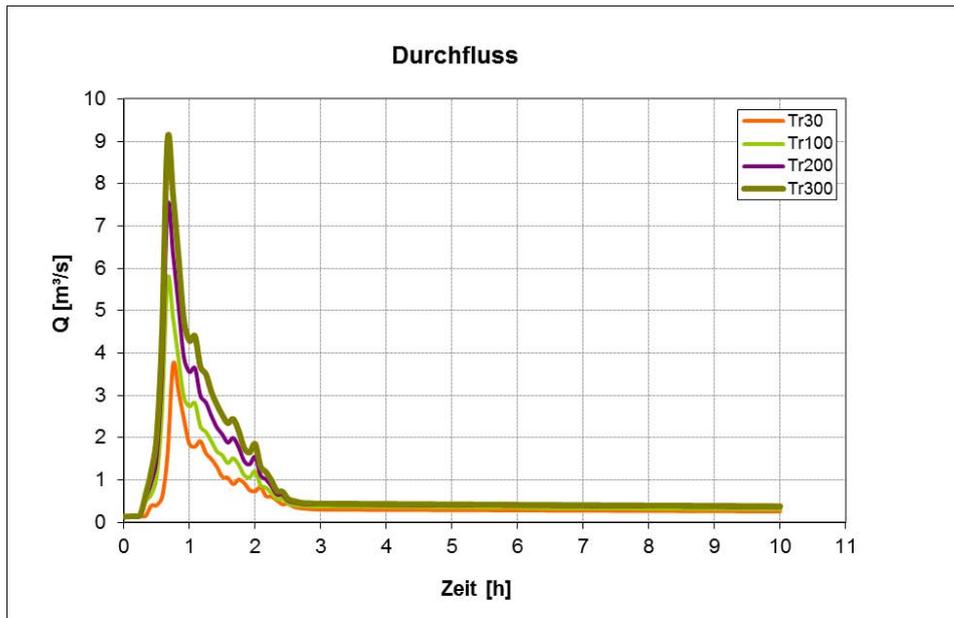


Abbildung 4.1: Spitzenabfluss für ein 30, 100, 200 und 300 jährliches Hochwasser.

Für die Berechnung des Richtwertes für den Spitzenabflusses HQ_{100} mit $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$, welcher dem Ereignis am Gastererbach vom 31. August 2014 am nächsten kommt, wurde ein CN-Wert von 70 festgelegt. Das heißt, dass ein relativ hoher Anteil des Niederschlages abflusswirksam wird und die Initialverluste gering sind. Anhand der in Kapitel 3.2 bereits erwähnten Vorfeuchte der Böden und dem hohen Verdichtungsgrad aufgrund von Infrastrukturen und landwirtschaftlichen Nutzungen der Flächen im Oberlauf des EZG, ist dieser Wert sehr realistisch. Auch die Fließgeschwindigkeit des Hochwasserabflusses mit 2 m/s ist als realistisch anzunehmen. In Tabelle 4.2 sind die simulierten Abflussdaten für ein 100 jährliches Hochwasserereignis nochmals aufgelistet und in Abbildung 4.2 grafisch dargestellt.

Tabelle 4.2: Simulierte Abflussdaten des 100 jährlichen Hochwasserereignisse am Gastererbach.

Simulierte Abfluss			
	Direkt	Basis	Gesamt
Niederschlag [mm]	4,2	15	34
Spitzenabfluss [m^3/s]	5,4	0,39	5,7
Zeit bis zum Peak [h]	0,67	45	40

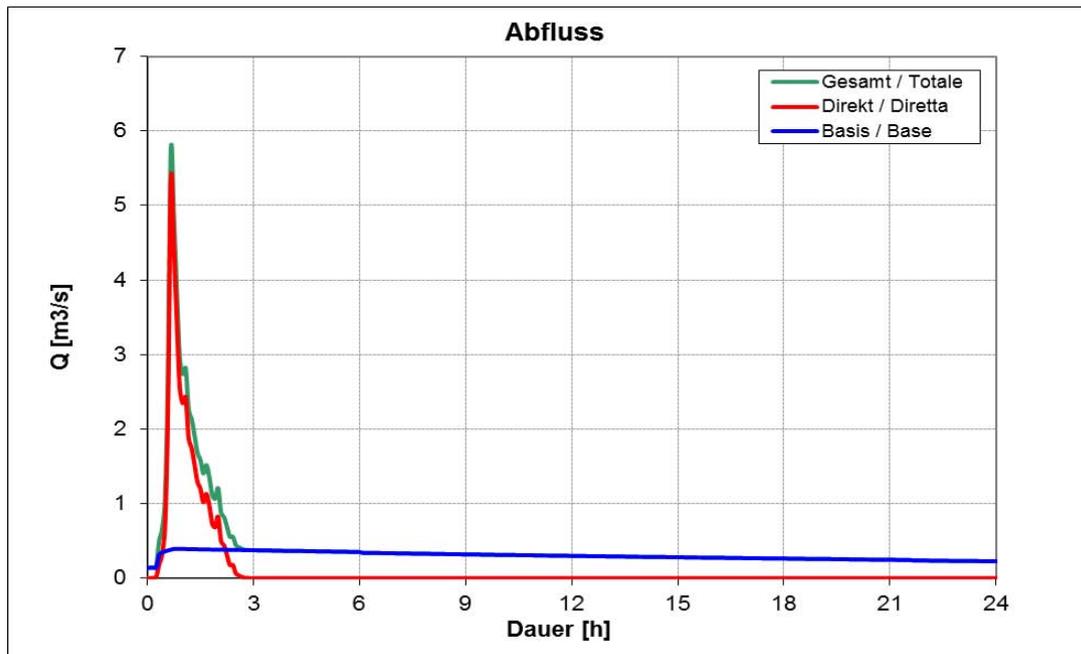


Abbildung 4.2: Abflussganglinie für ein 100 jährliches Hochwasserereignis am Gastererbach, simuliert mit BASIN 30.

4.1.3 Bemessungsniederschlag

Die Berechnung des Bemessungsniederschlags erfolgte mit dem Niederschlags-Abflussmodell BASIN 30, welches im vorangegangenen Kapitel beschrieben wurde.

Das Programm BASIN 30 wies, wie bereits erwähnt, für den Gastererbach eine EZG von 2,8 km² aus. Zur Verifizierung der Einzugsgebietsgröße erfolgte dann eine Begehung vor Ort. Dabei wurde festgestellt, dass die Landstraße LS 73 das Abflussverhalten zusätzlich verändert. Dadurch wird ein zusätzlicher Teil des abflusswirksamen Niederschlages in das EZG zurück geleitet. Aufgrund dieser Erkenntnisse erfolgte dann eine leichte Korrektur der Einzugsgebietsgröße auf 3 km², wie in Abbildung 4.3 durch die orange Linie ersichtlich ist.

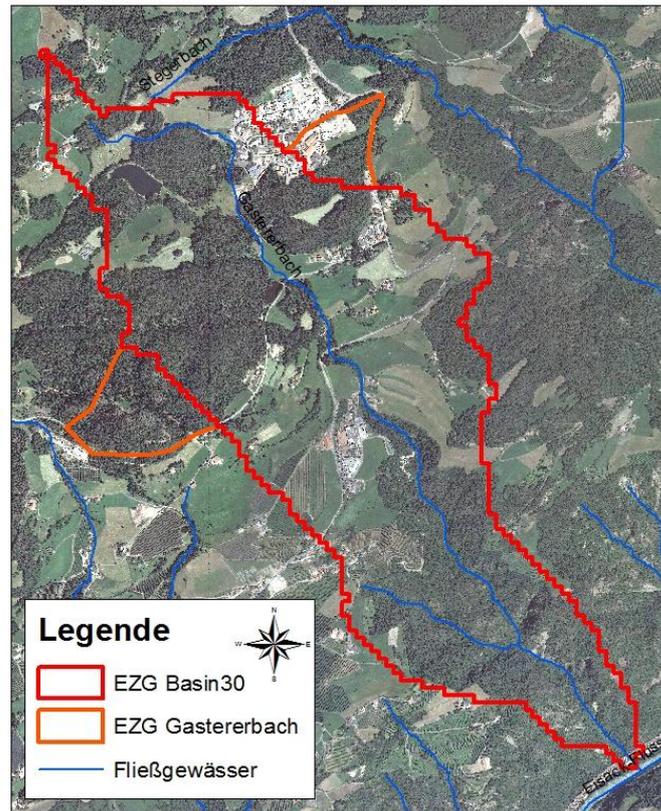


Abbildung 4.3: EZG des Gastererbaches (rot) und deren Korrektur (orange), Orthofoto 2011.

Der daraus berechnete Bemessungsniederschlag ist in Abbildung 4.4 grafisch dargestellt und in Tabelle 4.3 ersichtlich.

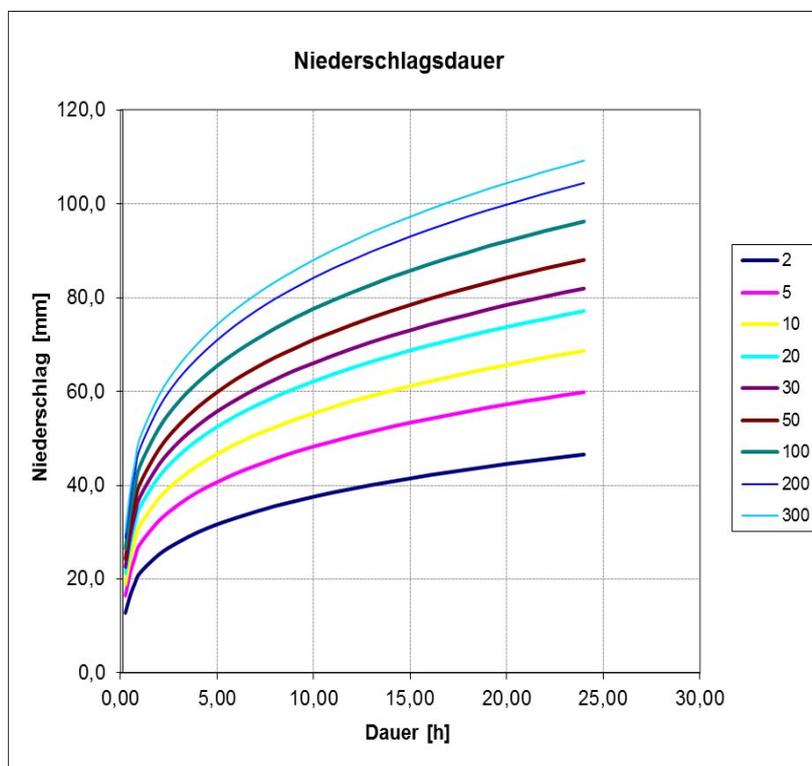


Abbildung 4.4: Niederschlagswahrscheinlichkeitslinien des EZG des Gastererbaches, die Linien markieren die jeweilige Wiederkehrzeit.

Tabelle 4.3: Bemessungsniederschlag für das EZG des Gastererbaches.

NIEDERSCHLÄGE									
Dauer [h]	Wiederkehrzeit								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0,25	12,8	16,5	18,9	21,3	22,6	24,3	26,5	28,8	30,1
0,50	16,5	21,3	24,4	27,4	29,1	31,3	34,2	37,1	38,8
0,75	19,2	24,7	28,3	31,8	33,8	36,3	39,7	43,0	45,0
1,00	21,3	27,4	31,4	35,3	37,5	40,3	44,1	47,8	50,0
2,00	25,3	32,5	37,3	41,9	44,5	47,8	52,3	56,7	59,3
3,00	27,9	35,9	41,2	46,3	49,2	52,8	57,8	62,7	65,5
4,00	30,0	38,6	44,2	49,7	52,8	56,7	62,0	67,2	70,3
5,00	31,7	40,7	46,7	52,5	55,8	59,9	65,5	71,0	74,3
6,00	33,1	42,6	48,9	54,9	58,3	62,7	68,5	74,3	77,7
7,00	34,4	44,2	50,8	57,0	60,6	65,1	71,1	77,2	80,7
8,00	35,6	45,7	52,4	58,9	62,6	67,3	73,5	79,8	83,4
9,00	36,6	47,1	54,0	60,6	64,5	69,2	75,7	82,1	85,8
10,00	37,6	48,3	55,4	62,2	66,1	71,1	77,7	84,3	88,1
11,00	38,5	49,4	56,7	63,7	67,7	72,7	79,5	86,3	90,2
12,00	39,3	50,5	58,0	65,1	69,2	74,3	81,2	88,1	92,1
13,00	40,1	51,5	59,1	66,4	70,6	75,8	82,8	89,9	94,0
14,00	40,8	52,5	60,2	67,6	71,9	77,2	84,4	91,5	95,7
15,00	41,5	53,4	61,2	68,8	73,1	78,5	85,8	93,1	97,3
16,00	42,2	54,2	62,2	69,9	74,3	79,8	87,2	94,6	98,9
17,00	42,8	55,0	63,1	70,9	75,4	81,0	88,5	96,0	100,4
18,00	43,4	55,8	64,0	71,9	76,4	82,1	89,7	97,4	101,8
19,00	44,0	56,6	64,9	72,9	77,5	83,2	91,0	98,7	103,2
20,00	44,6	57,3	65,7	73,8	78,5	84,3	92,1	99,9	104,5
21,00	45,1	58,0	66,5	74,7	79,4	85,3	93,2	101,1	105,7
22,00	45,6	58,6	67,3	75,5	80,3	86,3	94,3	102,3	107,0
23,00	46,1	59,3	68,0	76,4	81,2	87,2	95,3	103,4	108,1
24,00	46,6	59,9	68,7	77,2	82,0	88,1	96,3	104,5	109,3

4.2 Ereignisniederschlag

Für die Berechnung des Gebietsniederschlages des Ereignisses vom 31. August 2014 wurde auf die Wetterradardaten des Hydrographischen Amtes der Abteilung Brand- und Zivilschutz zurückgegriffen, da die umliegenden Wetterstationen (siehe Abbildung 3.4) die Gewitterlinie am Gastererbach nicht direkt erfassten und so unzureichend genau waren. Auch ist die zeitliche und räumliche Rekonstruktion der Niederschlagsverteilung, welche im nachstehenden Kapitel erörtert wird, nur anhand der Wetterradardaten möglich.

Die Radaranlage befindet sich westlich der Landeshauptstadt Bozen am Gantkofel auf einer Höhe von 1.870 m ü.M..

4.2.1 Beschreibung der räumlich-zeitlichen Verteilung des Niederschlages

Die Niederschlagszelle aus nordwestlicher Richtung bewegte sich um 17:00 MEZ am 31. August 2014 in Richtung EZG des Gastererbaches. Ab 17:45 MEZ überdeckte sie die obere und mittlere Hälfte des EZG. Die Niederschlagsintensität im mittleren EZG war zu diesem Zeitpunkt noch geringer. Um 17:55 MEZ erreichte die Gewitterzelle dann das gesamte EZG. Die Intensität verringerte sich gegen 18:10 MEZ leicht und nahm gegen 18:25 MEZ im mittleren und unteren Teil des EZG stark zu. Ab 18:35 MEZ flachte die Niederschlagsintensität im EZG des Gastererbaches langsam ab. Um 19:00 MEZ zog die Gewitterzelle dann südöstlich ab. Das gesamte EZG des Gastererbaches war um 19:05 MEZ niederschlagsfrei. Abbildung 4.5 bis Abbildung 4.13 zeigen die Entwicklung der Niederschlagszelle im EZG des Gastererbaches (schwarz markierte Linie). Die Rasterzellen mit hohen Niederschlagswerten sind rot markiert, jene mit keinem Niederschlag sind grün gekennzeichnet.

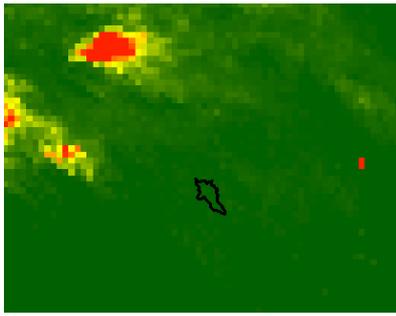


Abbildung 4.5: 17 MEZ

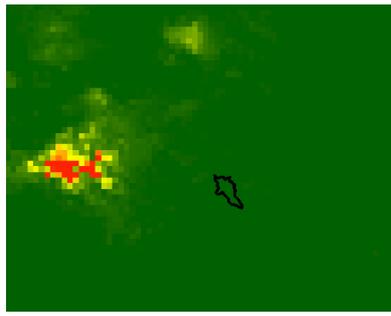


Abbildung 4.6: 17:20 MEZ

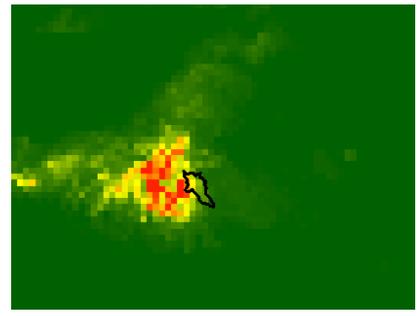


Abbildung 4.7: 17:45 MEZ

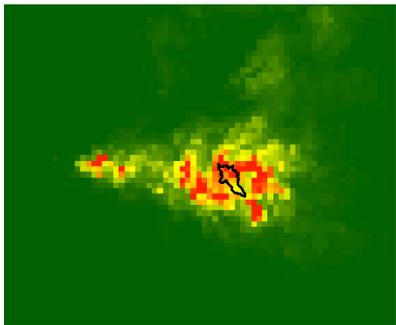


Abbildung 4.8: 17:55 MEZ

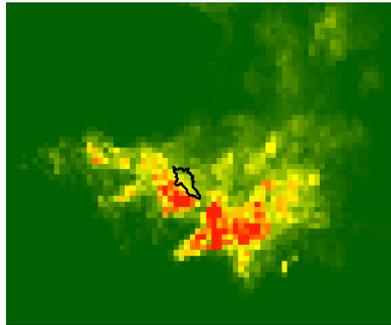


Abbildung 4.9: 18:10 MEZ

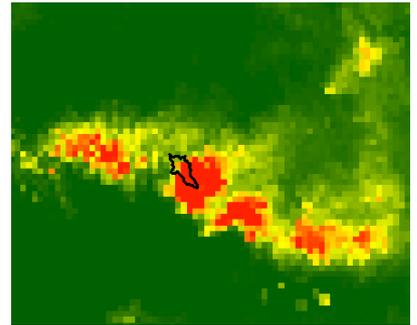


Abbildung 4.10: 18:25 MEZ

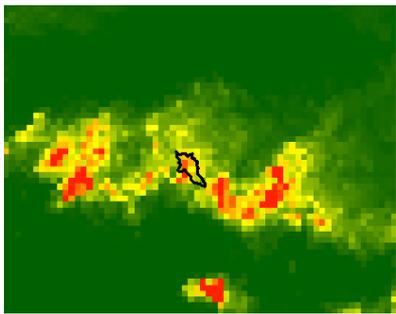


Abbildung 4.11: 18:35 MEZ

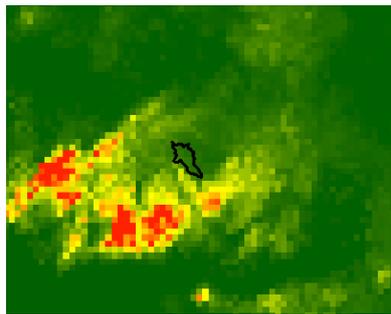


Abbildung 4.12: 19:00 MEZ



Abbildung 4.13: 20:00 MEZ

4.2.2 Berechnung der Niederschlagshöhe

Die Wetterradardaten wurden als ASCII Datensatz georeferenziert vom Hydrographischen Amt bereitgestellt. Den Ausgangspunkt der Berechnungen stellte ein Tabellenblatt dar, in dem jedem Grid mit entsprechendem Rechts- und Hochwert die gemessene Niederschlagsrate aller aufgezeichneten Dauerstufen zugeordnet wurde. Die räumliche Auflösung der Rasterflächen betrug 500 m × 500 m, die zeitliche Auflösung 5 Minuten. Das heißt für die Berechnung der Niederschlagshöhe am 31. August 2014 wurden die Radardaten von 16:00 bis 18:00 UTC verwendet, welchen den Niederschlag in einem Zeitintervall von 5 Minuten erfassen und am Beginn jeder Zeitperiode abspeichern.

Damit die ASCII Datensätze im ArcGis importiert werden konnten, mussten die Daten zuerst aufbereitet werden. Im ArcGis wurden die vorliegenden Radarbilder dann zu Ras-

terdaten konvertiert. Jede einzelne Rasterzelle gibt die maximale Niederschlagsintensität in mm/h in einen Zeitintervall von 5 Minuten an. Für die Berechnung der Niederschlagshöhe im EZG wurde von Pierpaolo Macconi, Mitarbeiter der Abteilung Wasserschutzbauten, im ArcGis der Durchschnitt aus allen Rasterdaten im EZG gezogen und in ein Vorgefertigtes Excel File exportiert. Es erfolgte eine Umrechnung von mm/h in mm/min, um die Intensität des 5 Minuten Zeitintervalls zu erhalten. Um die Vergleichbarkeit mit anderen Datensätzen sicherzustellen, wurden die Daten am Ende noch von UTC in MEZ umgerechnet (Verschiebung um 1:05 Stunde). Tabelle 4.4 zeigt die Niederschlagsintensität [mm/5min] über der zweistündigen Regendauer im Einzugsgebiet des Gastererbaches, welches in Abbildung 4.14 zudem grafisch dargestellt wurde.

Tabelle 4.4: Ergebnis der Berechnungen der Niederschlagshöhe im EZG des Gastererbaches.

Uhrzeit [MEZ]	Niederschlagsintensität [mm/5min]	Niederschlagssumme [mm]
17:00	0,04	0,04
17:05	0,00	0,04
17:10	0,00	0,04
17:15	0,00	0,04
17:20	0,06	0,10
17:25	0,06	0,16
17:30	0,20	0,36
17:35	0,69	1,05
17:40	0,88	1,93
17:45	3,12	5,05
17:50	7,17	12,22
17:55	7,43	19,65
18:00	5,13	24,78
18:05	3,27	28,04
18:10	2,38	30,42
18:15	3,09	33,51
18:20	4,13	37,63
18:25	5,91	43,54
18:30	0,70	44,24
18:35	1,97	46,21
18:40	0,98	47,18
18:45	0,82	48,00
18:50	0,90	48,90
18:55	0,90	49,80
19:00	0,18	49,98

Somit ergaben die Radarmessungen im EZG des Gastererbaches innerhalb von zwei Stunden einen Gebietsniederschlag von rund 50 mm. Dies stellt eine wesentliche Abweichung der Niederschlagsmenge von 70 mm Niederschlag der Wetterstation Völs am Schiern dar (Beobachtungszeitraum 24 Stunden, Beobachtungszeitpunkt 09:00 Uhr) (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014 b). Rund 40 Minuten nach Niederschlagsbeginn nahm die Niederschlagsintensität stark zu und erreichte um 17:55 MEZ mit 7,43 mm/5min die ma-

ximale Intensität. Bis der Niederschlag gegen 18:40 MEZ wieder abflachte und das EZG um 19:05 MEZ ganz niederschlagsfrei war.

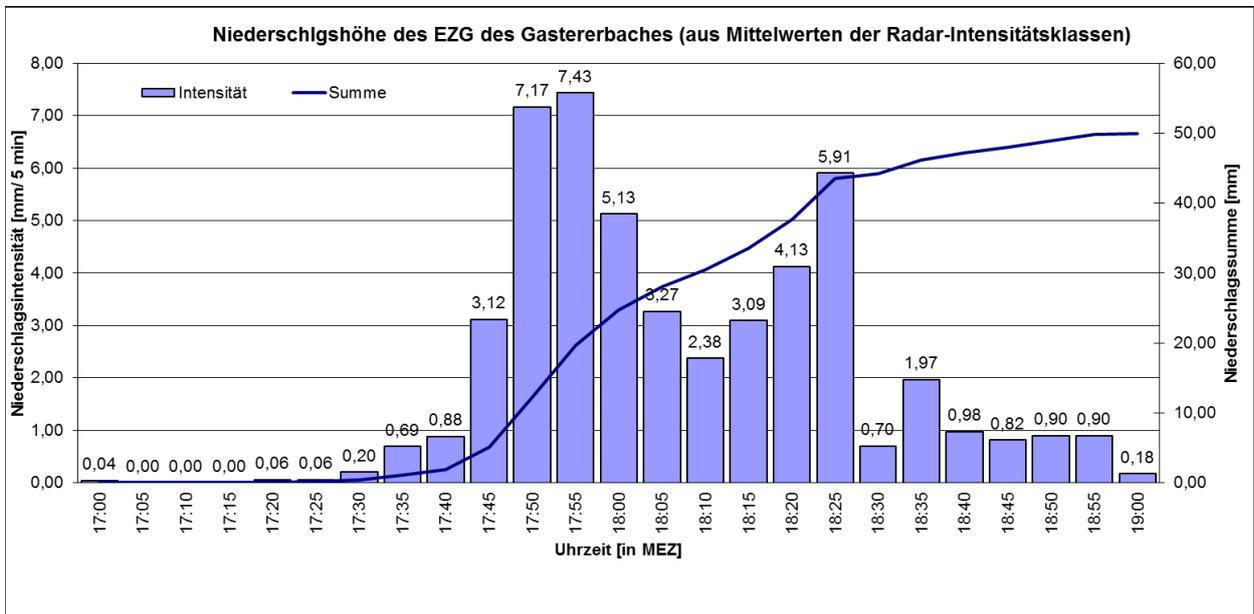


Abbildung 4.14: Niederschlagsverlauf im EZG des Gastererbaches.

4.2.3 Abschätzung der Jährlichkeit des Niederschlags

Die Abschätzung der Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses erfolgte anhand der Niederschlagssumme der Wetterradardaten von rund 50 mm in einem Zeitraum von zwei Stunden. Anhand dieser Angaben konnte durch Interpolation der Bemessungsniederschläge (siehe Tabelle 4.3) des Gastererbaches eine Wiederkehrzeit von rund 74 Jahren ermittelt werden. In Abbildung 4.15 sind nochmals die Bemessungsniederschläge mit einer Wiederkehrzeit von 20, 30, 50 und 100 Jahren sowie die Niederschlagssumme aus den Radardaten für die Dauerstufe bis zu zwei Stunden grafisch dargestellt.

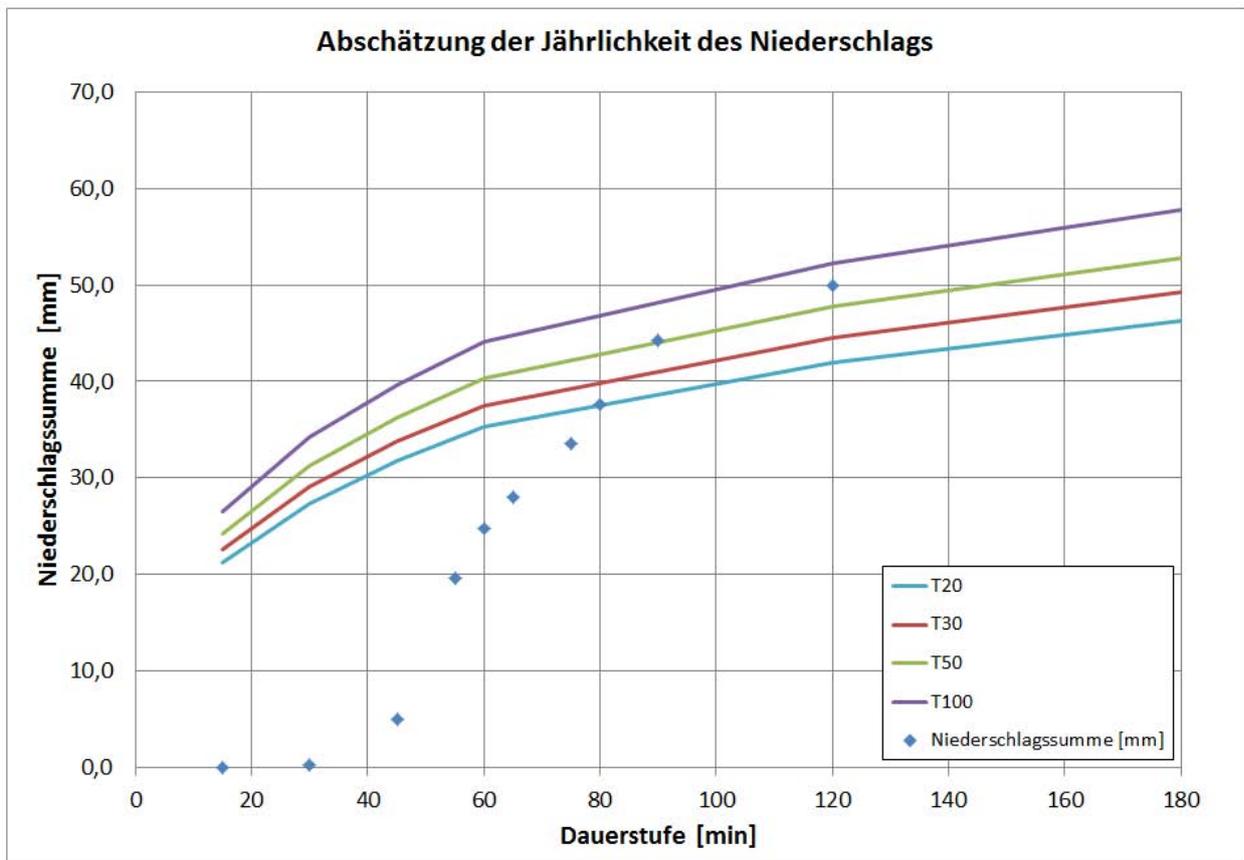


Abbildung 4.15: Abschätzung der Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses vom 31. August 2014.

4.3 Berechnung der Ereignisabflüsse

Für die Berechnung der Spitzenabflüsse am 31. August 2014 am Gastererbach erfolgte die Aufnahme von Referenzprofilen entlang des Gerinnes. Es wurde darauf geachtet, dass sowohl Profile im Oberlauf (Übergang von Reinwasserabfluss hin zu fluviatilen Feststofftransport) als auch im Unterlauf (murartiger Feststofftransport), aufgenommen wurden, um so die Rückrechnung der Spitzenabflüsse entlang des Gastererbaches sicher zu stellen. Die genaue Verortung und grafische Darstellung der einzelnen Referenzprofile sind im Kapitel 3.7 - Referenzprofile ersichtlich. Die Datengrundlage der Referenzprofile für die Rückrechnung der Spitzenabflüsse ist in Tabelle 4.5 dargestellt.

Tabelle 4.5: Datengrundlage von den einzelnen Referenzprofilen für die Rückrechnung der Spitzenabflüsse.

		Fluviatiler Feststofftransport		Murartiger Feststofftransport		
		5	4	3	2	1
Profilnummer						
Seehöhe	[m ü.M.]	1.036	963	390	381	347
Hektometer	[hm]	24,30	20,09	2,74	2,40	1,16
Gerinnegefälle am Referenzprofil	J [-]	0,25	0,11	0,19	0,16	0,14
Korndurchmesser 90 %	d_{90} [m]	0,41	0,14	0,41	0,41	0,41
maximale Abflusstiefe	h [m]	0,8	1	1,25	1,63	2
Durchflossene Querschnittsfläche	A_Q [m ²]	2,72	3,15	12,2	17,7	19,4
Benetzter Umfang	U_{benetzt} [m]	4,85	5,05	20,2	23,1	18,5
Hydraulische Radius	R [m]	0,56	0,62	0,61	0,77	1,10
Rauhigkeitsparameter nach Strickler (geschätzt)	k_{st} [m ^{1/3} /s]	20	20	20	20	20

4.3.1 Rückrechnung der aufgetretenen Spitzenabflüsse entlang der Referenzprofile

Die Ermittlung der Spitzenabflüsse an den aufgenommenen Referenzprofilen erfolgte über die Berechnung der Fließgeschwindigkeiten anhand von verschiedenen Formeln, welche in Tabelle 4.6 und 4.8 ersichtlich sind. Die Fließgeschwindigkeit wurde über alle 5 Referenzprofile (trotz der Veränderung des Abflussprozesses) mit denselben Formeln berechnet. Dadurch ist es möglich, die Veränderung der Fließgeschwindigkeit und den damit verbundene Abfluss zu betrachten. Die Verwendung der selben Formeln über den gesamten Gerinneabschnitt wird mit der Hypothese von RICKENMANN (1996) untermauert: „..., dass die Fließgeschwindigkeit bei Abflüssen von Wasser-Feststoff-Gemischen in natürlichen Gerinnen eine wichtige Streugröße sein könnte: Danach würde sich bei gegebenen Abfluss-, Gefälls- und Rauigkeitsverhältnissen eine bestimmte Fließgeschwindigkeit

einstellen, die von der Grösse des Feststofftransportes mehr oder weniger unabhängig ist.“ (RICKENMANN, 1996, 303).

4.3.1.1 Ergebnisse und Evaluierung der Berechnungen im Bereich des FFT

Tabelle 4.6 zeigt die rückgerechneten Fließgeschwindigkeiten bei hm ~24,30 (Profil 5) und hm ~20,09 (Profil 4) im EZG des Gastererbaches.

Tabelle 4.6: Berechnung der Fließgeschwindigkeit am Gastererbach (Profilnummer 5 und 4).

Fließgeschwindigkeit v [m/s] nach:			
Profilnummer		5	4
Geschätzt		3,5	3,5
Strickler (1923)	$v = k_{st} * R^{2/3} * J^{1/2}$	6,8	4,7
Jarett (1984)	$v = 3,81 * R^{0,833} * J^{0,12}$	2,0	2,0
Rickenmann & Weber (2000)	$v = (0,69/J^{0,34})(h/d_{90})^{0,5} (g*h*J)^{0,5}$	2,2	2,4
Rickenmann (1996) mit $Q_{\text{Interation}}$	$v = 0,37 * g^{0,333} * Q_{\text{Interation}}^{0,34} * J^{0,20} / d_{90}^{0,35}$	1,2	1,0
Rickenmann (1996) mit $Q_{\text{Rickenmann\&Weber(2000)}}$	$v = 0,37 * g^{0,333} * Q_{\text{Rickenmann\&Weber(2000)}}^{0,34} * J^{0,20} / d_{90}^{0,35}$	1,5	1,4

Tabelle 4.7 zeigt die rückgerechneten Spitzenabflüsse bei hm ~24,30 (Profil 5) und hm ~20,09 (Profil 4) im EZG des Gastererbaches.

Tabelle 4.7: Berechnung der Abflüsse am Gastererbach (Profilnummer 5 und 4).

Spitzenabfluss Q [m³/s] mit v [m/s] nach:			
Profilnummer		5	4
Geschätzt	$Q = A_Q * v$	9,5	11
Strickler (1923)		19	15
Jarett (1984)		5,4	6,2
Rickenmann & Weber (2000)		5,9	7,4
Rickenmann (1996) mit v aus $Q_{\text{Interation}}$		3,3	3,2
Rickenmann (1996) mit v aus $Q_{\text{Rickenmann\&Weber(2000)}}$		4,0	4,3

Die Formel von STRICKLER (1923) führte am Gastererbach zu einer Überschätzung der Fließgeschwindigkeit und dem damit verbundenen Abfluss. Die Berechnungen von Profil 5, bei hm ~24,30, stellen, wie bereits erwähnt, den Übergangsbereich zwischen Reinwasserabfluss hin zu fluviatilen Feststofftransport dar. Dadurch eignen sich die Berechnungen aus Profil 5 am besten als Vergleich mit den von BASIN 30 berechneten Richtwerten zum Hochwasserabfluss. Für die Berechnung des Hochwasserabflusses im BASIN 30 wird mit einer Fließgeschwindigkeit von 2 m/s gerechnet. Erstaunlicherweise kommt die, in Profil 5 mit einem Gefälle von 25 %, berechnete Fließgeschwindigkeit $v = 2$ m/s (siehe Tabelle 4.1) nach JARETT (1984) genau auf die Fließgeschwindigkeit des Niederschlags-

Abflussmodells BASIN 30. Diese Formel wurde aus 75 Messungen in Gebirgsflüssen mit einem Gefällsbereich zwischen 0,2 % und 3,9 % entwickelt (HÜBL & JANU, 2003) und sollte daher am Gastererbach komplett versagen. Es kann des Weiteren angenommen werden, dass die geschätzte Fließgeschwindigkeit an den Profilen überschätzt wurde. Grund für diese Überschätzung ist das hierfür verwendetet Videomaterial, welches durch die unruhige Aufnahme und sich ständig verändernde Position die Schätzung der Geschwindigkeit erschwerte.

Im BASIN 30 ergibt sich für den Hochwasserabfluss mit einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren ein Spitzenabfluss von 3,7 m³/s und 5,7 m³/s für eine Wiederkehrzeit von 100 Jahren. Die rückgerechneten Spitzenabflüsse an den Referenzprofilen des Gastererbaches liegen, mit Ausnahmen des Abflusses nach der geschätzten Geschwindigkeit und der Fließformel von STRICKLER (1923), im Bereich zwischen den Richtwerten für das HQ₃₀ und HQ₁₀₀ (siehe Tabelle 4.7).

Das Niederschlagsereignis im Kapitel 4.2.3 – Abschätzung der Jährlichkeit der Niederschläge, liegt ebenfalls zwischen einem 30 und 100 jährlichen Niederschlagsereignis.

4.3.1.2 Ergebnisse und Evaluierung der Berechnungen im Bereich des MFT

Tabelle 4.8 zeigt die rückgerechneten Fließgeschwindigkeiten bei hm ~2,74 (Profil 3), hm ~2,40 (Profil 2) und hm ~1,16 (Profil 1) im EZG des Gastererbaches.

Tabelle 4.8: Berechnung der Fließgeschwindigkeit am Gastererbach (Profilnummer 3, 2 und 1).

Fließgeschwindigkeit v [m/s] nach:				
Profilnummer		3	2	1
Geschätzt		3	3	3
Strickler (1923)	$v = k_{st} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$	6,3	6,7	7,8
Jarett (1984)	$v = 3,81 \cdot R^{0,83} \cdot J^{0,12}$	2,1	2,5	3,1
Rickenmann & Weber (2000)	$v = (0,69/J^{0,34})(h/d_{90})^{0,5} (g \cdot h \cdot J)^{0,5}$	3,2	4,1	4,9
Rickenmann (1996) mit $Q_{\text{Interation}}$	$v = 0,37 \cdot g^{0,33} \cdot Q_{\text{Interation}}^{0,34} \cdot J^{0,20} / d_{90}^{0,35}$	2,5	2,8	2,8
Rickenmann (1996) mit $Q_{\text{Rickenmann\&Weber(2000)}}$	$v = 0,37 \cdot g^{0,33} \cdot Q_{\text{Rickenmann\&Weber(2000)}}^{0,34} \cdot J^{0,20} / d_{90}^{0,35}$	2,7	3,2	3,4

Die geschätzte Fließgeschwindigkeit des murartigen Feststofftransportes lag im Unterlauf des Gastererbaches, vor der Mündung in den Eisack (Profil 1), bei 3 m/s. Es erfolgt die Betrachtung der Ergebnisse von Profil 1 bei hm ~1,16, da sich dieses direkt oberhalb des Ablagerungsbereiches befindet. Die berechnete Fließgeschwindigkeit nach STRICKLER (1923) weist zur geschätzten Fließgeschwindigkeit eine erhebliche Abweichung von 159 % auf. Auch die Fließgeschwindigkeit nach RICKENMANN & WEBER (2000) weist in Bezug auf die geschätzte Fließgeschwindigkeit (3 m/s) eine Abweichung von 64 % auf.

Alle anderen verwendeten Fließformeln weisen Abweichungen (geschätzten Fließgeschwindigkeit) von weniger als 15 % auf.

Wiederum ist es erstaunlich, dass die Fließgeschwindigkeit nach JARETT (1984), welche bei den Gefällsbereichen des Gastererbaches versagen müsste, zufriedenstellende Ergebnisse lieferte.

Tabelle 4.9 zeigt die rückgerechneten Spitzenabflüsse bei $h_m \sim 2,74$ (Profil 3), $h_m \sim 2,40$ (Profil 2) und $h_m \sim 1,16$ (Profil 1) im Unterlauf des Gastererbaches.

Tabelle 4.9: Berechnung der Abflüsse am Gastererbach (Profilnummer 3, 2 und 1).

Spitzenabfluss Q [m³/s] mit v [m/s] nach:				
Profilnummer		3	2	1
Geschätzt	$Q = A_Q \cdot v$	37	53	58
Strickler (1923)		77,1	118	151
Jarett (1984)		25,3	44	61
Rickenmann & Weber (2000)		39,6	72	96
Rickenmann (1996) mit v aus $Q_{\text{Interation}}$		30,0	49	55
Rickenmann (1996) mit v aus $Q_{\text{Rickenmann\&Weber(2000)}}$		33,0	56	66

Der Spitzenabfluss bei $h_m \sim 1,16$ (siehe Tabelle 4.9, Profil 1), unter Ausschluss von STRICKLER (1923) und RICKENMAN & WEBER (2000), welche den Abfluss vermutlich überschätzen, variiert zwischen rund $55 \text{ m}^3/\text{s}$ und $66 \text{ m}^3/\text{s}$. Anhand der geringen Abweichungen der drei anderen Fließgeschwindigkeiten kann davon ausgegangen werden, dass die geschätzte Fließgeschwindigkeit mit einem Spitzenabfluss von $58 \text{ m}^3/\text{s}$ im Bereich des Möglichen liegt und somit als Richtwert für das Ereignis verwendet werden kann.

Es erfolgte zudem eine Berechnung des Maximalabflusse nach MIZUYAMA et al. (1992). Die Datengrundlage für die Entwicklung der beiden Formeln basiert dabei auf Beobachtungen von granularen und schlammstromartigen Murgängen aus Japan und deren Bestätigung aus Murgangdaten aus anderen Gebieten. Der Maximalabfluss wird dabei anhand der Murenfracht bestimmt, wobei zwischen granularen und schlammstromartigen Prozessen unterschieden wird (MIZUYAMA et al., 1992). Die verwendeten Formeln und deren Ergebnisse sind in Tabelle 4.10 ersichtlich.

Tabelle 4.10: Berechnung des Maximalabflusses über die Murenfracht nach MIZUYAMA et al. (1992).

Maximalabfluss nach Mizuyama et al. (1992)	Formel	Eingangswert		Maximalabfluss Q_P [m³/s]
Q_{granular}	$Q_P = 0,135 \cdot M^{0,78}$	Murenfracht M [m³]	5000	104
$Q_{\text{schlammstromartig}}$	$Q_P = 0,0188 \cdot M^{0,79}$			16

Die beiden Formeln für die Berechnung des Maximalabflusses über die Murenfracht nach MIZUYAMA et al. (1992) erwiesen sich für das Ereignis am Gastererbach als ungeeignet. Ein Grund dafür ist, dass es sich beim Ereignis am Gastererbach um einen muratigen Feststofftransport handelte und diese empirischen Formeln explizit für Geschiebefrachten aus Murgängen entwickelt wurden. Dies bestätigt jedoch wieder die Festlegung eines muratigen Feststofftransportes als Leitprozess des Ereignisses vom 31. August 2014 am Gastererbach.

Des Weiteren erfolgte eine Rückrechnung der Geschiebetransportkapazität nach RICKENMANN (1990) und nach SMART & JAEGLI (1983). Da sich diese Formeln für das Prozessverhalten des Gastererbaches als ungeeignet erwiesen, werden sie hier nicht weiter erwähnt. Die Datengrundlage und deren Berechnungsergebnisse sind im Anhang C ersichtlich.

4.4 Geschiebehaushalt

Die Geschiebemobilisierung beschränkte sich, wie bereits im Kapitel 3.4 der Ereignisdokumentation beschrieben, überwiegend auf den Unterlauf des Gastererbaches ab hm ~9,91. Dies ist auch jener Bereich mit den größten Geschiebeherden und den steilsten Gefällsbereichen mit einem mittleren Gerinnegefälle von rund 35 %. Auch ist in Abbildung 4.10 ersichtlich, dass die räumliche Niederschlagsverteilung der Niederschlagszelle gegen 18:25 MEZ in diesem Bereich die höchsten Intensitäten aufwies. Aufgrund der kleinen Einzugsgebietsgröße war aber keine niederschlagsdifferenzierte Auslösung von fluviatilen zu murartigen Prozessen sicher nachzuweisen. Jedoch könnte die räumliche Niederschlagsverteilung neben den morphologischen Gegebenheiten des Einzugsgebietes zur Geschiebemobilisierung einen zusätzlichen Beitrag geleistet haben.

4.4.1 Geschiebefrachtdiagramm

Aus den durch die Geländebegehung lokalisierten Erosions- und Ablagerungsbereichen wurde ein Geschiebefrachtdiagramm für das Ereignis am Gastererbach erstellt.

Abbildung 4.16 zeigt die Summe der Geschiebezugabe -ablagerung sowie die Geschiebefracht in m³ entlang der gesamten Gerinnelänge von 4.070 m. Daraus wird ersichtlich, dass der Großteil des Geschiebes (3.910 m³) zwischen hm ~5,58 und hm ~10,18 mit rund 8,5 m³/lfm, mobilisiert wurde. Die ersten Geschiebeablagerungen sind ab hm ~4,13 ersichtlich. Der Prozessverlauf und die dominanten Erosionsbereiche sind in Kapitel 3.4 Prozesse - Räumlicher Verlauf des Ereignisses, bereits näher beschrieben.

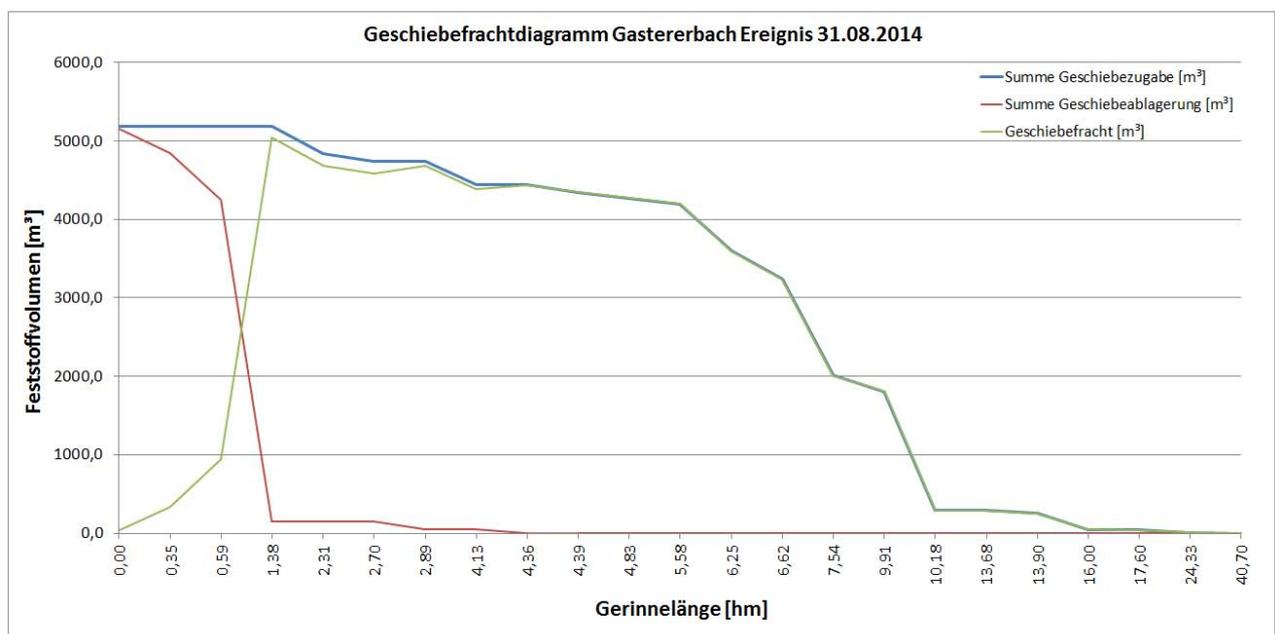


Abbildung 4.16: Geschiebefrachtdiagramm Gastererbach.

4.4.2 Abschätzung der Feststofffracht

Zur Abschätzung der Geschiebefracht bzw. Feststofffracht gibt es eine Vielzahl an verschiedenen empirischen Formeln, welche für eine bestimmte Region entwickelt wurden. Für die Abschätzung der Feststofffracht am Gastererbach wurden Gleichungen gesucht, welche die Gültigkeitsgrenzen der Parameter einhalten. Dem wird in den Gleichungen von D'AGOSTINO et al. (1996) und D'AGOSTINO & MARCHI (2001) Rechnung getragen. Die Entwicklung dieser empirischen Ansätze zur Berechnung der Feststofffracht beruht auf Untersuchungen aus dem östlichen Teil der italienischen Alpen, u.a. der Provinz Trentino - Südtirol. Zu deren Vergleich wurden noch zwei weitere Ansätze von ZELLER (1985) und TAKEI (1984) verwendet und berechnet.

Abschätzung der Feststofffracht nach ZELLER (1985)

Die Gleichung (siehe Tabelle 4.11) zur Abschätzung der Feststofffracht von ZELLER (1985) beruht auf den Schweizer Messdaten für Einzugsgebiete bis zu 0,75 km², d.h. sie wurde grundsätzlich für kleinere EZG als jenes des Gastererbaches mit rund 3 km² entwickelt.

Abschätzung der Feststofffracht nach TAKEI (1984)

Die Gleichung (siehe Tabelle 4.11) für die Abschätzung der Feststofffracht von TAKEI (1984) wurde aus einer Datengrundlage von 551 Ereignissen aus Japan zwischen 1972 und 1977 entwickelt.

Abschätzung der Feststofffracht nach D'AGOSTINO et al. (1996)

Die Gleichungen (siehe Tabelle 4.11) von D'AGOSTINO et al. (1996) stellen eine Erweiterung der Schätzformel für Feststofffrachten von Kronfellner-Kraus für die östliche italienische Alpenregion dar. KRONFELLNER-KRAUS (1987) entwickelte eine Gleichung zur Abschätzung der Feststofffracht mit empirischen Parametern zur Berechnung der Torrenzialität (Eigenschaften EZG) in Österreich (Einteilung in vier homogene Bereiche).

Die Werte der Parameter der Schätzformel von D'AGOSTINO et al. (1996) basieren auf 62 Ereignissen zwischen 1982 bis 1995 im östlichen Trentino mit einer Einzugsgebietsgröße zwischen 0,08 km² und 83 km² (Großteil der EZG ist wesentlich < 83 km²). Die beiden Formeln berücksichtigen neben den Parametern Einzugsgebietsfläche und Gefälle auch geologische Faktoren (IG – Indice Geologico, IG Gastererbach = 2 für Lavagesteine, Basalttuffe, Brekzien). In einer zweiten Erweiterung der Gleichung fließt dann zusätzlich ein Prozess-Faktor (IT – Indice di Transporte, IT Gastererbach = 2 für murartigen Feststofftransport) in die Formel mit ein.

Abschätzung der Feststofffracht nach D'AGOSTINO & MARCHI (2001)

Die Schätzformel von D'AGOSTINO & MARCHI (2001) basiert auf 130 Ereignissen ebenfalls aus der östlichen italienischen Alpenregion u.a. auch der Provinz Trentino - Südtirol. Die Fläche der untersuchten Einzugsgebiete liegt dabei zwischen 0,07 km² und 32,7 km².

Die mittlere Einzugsgebietsgröße beträgt 2,44 km² und das mittlere Gerinnegefälle der Untersuchungsgebiete beträgt 38 %. Daraus ist abzuleiten, dass diese Schätzformel perfekt auf das EZG des Gastererbaches zugeschnitten ist.

In Tabelle 4.11 sind nun die verschiedenen Formeln zur Abschätzung der Feststofffracht sowie deren Eingangswerte und Ergebnisse aufgelistet.

Tabelle 4.11: Abschätzung der Feststofffracht durch verschiedene empirische Formeln.

Autor	Formel	Eingangswerte		Feststofffracht [m ³]
Zeller (1985)	$M = K \cdot A_E^{0,78}$	A _E [km ²]	3,04	40.474
		K [-]	17000	
Takei (1984)	$M = 13.600 \cdot A_E^{0,61}$	A _E [km ²]	3,04	26.802
D' Agostino et al. (1996)	$M = 45 \cdot A_E^{0,9} \cdot J^{1,5} \cdot IG$	A _E [km ²]	3,04	27.010
		J [%]	23	
	$M = 39 \cdot A_E \cdot J^{1,5} \cdot IG \cdot IT^{-0,3}$	IG [-]	2	21.250
		IT [-]	2	
D' Agostino & Marchi (2001)	$M = 70 \cdot A_E \cdot J^{1,28} \cdot IG$	A _E [km ²]	3,04	23.557
		J [%]	23	
		IG [-]	2	

M: Feststofffracht; A_E: Fläche EZG; J: mittleres Gerinnegefälle; IG Geologie Faktor; IT: Prozess Faktor; K: Modellparameter zwischen 17.000 und 27.000

4.4.2.1 Zusammenfassung und Evaluierung

Wie aus Tabelle 4.11 ersichtlich überschätzen alle Formeln die Feststofffracht am Gastererbach erheblich. Ein Grund für die Überschätzung der Formeln zur Abschätzung der Feststofffracht ist vermutlich, dass die Formeln grundsätzlich auf empirischen Daten für größere Ereignisse als jenem am Gastererbach beruhen. Das Ereignis am Gastererbach mit einer mittleren Prozessintensität und einer geschätzten Feststofffracht von 5.000 m³ zählt dabei sicher zu den kleineren Ereignissen. Hätte das Ereignis nicht die kritische Infrastruktur der Brennerstaatsstraße SS 12 blockiert, wodurch es in dessen Folge zu einem tragischen Unfall mit Todesfolge gekommen ist, wäre das Ereignis vermutlich nicht näher, in Bezug auf die räumliche und zeitliche Rekonstruktion, untersucht worden.

Eine gute Erklärung für die Überschätzung der Feststofffracht am Gastererbach liefert das Streudiagramm in Abbildung 4.17. Dabei wurden die Feststofffrachten aus 130 Daten und deren Einzugsgebietsgrößen grafisch dargestellt. Waren in einem EZG mehrere Ereignisse dokumentiert, so wurde jenes mit der höheren Feststofffracht eingetragen (D'AGOSTINO & MARCHI, 2001).

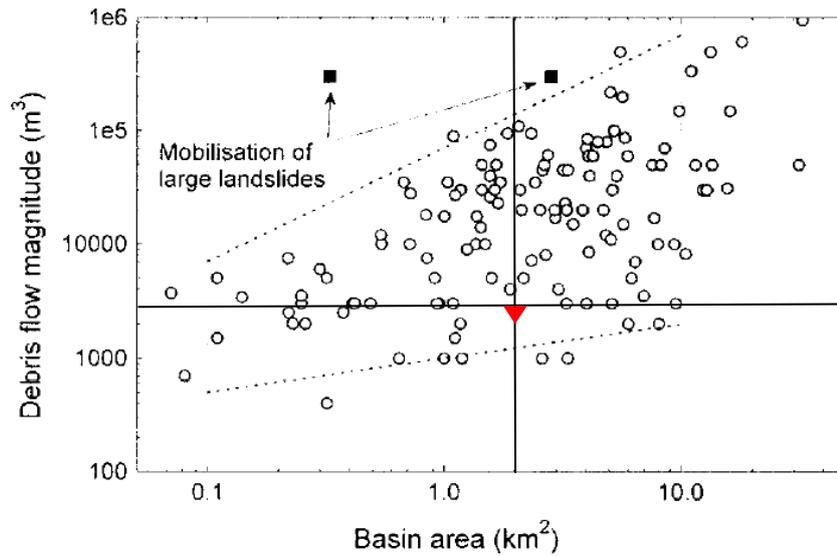


Abbildung 4.17: Streudiagramm der Feststofffrachten von Murgängen in Bezug auf deren Einzugsgebietsgröße (verändert, D'AGOSTINO & MARCHI, 2001), das rote Dreieck stellt das Ereignis am Gastererbach dar.

Aus Abbildung 4.17 wird ersichtlich, dass das Ereignis am Gastererbach, mit einer Feststofffracht von rund 5.000 m³ (rot markiertes Dreieck), im unteren Bereich der Datenbasis liegt. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass es unter 1.000 m³ Feststofffracht laut D'AGOSTINO & MARCHI (2001) kaum dokumentierte Ereignisse gibt, wodurch die Entwicklung der Schätzformeln auf größere Magnituden ausgelegt wurde. Diese Tatsachen sind sicherlich auch auf andere Schätzformeln zur Feststofffracht umzulegen.

5 Diskussion

Am 31. August 2014 kam es im EZG des Gastererbaches zwischen 17:00 MEZ und 19:00 MEZ zu starken Niederschlägen. Innerhalb von zwei Stunden fielen dabei rund 50 mm Niederschlag. In dessen Folge kam es am Gastererbach zur Vermurung der Brennerstaatstraße, zwischen Blumau und Atzwang. Den Leitprozess im Schadraum bzw. Unterlauf des Gastererbaches bildete ein murartiger Feststofftransport. Der erste nachgewiesene Murschub bei hm ~0,59 ereignete sich gegen 18:55 MEZ. Kurze Zeit später, um 19:30 MEZ, ging ein zweiter Murschub ab. Das geschätzte Feststoffvolumen im Ablagerungsbereich lag bei rund 5.000 m³. Der rückgerechnete Spitzenabfluss lag bei rund 58 m³/s (hm ~1,16).

Anhand der Ereignischronik wurde festgestellt, dass die Prozessintensität vom letzten Großereignis am Gastererbach (08.08.1957), vor Baubeginn der Schutzbauwerke (1958), wesentlich größer war. Dafür kann es mehrere Gründe geben, welche jedoch nicht konkret nachweisbar waren. Zum einen könnten die nach 1957 erfolgten Schutzmaßnahmen die Prozessintensität des Ereignisses reduziert sowie die Bildung neuer großer Erosionsherde verhindert haben, womit die Funktionsfähigkeit dieser Bauwerke (siehe Kapitel 2.6) erfüllt wurde. Zusätzlich könnte das Niederschlagsereignis von 1957 wesentlich größer gewesen sein. Die Messreihen der Wetterstation von Völs am Schlern liefern jedoch erst ab 1981 tägliche Niederschlagsaufzeichnungen, wodurch dies nicht nachgewiesen werden konnte. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass im August 1957 wesentlich mehr Niederschlag gefallen ist, als im August 2014 (siehe Tabelle 2.5).

Aus den Medienrecherchen und Merktzetteln, sogenannten Promemorias für die entsprechenden Landesräte zum Ereignishergang am 31. August 2014, konnte festgestellt werden, dass diese teilweise verschiedene Angaben enthalten. Dies bestätigt wiederum die Tatsache, dass ein erster Ortsaugenschein nicht mehr als einen kurzen Überblick der Lage verschafft und gelegentlich auch zu falschen Mutmaßungen (beim Ereignis am Gastererbach verschiedene Angaben zum Feststoffvolumen im Ablagerungsbereich) führt. Solche Fehleinschätzungen können jedoch durch eine genaue Ereignisdokumentation und Analyse leicht bereinigt werden. Die Ereignisdokumentation (ED30) der Abteilung Wasserschutzbauten geht dabei nach einem gut organisierten Schema vor:

1. Ereignis
2. Meldung an eine zentrale Stelle der Abteilung Wasserschutzbauten, welche dann die Koordination der zu treffenden Maßnahmen übernimmt.
3. Das zuständige Amt, in dem das Ereignis erfolgte, wird informiert,
4. dieses schickt dann einen Ereignisdokumentar an Ort und Stelle.
5. Die erhobene Ereignisdokumentation wird wiederum von einer zentralen Stelle aus bearbeitet, gesammelt und archiviert.

Probleme ergeben sich meist dann, wenn es zur Planung von Schutzmaßnahmen kommt, da der Projektant in den seltensten Fällen auch der Ereignisdokumentar ist. Dadurch kann es vorkommen, dass der Dokumentar Einzelheiten nicht erhebt, welche der Projektant für seine Projektierung benötigen würde. So fehlten beim Ereignis am Gastererbach die für die Rückrechnung des Spitzenabflusses erforderlichen Referenzprofile, welche dann im Nachhinein (ein halbes Jahr später) erhoben wurden. Daraus ergibt sich auch das Problem der Ressourcenfrage: „Wer soll, mit welchen Zeitressourcen, in welcher Bearbeitungstiefe (Standards), mit welchen Prioritäten und Zielsetzungen die Ereignisdokumentation machen?“ Aufgrund des folgenschweren Unfalls stellt der verwendete Aufwand für die Ereignisdokumentation jedoch ein Minimum der zu nutzenden Personal- und Zeitressourcen dar.

Der Leitprozess im Unterlauf bzw. im Schadraum wurde, wie bereits erwähnt, vom murartigen Feststofftransport dominiert. Die Abschätzung der genauen Prozessdynamik im Transit- und Ablagerungsbereich gestaltete sich sehr schwer. Die Baumvegetation im Transitbereich wurde von den mitgeführten Feststoffen entweder abgeschält oder eingeschottert. Da die Bäume allerdings „NUR“ abgeschält wurden, ist die Möglichkeit gegeben, dass sich die zwei Phasen (Wasser und Geschiebe) des Gemisches mit einer differenzierten Kinematik fortbewegten. Dies lässt des Weiteren die Vermutung zu, dass sich das Geschiebe relativ langsam fortbewegt hat und die Schleppekraft des Wassers zu gering gewesen ist, um größere Feststoffmengen schneller abzutransportieren. Bei einer geringeren Neigung im Transit- und Ablagerungsbereich kann davon ausgegangen werden, dass das Geschiebematerial nicht bis zum Mündungsbereich des Eisacks transportiert worden wäre. Es liegt somit die Vermutung nahe, dass es mit etwas weniger Wasser und einer leicht geringeren Neigung wahrscheinlich nur zu einem fluviatilen Transportprozess gekommen wäre.

Die Hypothese, dass es aufgrund der Veränderung der Landnutzung zu einer zusätzlichen Verschärfung des Abflussverhaltens im EZG des Gastererbaches gekommen ist, konnte weder bestätigt noch widerlegt werden. Es kann aber angenommen werden, dass der Bau der Landstraße Ritten LS 73 zu einer zusätzlichen Erhöhung der Abflusskonzentration führte. Auch die in den Gastererbach entwässernden Regenwasserleitungen im Oberlauf (siehe Abbildung 3.5) führten mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer Erhöhung der Abflusskonzentration. Zudem könnte die schnelle Abflusskonzentration im Oberlauf auf die bereits wassergesättigten und durch landwirtschaftliche Nutzung verdichteten Flächen zurückzuführen sein. Jedoch gibt es keine konkreten Anhaltspunkte, dass das Ereignis vom 31. August 2014 durch die hydrologische Verschärfung des Abflussverhaltens, aufgrund der Veränderung der Landnutzung, hervorgerufen wurde. Würde man davon ausgehen dass die Abflusskonzentration im Oberlauf keinen nennenswerten Ein-

fluss auf das Ereignis gehabt hätte, wäre es möglich, dass auch die vielen kleineren Veränderungen der Landnutzung im EZG des Gastererbaches keinen nennenswerten Einfluss auf das Ereignis gehabt hätten. Im Unterlauf des Gastererbaches, wo auch die großen Erosionsherde anzutreffen sind, gab es im Laufe der Zeit keine erkennbaren Veränderungen der Landnutzung. Gerade dieser Bereich ist aber für das Prozessverhalten entscheidend. Dies genauer zu untersuchen wäre sehr aufschlussreich und sollte in weiterführenden Arbeiten erhoben werden.

Die Brücken entlang des Gastererbaches, welche im Zuständigkeitsbereich des Straßendienstes Salten-Schlern liegen, führten mit Ausnahme der Brücke bzw. der Unterquerung der SS 12/Brenner des Gastererbach zu keinerlei Problemen. Allerdings stellt genau diese eine Unterquerung, welche beim Ereignis verkleuste und sich im direkten Ablagebereich (hm ~0,59) befindet, einen erheblichen Risikofaktor dar.

Auf Anfrage beim zuständigen Straßendienst Salten-Schlern, ob seit dem letzten Ereignis von 1957 Maßnahmen in diesem Bereich durchgeführt wurden und wenn ja, welche Überlegungen/Berechnungen in Bezug auf den Durchflussquerschnitt der Brücke am Gastererbach einhergingen, konnte dies vom Amtsdirektor Valter Molon nicht direkt beantwortet werden. Herr Molon verwies für weitere technische Daten auf den Koordinator für Brücken Alberto Lenisa. Dieser erwähnte, dass der Straßendienst in der Vergangenheit, d.h. nach 1957, keine Maßnahmen in diesem Zusammenhang durchführte und keine Probleme bemerkt worden sind. Es erfolgten lediglich Ausbesserungs- und Wartungsarbeiten an der Brücke. Dabei wird in dem Technischen Bericht zu diesen Arbeiten mit keinem Wort erwähnt, dass der Gastererbach in der Vergangenheit zu Problemen führte.

Daraus lässt sich ableiten, dass es anscheinend seither zu keinerlei Problemen gekommen ist oder diese nicht bemerkt wurden. Auch wird anhand des Technischen Berichtes ersichtlich, dass der Straßendienst keine Kenntnisse darüber besitzt, dass der Gastererbach ein murfähiger Wildbach ist, was schon sehr verwundert. Aufgrund der Tatsache, dass in Bezug auf das Abflussverhalten des Gastererbaches von Seiten des Straßendienstes auf die Abteilung Wasserschutzbauten zurückverwiesen wurde, kann man davon ausgehen, dass dem zuständigen Straßendienst keinerlei Abflussdaten bekannt sind. Dies lässt u.a. die Schlussfolgerung zu, dass bei der Dimensionierung der Brücke nicht auf das Abflussverhalten des Gastererbaches geachtet wurde. Im Normalfall weist dieser eine geringe Wasserführung auf, bei starken oder längeren Niederschlägen wird der Abflussquerschnitt allerdings stark vergrößert.

Aufgrund von fehlenden Dimensionierungsgrundlagen auf Seiten des Straßendienstes kann davon ausgegangen werden, dass dieser Bereich der Brennerstaatstraße den höchsten Risikofaktor am Gastererbach darstellt. Der Durchlass mit einer Fläche von rund 3,9 m² (3 m breit und 1,3 m hoch) muss ab einer gewissen Größenordnung (Fläche Refe-

renzprofil 1, siehe Kapitel 3.7, beträgt 19,4 m²) zwangsläufig zur Überflutung der Brennerstaatsstraße führen. Gerade an bereits bekannten murfähigen Wildbächen wäre eine Zusammenarbeit und gemeinsame Planung der verschiedenen dafür zuständigen Behörden bzw. Landesabteilungen empfehlenswert, wenn nicht unabdingbar.

Abschließend ist zu erwähnen, dass für weitere Untersuchungen die Verwendung von geeigneten Simulationsmodellen (Modelle, welche für murartige Prozesse entwickelt wurden) interessant wäre. Damit wäre es möglich, eine visuelle Darstellung des Ereignishergangs zu rekonstruieren. Auch könnten daraus vermutlich weitere Erkenntnisse über das Ereignis gewonnen werden.

6 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, Margit und Peter Gasser, welche mir den universitären Abschluss erst ermöglicht haben und mich immer unterstützt haben.

Bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer am Institut für Alpine Naturgefahren Johannes Hübl für die unkomplizierte Betreuung. Ein besonderer Dank ergeht an Bruno Mazzorana, Mitarbeiter der Abteilung Wasserschutzbauten, für die gute Beratung, Unterstützung und Hilfestellung beim Verfassen, als auch bei der Korrektur dieser Arbeit.

Einen großes Dankeschön für deren Hilfe gilt auch allen anderen Mitarbeitern (Pierpaolo Macconi, Diego Mantovani, Omar Formaggioni, Georg Kompatscher, Philipp Walder, Stefan Hellweger) der Abteilung Wasserschutzbauten. Des Weiteren möchte ich mich bei allen anderen Personen bedanken die mir durch ihre Auskünfte und Hilfestellung beim Verfassen dieser Arbeit geholfen haben.

Auch wenn diese Masterarbeit keine neuen Erkenntnisse für die Wissenschaft lieferte, war sie für mich die richtige Entscheidung. Ich konnte im Bereich der Ereignisdokumentation viel Erfahrung sammeln, welche mir im späteren Berufsleben vermutlich von großem Nutzen wird.

7 Literaturverzeichnis

- ABTEILUNG FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2010 a): Waldtypisierung Südtirol: Band 1 - Waldtypen, Wuchsgebiete, Bestimmungsschlüssel. Bozen: Lanarepro, 42-48.
- ABTEILUNG FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2010 b): Waldtypisierung Südtirol: Band 2 - Waldgruppen, Naturräume, Glossar. Bozen: Lanarepro.
- AUTONOME PROVINZ BOZEN (Hrsg.) (2015): Maps und WebGIS – die GeoBrowser. <http://www.provinz.bz.it/informatik/themen/maps-webgis.asp> (18.07.2015).
- BERGMEISTER, K., SUDA, J., HÜBL, J., RUDOLF-MIKLAU, F. (2008): Betonkalender 2008: Sonderdruck – Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Berlin: Ernst & Sohn, 91 - 289.
- BORGA, M. (2014): Valutazione die quantili di portata al picco e definizione dei profili idrologici lungo il reticolo idrografico maggiore. Padova: Università di Padova.
- BORGA, M. (2003): Relazione N. 1: Linee guida per il calcolo della portata di progetto. Definizione e progettazione dell' ambiente di lavoro. Bolzano: Provincia Autonoma di Bolzano- Azienda Speciale per la regolazione dei corsi d' acqua e la difesa del suolo.
- CARMIGNOLA, G. et al. (2010): Wassernutzungsplan für die Autonome Provinz Bozen: Teil 1 Aktuelle Situation. Bozen: Autonome Provinz Bozen.
- D'AGOSTINO, V., CERATO, M., COALI, R. (1996): Il trasporto solido di eventi estremi nei torrenti del trentino orientale". Interpraevent 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 1: 377-386.
- D'AGOSTINO, V., MARCHI, L. (2001): Debris Flow Magnitude in the Eastern Italian Alps: Data Collection and Analysis. Physics and Chemistry of the Earth, Part C, Vol. 26 No. 9: 657-663.
- FEHER, R. (1987): Geschiebeanalyse in Gebirgsbächen: Umrechnung und Vergleich von verschiedenen Analyseverfahren. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 92, Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- GAMPER, J. (2008): Grundsatzentscheid 224/2008. Bozen: Amt für Wildbach- und Lawinerverbauung Nord der Autonomen Provinz Bozen.
- GemBrowser (Hrsg.) (2015): GemBrowser: Vektorgrundkarte Ritten. http://gis.gvcc.net/bgis_02_02/brs50.jsp?cmd=INIT&service=CTWEB072&language=D# (06.03.2015).
- GEOBROWSER (Hrsg.) (2015): Abteilung 9 – Informationstechnik der Autonomen Provinz Bozen Südtirol. http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser/?project=geobrowser_pro&view=geobrowser_pro_atlas-b&locale=de (14.03.2015).
- GRUBER, A., STINGL, V., WACHTLER, M. (1998): Dolomiten: Das werden einer Landschaft. Bozen: Athesiadruck.
- HAYWARD, J.A. (1980): Hydrology and Stream Sediment from Torlesse Stream Catchment. New Zealand: Tussock Grasslands and Mountain Lands Institute, Lincoln College, Special Publ. no. 17, 235.
- HÜBL, J., JANU, S. (2003): Ereignisdokumentation des Hochwassers August 2002 im Nördlichen Niederösterreich: WLS Report 96. Wien: Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur.
- HÜBL, J. (2009): Ereignisdokumentation Prozesse: Wasser, Universitätskurs Ereignisdokumentation, Hrsg. Wien: Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur.

- HÜBL, J. (2014): Methodik - Ereignisdokumentation: Universitätskurs Ereignisdokumentation, Hrsg. Wien: Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur.
- HYDROGRAPHISCHES AMT (Hrsg.) (2014 a): Climareport Nr. 224: August – agosto 2014. Bozen: Abteilung 26 – Brand- und Zivilschutz der Autonomen Provinz Bozen Südtirol.
- HYDROGRAPHISCHES AMT (Hrsg.) (2014 b): Historische Daten: Tageswerte Temperaturen und Niederschläge. <http://www.provinz.bz.it/wetter/historische-daten.asp> (11.03.2015).
- HYDROGRAPHISCHES AMT (Hrsg.) (2014 c): Historische Daten: Monatswerte Niederschläge. <http://www.provinz.bz.it/wetter/historische-daten.asp> (01.06.2015).
- JARRETT, R. (1984): Hydraulics of high-gradient streams. J. Hydraulic Engineering, Vol. 110, No. 11: 1519-1539.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. (1987): Zur Anwendung der Schätzformel für extreme Feststofffrachten im Süden und Osten Österreichs; Wildbach- und Lawinenverbau, 51. Jg, Heft 106: 187-200.
- LFV (Hrsg.) (2014): Einsatzbericht der Freiwilligen Feuerwehren Ritten. Vipitan: Landesverband der Freiwilligen Feuerwehren Südtirol.
- MAIR, V. (2014): Promemoria für Landesrat Christian Tommasini: Murenabgang vom 31.08.2014. Bozen: Amt für Geologie und Baustoffprüfung der Autonomen Provinz Bozen Südtirol.
- MESSNER, E.P. (2015): Der Ritten – Geschichte: Geographie und Vegetation. <http://www.bibliothek.ritten.eu/system/web/zusatzseite.aspx?menuonr=224744081&detailonr=224744042> (24.01.2015).
- MIZUYAMA, T., KOBASHI, S., OU, G. (1992): Prediction of debris flow peak discharge. Interpraevent 1992 – Bern, Tagungspublikation, Band 4: 99-108.
- MONTGOMERY, D.R., BUFFINGTON, J.M. (1997): Channel-reach morphology in mountain drainage basins. Geological Society of America Bulletin, 109: 596-611.
- NACHRICHT FÜR SÜDTIROL–stol.it (Hrsg.) (2014): Staatsstraße bei Atzwang wieder offen. <http://www.stol.it/Artikel/Chronik-im-Ueberblick/Lokal/Staatsstrasse-bei-Atzwang-wieder-offen> (23.03.2015).
- ONR 24800 (2009): Schutzbauwerke der Wildbachverbauung - Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- RICKENMANN, D. (1990): Bedload transport capacity of slurry flows at steep slopes. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 103, Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- RICKENMANN, D. (1996): Fließgeschwindigkeiten in Wildbächen und Gebirgsflüssen. wasser, energie, luft, 88. Jahrgang, Heft 11/12, CH-5401 Baden: 298-304.
- RICKENMANN, D., WEBER, D. (2000): Flow resistance of natural and experimental debris-flows in torrent channels. Debris-flow hazards mitigation, Balkema, Rotterdam: 245-254.
- RICKENMANN, D. (2014): Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen. WSL Berichte, Heft 9: 105.
- SMART, G.M., JAEGGI M. (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 64, Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

- SPERLING, M., MACCONI, P., BERGER, E. (2011): Progetto/Projekt ED30: Manuale/Handbuch. Bozen: Abteilung 30 – Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen Südtirol.
- STAFFLER, H. (2014): Promemoria für Landesrat Arnold Schuler: Murenabgang vom 31.08.2014. Bozen: Abteilung 26 – Brand- und Zivilschutz der Autonomen Provinz Bozen Südtirol.
- STINGL, V., MAIR, V. (2005): Einführung in die Geologie Südtirols. Amt für Geologie und Baustoffprüfung, Bozen: Kraler Druck.
- STINY, J. (1931): Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. Wien: Julius Springer.
- STRICKLER, A. (1923): Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauheitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen. Mitteilungen des Amtes für Wasserwirtschaft, Nr. 16, Bern: Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft.
- TAKEI, A. (1984): Interdependence of sediment budget between individual torrents and a river-system. Interpraevent 1984 – Villach, Tagungspublikation, Band 2: 35-48.
- UFFICIO SISTEMAZIONE BACINI MONTANI (Hrsg.) (1958): Progetto di sistemazione del bacino montano Isarco, sottobacino Rivo Castro n. 58018: Relazione Tecnica. Bolzano: Assessorato agricoltura e foreste, Regione Trentino Alto Adige.
- UFFICIO SISTEMAZIONE BACINI MONTANI (Hrsg.) (1959): Progetto di sistemazione del bacino montano Isarco, sottobacino Rivo Castro n. 59019: Relazione Tecnica. Bolzano: Assessorato agricoltura e foreste, Regione Trentino Alto Adige.
- VETTORI, A. (2004): Projekt Nr. 040158: Technischer Bericht, Fluss Eschenbach und Gastererbach. Bozen: Amt für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord der Autonomen Provinz Bozen.
- WALDER, P. (2009): Projekt Nr. 100018, Verbauung im Bereich Webergürtl: Technische Bericht, Verbauung Gastererbach. Bozen: Amt für Wildbach- und Lawinenverbauung Nord der Autonomen Provinz Bozen.
- WINKLER, H. (1975): Progetto n. 76005, Relazione Tecnica, fiume Isarco, Torrente Castro-Lahner-Madonnina. Bolzano: Lavori di Sistemazione Idraulico- forestale, Provincia di Bolzano.
- YOUTUBE (Hrsg.) (2014): Unwetter Ritten 31.08.2014: YouTube Video. <https://www.youtube.com/watch?v=ywN9dXo2Rb4> (03.09.2014).
- ZELLER, J. (1985): Feststoffmessung in kleinen Gebirgseinzugsgebieten. wasser, energie, luft, Vol. 77, Nr. 7/8: 246-251.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Orthofoto 2011 von Südtirol und der Gemeinde Ritten.....	4
Abbildung 2.2: Einzugsgebiet des Gastererbaches.	5
Abbildung 2.3: Sohlstruktur in steileren Wildbächen.	7
Abbildung 2.4: Geologische Karte von Südtirol.....	8
Abbildung 2.5: Bozner Quarzporphyr.....	9
Abbildung 2.6: Klimadiagramm der Messstation in Völs am Schlern (840 m ü.M.).....	10
Abbildung 2.7: Jährliche Niederschlagssummen von 1981 bis 2014.....	11
Abbildung 2.8: Landnutzungsverhältnisse im EZG des Gastererbaches.....	12
Abbildung 2.9: Waldtypen und Höhenstufen.....	14
Abbildung 2.10: Historische Karte von 1945.....	16
Abbildung 2.11: Historische Karte von 1954.....	16
Abbildung 2.12: Historische Karte von 1985.....	17
Abbildung 2.13: Aktuelles Orthofoto von 2011 mit dem EZG des Gastererbaches.	17
Abbildung 2.14: Ereignischronik.	18
Abbildung 2.15: Bautenkataster 2014 der Abteilung Wasserschutzbauten.	19
Abbildung 2.16: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 1958 (58018).....	20
Abbildung 2.17: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 1959 (59019).....	21
Abbildung 2.18: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 1975 (76005).....	21
Abbildung 2.19: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 2004 (040158).....	22
Abbildung 2.20: Einkehrdämme.....	22
Abbildung 2.21: Ausschnitt aus dem Plan des Projektes von 2009 (100018).....	23
Abbildung 3.1: Tagesniederschlagswerte der Wetterstation Völs am Schlern.....	25
Abbildung 3.2: Radarbild vom 31. August 2014.....	26
Abbildung 3.3: Niederschlagskarte des Hydrographischen Amtes.....	27
Abbildung 3.4: Radarbild vom 31. August 2014 um 17:55 MEZ.....	28
Abbildung 3.5: Regenwasserleitungen welche in den Gastererbach fließen.	29
Abbildung 3.6: Detaillierter Ausschnitt der Handwerkerzone Klobenstein.	30
Abbildung 3.7: Einteilung des EZG, mit den georeferenzierten Punktnummern.....	31
Abbildung 3.8: Bordvoller Abfluss.....	32
Abbildung 3.9: Abklingen des Hochwassers.	32
Abbildung 3.10: Abfluss des Gastererbaches am 18.09.2014.....	32

Abbildung 3.11: Bei hm ~16, weggespülte Brücke.....	33
Abbildung 3.12: Totholz und Materialablagerungen bei hm ~16.	33
Abbildung 3.13: Anschlagmarke auf Höhe der Sperrflügel (Projektnr. 76005).	34
Abbildung 3.14: Fluviale Anschlagmarke bei hm ~20,09.....	34
Abbildung 3.15: Abgeschälte Rinde der im Bachbett stehenden Bäume.	34
Abbildung 3.16: Luftbildaufnahmen der Rutschungen.....	36
Abbildung 3.17: Neue Rutschung bei hm ~9,91.....	36
Abbildung 3.18: Seitenerosion.....	38
Abbildung 3.19: Eingeschotterte Bäume mit abgeschälter Rinde bei hm ~4,13.	38
Abbildung 3.20: Abgeschälte Bäume und Wurzeln.	38
Abbildung 3.21: Murartiger Feststofftransport, Abgeschälte Rinde und Wurzeln.....	38
Abbildung 3.22: Murartige Ablagerung auf Brennerstaatstraße bei hm ~0,59.....	38
Abbildung 3.23: Murartige Ablagerung, breite und unsortierte Kornverteilung.	38
Abbildung 3.24: Abstrahiertes Gerinnesystem.	39
Abbildung 3.25: Abschätzung der Prozessintensität.	40
Abbildung 3.26: ED30 der Abteilung Wasserschutzbauten.....	40
Abbildung 3.27: Hagel und Regen (1.220 m ü.M.).....	43
Abbildung 3.28: Ort des Videoausschnitts.	43
Abbildung 3.29: Straße unter Wasser.....	43
Abbildung 3.30: Wiese unter Wasser.....	43
Abbildung 3.31: Ausschnitt aus YouTube Video, Bushaltestelle „Zentral“.....	44
Abbildung 3.32: Bei hm ~24,33, Unterhalb des Güterweges.....	45
Abbildung 3.33: Bei hm ~24,33, auf dem Grundstück von Jörg Platter.	45
Abbildung 3.34: Unglücksstelle, Mündungsbereich des Gastererbaches.....	46
Abbildung 3.35: Beginn der Aufräumarbeiten, bei hm ~0,59.....	47
Abbildung 3.36: Beginn der Aufräumarbeiten, bei hm ~0,59.....	47
Abbildung 3.37: Lage der am 13.02.2015 erhobenen Referenzprofile am Gastererbach.....	51
Abbildung 3.38: Spitzenabfluss an den Referenzprofilen.....	51
Abbildung 3.39: Referenzprofil 1.	52
Abbildung 3.40: Referenzprofil 2.	53
Abbildung 3.41: Referenzprofil 3.	54
Abbildung 3.42: Referenzprofil 4.	55

Abbildung 3.43: Referenzprofil 5.	56
Abbildung 3.44: Kornverteilung aus Linienzahlanalyse am Gastererbach.....	57
Abbildung 3.45: Bei hm ~28,82 Rohrbruch: Loch in Forststraße.....	59
Abbildung 3.46: Bei hm ~28,44 Ausspülung der Forststraße.....	59
Abbildung 3.47: Bei hm ~24,67 Beschädigung der Brücke am Güterweg.....	59
Abbildung 3.48: Bei hm ~4,36 beschädigte Sperre (Projektnr. 59019).....	59
Abbildung 3.49: Bei hm ~16 Steig 154, beschädigtes Brückenfundament.....	59
Abbildung 3.50: Bei hm ~16 Brücke durch Lösung der Verklausung weggespült.....	59
Abbildung 3.51: Bei hm ~3,9 beschädigte Sperre (Projektnr. 59019).....	60
Abbildung 3.52: Bei hm ~1,38 kleiner Schaden der Ufermauer.....	60
Abbildung 3.53: Bei hm ~0,35 kaputte Leitplanken und deren Fundament.....	60
Abbildung 3.54: Bei hm ~0,35 beschädigte Leitplanken vor der Unterquerung.....	60
Abbildung 4.1: Spitzenabfluss für ein 30, 100, 200 und 300 jährliches Hochwasser.....	65
Abbildung 4.2: Abflussganglinie für ein 100 jährliches Hochwasserereignis.....	66
Abbildung 4.3: EZG des Gastererbaches und deren Korrektur.....	67
Abbildung 4.4: Niederschlagswahrscheinlichkeitslinien des EZG des Gastererbaches....	67
Abbildung 4.5: 17 MEZ.....	70
Abbildung 4.6: 17:20 MEZ.....	70
Abbildung 4.7: 17:45 MEZ.....	70
Abbildung 4.8: 17:55 MEZ.....	70
Abbildung 4.9: 18:10 MEZ.....	70
Abbildung 4.10: 18:25 MEZ.....	70
Abbildung 4.11: 18:35 MEZ.....	70
Abbildung 4.12: 19:00 MEZ.....	70
Abbildung 4.13: 20:00 MEZ.....	70
Abbildung 4.14: Niederschlagsverlauf im EZG des Gastererbaches.....	72
Abbildung 4.15: Abschätzung der Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses.....	73
Abbildung 4.16: Geschiebefrachtogramm Gastererbach.....	79
Abbildung 4.17: Streudiagramm der Feststofffrachten von Murgängen.....	82

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Kennzahlen der Teileinzugsgebiete des Gastererbaches.....	6
Tabelle 2.2: Landnutzungsverhältnisse im EZG des Gastererbaches.....	12
Tabelle 2.3: Waldtypen mit Höhenstufen im EZG des Gastererbaches.	13
Tabelle 2.4: Veränderung der Landnutzung zwischen 1985 und 2011.....	15
Tabelle 2.5: Ausschnitt der monatlichen und jährlichen Niederschlagsmengen.	18
Tabelle 3.1: Chronogramm des Ereignisses.	42
Tabelle 3.2: Lage der verorteten Referenzprofile.....	50
Tabelle 3.3: Übersicht der Kornverteilung am Gastererbach.....	58
Tabelle 3.4: Kostenaufstellung der Aufräumarbeiten des Straßendienstes.	61
Tabelle 4.1: Datengrundlage BASIN 30.....	64
Tabelle 4.2: Simulierte Abflussdaten des 100 jährlichen Hochwasserereignisse.	65
Tabelle 4.3: Bemessungsniederschlag für das EZG des Gastererbaches.	68
Tabelle 4.4: Ergebnis der Berechnungen der Niederschlagshöhe.	71
Tabelle 4.5: Datengrundlage von den einzelnen Referenzprofilen.....	74
Tabelle 4.6: Berechnung der Fließgeschwindigkeit (Profilnummer 5 und 4).....	75
Tabelle 4.7: Berechnung der Abflüsse am Gastererbach (Profilnummer 5 und 4).....	75
Tabelle 4.8: Berechnung der Fließgeschwindigkeit (Profilnummer 3, 2 und 1).....	76
Tabelle 4.9: Berechnung der Abflüsse am Gastererbach (Profilnummer 3, 2 und 1).....	77
Tabelle 4.10: Berechnung des Maximalabflusses über die Murenfracht.	77
Tabelle 4.11: Abschätzung der Feststofffracht durch verschiedene empirische Formeln. 81	

10 Anhang

Anhang A: ED30 Ereignisdokumentation

AUTONOME PROVINZ BOZEN – SÜDTIROL		PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO – ALTO ADIGE	
Abteilung 30 Wasserschutzbauten Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawnenverbauung		Ripartizione 30 Opere Idrauliche Azienda speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo	
 Ereignisdokumentation Documentazione eventi		ED30 Murgang Colata detritica	
Ereignis-Basisinformation - Informazioni di base evento			
Kodex- Codice	2014070	Gemeinde - Comuni	Renon
Typ - Tipo	Murgang - Colata detritica		
Datum - Data	31/08/2014		
Zone - Zona	NORD - NORD		
Erhebung - Compilazione	Walder P.		
Gewässer - Corso d'acqua	Undefiniert - Non Indicata - Undefiniert		
Schäden - Danni			
<input type="checkbox"/> Private Gebäude - Edifici priva <input type="checkbox"/> Kultur-/ Umweltgüter - Beni culturali e ambient <input type="checkbox"/> Netz-Infrastrukturen - Infrastrutture <input type="checkbox"/> Wirtschaftsstrukturen - Attività economic <input type="checkbox"/> Landw. Flächen - Terreno agricol		<input type="checkbox"/> Strukturen d. Öff. Dienstes - Servizio public <input type="checkbox"/> Fahrzeuge - Veicoli <input type="checkbox"/> Schutzbauten - Sistemazioni <input checked="" type="checkbox"/> Verkehrswege - Viabilità	
Technische Beschreibung - Descrizione tecnica			
Wetterbedingungen - Condizioni meteorologiche			
<input checked="" type="checkbox"/> Gewitter Temporale		<input type="checkbox"/> Dauerregen Plogge persistenti	
		<input type="checkbox"/> Hagel Grandine	
		<input type="checkbox"/> Schneeschmelze Scioglimento neve	
Ereignis Auslösung - Meccanismi d'innescio			
<input type="checkbox"/> Verklausung durch Treibholz Ostruzione da legname		<input checked="" type="checkbox"/> Mobilisierung des Gerinnematerials Mobilizzazione	
<input type="checkbox"/> Verklausung/Impuls durch seitlichen Eintrag Ostruzione/impulso da detriti		<input type="checkbox"/> Bruch Stauanlage/Dammbruch/See (kurzlebig) Rottura sbarramento/argine/lago	
<input checked="" type="checkbox"/> Verklausung bei Überquerung Ostruzione		<input type="checkbox"/> Anderes Altro	
Ereignis Eigenschaften - Caratteristiche dell'evento			
Volumen abgelagerte Feststoff Volume materiale depositato 5000 m ³		Ablagerungsmächtigkeit tSpessore deposito 2 m 3 m	
Volumen Maße Größtkorn Volume del masso più 0 m ³		Volumen abgelagertes Treibholz Volume del legname 0 m ³	
Memo - Note			
Segni sul territorio: passaggio della colata evidenziato con spruzzi su alberi fino ad una altezza di 1,8m			

Grunddaten (S. 1)

1. Ereignis ID: 2014070
2. Haupt Prozess: Murgang
3. Sekundärer Prozess: -
4. Basisinformation:
 - a. ERHEBUNG: 01.09.2014
 - b. NAME: Philipp Walder
 - c. ZONE WLV: Nord
 - d. GEIMEINDE: Ritten

e. FRAKTION: Steg

f. GEWÄSSER KODEX UND NAME: B.85 Gastererbach

5. Wetterbedingungen: 31.09.2014 – Gewitter

6. Datum Ereignis: 31.08.2014

7. Bearbeitungsmethodik: Erhebung im Gelände

Schadenbericht (S. 2)

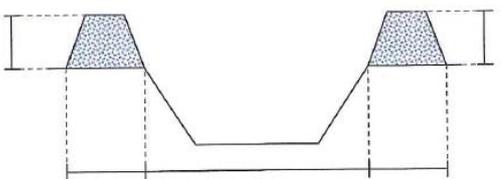
M – steht für mittel (funktionell)

- Personen: 1 Tote
- Verkehrswege: SS12 Brennerstaatsstraße – Unterquerung verstopft durch Vermurung, Verkehrsunterbrechung – 48h
- Kosten Sonderbetrieb – WBV:
 - o Sofortmaßnahmen: Ja
 - o Projektnummer: 140107
 - o Betrag: insgesamt 50.000€

Murgang (S. 3a/5)

1. Ereignisauslösung: Mobilisierung des Gerinnematerials
2. Verklausung bei Überquerung
3. Entstehungsbereich: Restpotential unbegrenzt
4. Ablagerungsbereich:
 - a. (MAXO - A) Volumenabgelagerte Feststoffe: 5.000 m³
 - b. (MAXO - M) Wirkung auf Vorfluter: keine
 - c. Mittlere Ablagerungsmächtigkeit Feststoffe (MAXO - A): 2 m
 - d. Max. Ablagerungsmächtigkeit Feststoffe (MAXO - A): 3 m

Erhebung der Sektion (S. 4/5)

<p>Morphometrie Levées / Damm</p>  <p><input type="checkbox"/> Levée - Neigung _____ % Memo: _____</p>	<p style="text-align: right;">Anschlagspuren Wasser / Sturz</p>  <p><input checked="" type="checkbox"/> Höhe (h)</p> <p>1. <u>11,8</u> m</p> <p>2. _____ m</p> <p>3. _____ m</p> <p>Memo: <u>sh. Foto</u></p> <p style="text-align: right;">SEKTION 4/5</p>
<p>Felder MAXO: M = Messwert, Feststellung A = Annahme, Schätzung X = noch zu erheben O = nicht bestimmbar M-Ø = Thema nicht vorhanden</p>	

Anhang B: Fotodokumentation

In der untenstehenden Grafik sind die georeferenzierten Punktnummern des im Anschluss an das Ereignis erhobenen Bildermaterials.





(2) hm ~30,54; Ende der Verrohrung des Gastererbaches, kommend aus der Handwerkerzone, Rohrdurchmesser 80 cm, Steinkünette reichte für den Hochwasserabfluss gerade noch aus. Aufnahmedatum rechts 18.09.2014, Aufnahmedatum links 04.09.2014 (Georg Kompatscher)



(3) hm ~29,68; Beginn Verrohrung des Gastererbaches unter der Futterwiese und der Forststraße, Aufnahmedatum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).

(4) hm ~28,82; Rohrbruch unter der Forststraße, Aufnahmedatum 18.09.2014.



(4) hm ~28,82; Rohrbruch – Loch in Forststraße, Aufnahmedatum 18.09.2014.

(5) hm ~28,44; Ausspülung der Forststraße unterhalb des Rohrbruches, Aufnahmedatum 18.09.2014.

	
<p>(6) hm ~27,32; Überflutung der Futterwies durch kaputtes Rohr siehe (4), Aufnahme- datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(6.1) hm ~27,2; Wasser fließt wieder ins Bach- bett bzw. in Unterquerung der Landstraße LS 73, zurück, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
	
<p>(7) hm ~24,67; Güterweg „Forstner- Oberschweinsteig“ während NS am 31.08.2014 um 18:40 MEZ (Jörg Platter).</p>	<p>(7) hm ~24,67; Blickrichtung vom Güterweg nach oben, während NS am 31.08.2014 um 18:39 MEZ (Jörg Platter).</p>
	
<p>(7) hm ~24,67; Blickrichtung vom Güterweg nach oben, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(7) hm ~24,67; Beschädigung der Brücke am Güterweg, Brückenhöhe 16 m, Aufnahme datum 18.09.2014.</p>

	
<p>(8) hm ~24,33; Unterhalb des Güterweges, während des Hochwassers am 31.08.2014 um 18:36 MEZ (Jörg Platter).</p>	<p>(8) hm ~24,33; Unterhalb des Güterweges, Aufnahme datum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>
	
<p>(9) hm ~20,09; (Projektnr. 76005) Geschiebeablagerungen zwischen den Sperren, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(9) hm ~20,09; (Projektnr. 76005) Anschlagmarke auf Höhe der Sperrenflügel, Aufnahme datum 18.09.2014.</p>
	
<p>Bei hm ~17,60; zwischen Fotonummer (9) und (10) auf Höhe der Erdpyramiden liegen gebliebenes Totholz, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	



(10) hm ~16; Steig 154 „Keschtnweg“, Brückenfundament, unterhalb Erdpyramiden, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).

(10) hm ~16; Brücke durch Lösung der Verklauung weggespült ca. 5 m unterhalb des Brückenfundamentes, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).



(10) hm ~16; Steig 154, neu errichtete Brücke, Aufnahme datum 18.09.2014.

(10) hm ~16; unterhalb des Steiges 154, Aufnahme datum 01.09.2014 (Georg Kompatscher).



(11) hm ~13,9; Seitenerosion auf der orographisch rechten Seite Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).

(11) hm ~13,9; Ausspülung der Wurzeln auf der orographisch rechten Seite, Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).

	
<p>(11) hm ~13,9; Seitenerosion auf der orographisch rechten Seite, im Gerinne liegendes Totholz, Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(12) hm ~13,68; Seitenerosion auf der orographisch rechten Seite, im Gerinne liegendes Grünholz, Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
	
<p>(13) hm ~13,52; Schluchtstrecke im rissigen grünen Quarzporphyr, Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(14) hm ~10,18; Abgeschälte Bäume - ca. 50 cm, Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
	
<p>(15) hm ~9,91; Rutschung auf der orographisch rechten Seite, Aufnahme datum 04.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(15) hm ~9,91; Rutschung auf der orographisch rechten Seite, im Anschluss an einem kleinen Wasserfall, Aufnahme datum 23.09.2014</p>

	
<p>(17) hm ~6,62; Geschiebeherd/Rutschung auf der orographisch linken Seite, auf Orthofoto 2011 erkennbar, Aufnahme­datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(18) hm ~6,25; Geschiebeherd auf der orographisch linken Seite, Aufnahme­datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
	
<p>(19) hm ~5,58; Geschiebeherd auf der orographisch linken Seite, bei geringer Wasser­führung, Aufnahme­datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(20) hm ~4,83; Seitenerosion auf der orographisch linken Seite, Aufnahme­datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
	
<p>(21) hm ~4,39; Seitenerosion auf orographisch linken Seite, Aufnahme­datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(22) hm ~4,13; Geschiebeablag­erung und Ab­schälung der Bäume, Aufnahme­datum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>

	
<p>(23) hm ~4,36; beschädigte Sperre (Projektnr. 59019), einzelne Kronensteine fehlen, Aufnahmedatum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(23) hm ~4,36; Geschiebeherd auf der orographisch linken Seite, Aufnahmedatum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>
	
<p>(24) hm ~3,9; beschädigte Sperre (Projektnr. 59019), Aufnahmedatum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	
	
<p>(25) hm ~3,3; beschädigte Sperre (Projektnr. 58018), Schaden stammt nicht von diesem Ereignis, Aufnahmedatum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>	<p>(26) hm ~2,89; Geschiebeherd auf der orographisch linken Seite, Aufnahmedatum 23.09.2014 (Georg Kompatscher).</p>

	
<p>(27) hm ~2,7; (Referenzprofil 2), Ablagerung von Geschiebe, Abschälung der Bäume, Konsolidierungssperre und Mauer (orografisch rechten Seite ~11 m) von 1958 (Projekt nr 58018), Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>	<p>(27) hm ~2,7; (Referenzprofil 2), Anschlagmarke siehe Sperrenflügel auf der orografisch linken Seite, (Projekt nr. 58018), Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>
	
<p>(27) hm ~2,31; Seitenerosion auf orografisch rechten Seite, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>	<p>(28) hm ~1,38; Sperre und Ufermauer nicht im Baukataster eingetragen, Anschlagmarke auf orografisch rechten Ufermauer ist rund 2 m, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>
	
<p>(28) hm ~1,38; Anschlagmarke an Bäumen ist laut den ED30 Erhebungen 1,80 m, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>	<p>(28) hm ~1,38; Beschädigung der Ufermauer, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>

	
<p>(29) hm ~0,59; Ablagerungsbereich auf SS 12, in Fahrtrichtung Brenner, Aufnahme- medatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>	<p>(29) hm ~0,59; Ablagerungsbereich auf SS 12, in Fahrtrichtung Bozen, Beginn der Aufräumar- beiten am 01.09.2014 um 08:12 MEZ (Philipp Walder).</p>
	
<p>(29) hm ~0,59; Ablagerungsbereich, Blick- richtung gegen Fließrichtung, Aufnahme- medatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>	<p>(30) hm ~0,35; verklauste Unterquerung des Gastererbaches der SS 12, Aufnahme- medatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>
	
<p>(30) hm ~0,35; verklauste Unterquerung des Gastererbaches der SS 12, Aufnahme- medatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>	<p>(30) hm ~0,35; kaputte Leitplanken und deren Fundament links der Unterquerung, Aufnahme- medatum 01.09.2014 (Philipp Walder).</p>



(30) hm ~0,35; oberhalb der Unterquerung des Gastererbaches der SS 12, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).



(30) Unglücksstelle, Mündungsbereich des Gastererbaches in den Vorfluter (Eisack), Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).



(30) Mündungsbereich des Gastererbaches in den Eisack, Aufnahmedatum 01.09.2014 (Philipp Walder).

Angang C: Rückrechnung Geschiebetransportkapazität

Datengrundlage					
Profilnummer	Symbol	Einheit	1	2	3
Fließfläche (Mischabfluss)	A_{ges}	[m ²]	19,4	17,7	12,2
maßgeb. Sohlenbreite	B	[m]	7,1	8,0	6,4
Mischabflusstiefe	h_m	[m]	2,0	1,6	1,3
Sohlengefälle	J	[-]	0,14	0,16	0,19
Korndurchmesser 90%	d_{90}	[m]	0,41	0,41	0,41
Korndurchmesser 50%	d_m	[m]	0,17	0,17	0,17
Korndurchmesser 30%	d_{30}	[m]	0,05	0,05	0,05
Feststoffdichte	ρ_s	[kg/m ³]	2.650	2.650	2.650
Ruhewinkel Material	φ	[°]	35	35	35
kritischer Shields Faktor	Θ_{cr}	[-]	0,05	0,05	0,05

Geschiebetransportberechnung nach Rickenmann (1990)					
Profilnr.			1	2	3
Relative Dichte des Sohlmaterials	s	[-]	2,04	2,04	2,04
Korrigierter Shields- Faktor	Θ_{crj}	[-]	0,03	0,04	0,04
Shilds-Faktor	Θ	[-]	1,65	1,51	1,42
Fließgeschwindigkeit Fluid	v	[m/s]	10,6	8,69	6,71
Froud'sche Zahl	Fr	[-]	2,39	2,17	1,92
dimensionslose Transportrate	Θ_B	[-]	25,1	19,5	15,5
Spezifische Transportrate	q_B	[m ³ /sm]	5,35	4,15	3,29
Spezifischer Abfluss	q	[m ³ /sm]	12,6	7,18	2,48
Abfluss	Q	[m ³ /s]	90	58	16
Feststofftransport/Geschiebetrieb	Q_B	[m ³ /s]	38	33	21
Mischabfluss	Q_{ges}	[m ³ /s]	128	91	37

Geschiebetransportberechnung nach Smart & Jaeggi (1983)					
Profilnr.			1	2	3
relative Rauigkeit	Z_{90}	[-]	4,88	3,98	3,05
Reinwasserfließgeschwindigkeit	v_w	[m/s]	10,60	8,69	6,71
korrigierter Shields Faktor	Θ_{crJ}	[-]	0,04	0,04	0,04
Shields Faktor	Θ	[-]	1,65	1,51	1,42
relative Feststoffdichte	s	[-]	2,04	2,04	2,04
relative Transportrate	q^*	[-]	0,25	0,30	0,41
spezifischer Abfluss	q	[m ² /s]	15,79	10,22	5,59
spezifische Feststofftransportrate	q_B	[m ² /s]	3,94	4,23	3,48
Reinwasserabfluss	Q	[m ³ /s]	112	113	54
Feststofftransport/Geschiebetrieb	Q_B	[m ³ /s]	28	34	22
Mischabfluss	Q_{ges}	[m ³ /s]	140	147	76