

Kanton

Luzern

Gemeinden



Wolhusen, Werthenstein,
Ruswil, Malters, Littau, Emmen

Gefahrenkarte Kleine Emme

Technischer Bericht

Projekt 21024

Projektleitung:	Trägerschaft:	Bericht genehmigt:
Kanton Luzern: Landwirtschaft und Wald (lawa) Verkehr und Infrastruktur (vif)	Gemeinden Werthenstein, Wolhusen, Ruswil, Malters, Littau, Emmen	

Projektbearbeitung:			
 Ingenieure Bart AG Waisenhausstrasse 15 9000 St.Gallen Fon 071 228 01 70 Fax 071 228 01 71 Email info@bart.ch		 Louis Ingenieurgeologie GmbH Postfach 143 6353 Weggis Fon 041 391 01 91 Fax 041 391 01 92 Email info@louis-weggis.ch	
Datum:	Autoren:	Kontrolliert:	Eingesehen:
Mai 2007	sf, pb, mr, us	cr / rb / klm	

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Situation und Problemstellung	3
1.2	Projektperimeter	3
1.3	Übersicht zur Gefahrenbeurteilung	3
2	Digitale Terrainmodelle (DTM)	5
2.1	Gefahrenhinweise, ProMo	5
2.2	2D-Überflutungsmodellierungen	5
2.2.1	Bildflug	5
2.2.2	Photogrammetrie	6
2.2.2.1	Aerotriangulation	6
2.2.2.2	Photogrammetrische Auswertung	7
2.2.3	Digitales Terrainmodell	8
3	Karte der Phänomene	9
3.1	Vorgehen	9
3.2	Ergebnisse	9
3.2.1	Gerinne	9
3.2.2	Einhänge	10
3.2.3	Felsbänder	12
4	Ereigniskataster	18
4.1	Rutschprozesse/ Hangmuren	18
4.2	Sturzprozesse	22
5	Schutzbautenkataster	24
6	Gefahrenhinweiskarte	25
7	Hydrologie	26
7.1	Das Einzugsgebiet	26
7.2	Geologie / Hydrogeologie	26
7.2.1	Übersicht	26
7.2.2	Tektonik	27
7.2.3	Festgesteine	27
7.2.4	Lockergesteine	28
7.2.5	Hydrogeologische Verhältnisse	29
7.3	Historische Hochwasserereignisse	29
7.4	Niederschläge	29
7.5	Abflussmessungen	31
7.5.1	Hydrometrische Stationen	31
7.5.2	Hochwasserstatistik an der Kleinen Emme	31
7.5.3	Ergebnisse der Hochwasserstatistik	33
7.6	Niederschlag-Abflussmodellierung	34
7.7	Festlegung der Hochwasserabflüsse	35
7.7.1	Hydrologie der kleinen Einzugsgebiete (< 3km ²)	35
7.7.2	Hydrologie der grossen Seitenbäche	36
7.7.3	Hydrologie der Kleinen Emme	36
7.7.4	Festlegung der Hochwasserganglinien	36

8	Gefahrenanalyse	38
8.1	Zielsetzung und Methodik	38
8.1.1	Erstellung und Verwendung einer Gefahrenkarte	38
8.1.2	Gefahrenstufeneinteilung und deren Bedeutung	38
8.1.2.1	Methodik der Gefahrenkarten	38
8.1.2.2	Intensitäts- und Gefährdungsstufen	39
8.2	Ereignisanalyse	40
8.2.1	Einleitung	40
8.2.2	Überflutung	41
8.2.3	Murgang	43
8.2.4	Ufererosion	44
8.2.5	Hangmuren	45
8.2.6	Permanente Rutschungen	46
8.2.7	Steinschlag	46
8.3	Wirkungsanalyse	47
8.3.1	Überflutung	47
	2-dimensionale Überflutungsmodellierung	47
8.3.2	Murgang	48
8.3.3	Ufererosion	49
8.3.4	Hangmuren	49
8.3.5	Permanente Rutschungen	54
8.3.6	Steinschlag	54
8.4	Die wichtigsten Produkte	61
8.4.1	Intensitätskarten	61
8.4.2	Skalierte Überflutungskarten (vgl. Beilagen 7 bis 14)	61
8.4.3	Gefahrenkarten (vgl. Beilagen 2 bis 5)	61
8.4.4	Intensitätskarten pro Hauptprozessart (vgl. Beilagen 15 bis 23)	61
8.5	Gefahrensituation nach Gemeinden	61
8.5.1	Gefahrenbeurteilung Wolhusen	61
8.5.2	Gefahrenbeurteilung Werthenstein	63
8.5.3	Gefahrenbeurteilung Ruswil	64
8.5.4	Gefahrenbeurteilung Malters	66
8.5.5	Gefahrenbeurteilung Littau	67
8.5.6	Gefahrenbeurteilung Emmen	68
9	Ermittlung des Schutzdefizites	69
9.1	Zielsetzung und Methodik	69
9.1.1	Erstellung und Verwendung einer Schutzdefizitkarte	69
9.1.2	Schadenpotenzial	69
9.1.3	Methodik der Schutzdefizitermittlung	70
9.2	Hinweise zu den Schutzdefizite	71
9.3	Exkurs	71
10	Literatur	72
11	Anhang	74
12	Beilagen	75

1 Einleitung

1.1 Situation und Problemstellung

Im Auftrag des Kantons Luzern war eine Gefahrenkarte entlang der Kleinen Emme im Abschnitt von Wolhusen bis Emmenbrücke zu erstellen. Es waren alle vorkommenden Prozessarten zu untersuchen. In dem festgelegten Projektperimeter sind die Gemeinden Wolhusen, Werthenstein, Ruswil, Malters, Littau und Emmenbrücke enthalten.

Für das zu behandelnde Gebiet lag eine Gefahrenhinweiskarte vor, welche einen ersten Eindruck über die zu erwartenden Konfliktstellen gab. Die Hochwassergefahren, als sicherlich dominierende Prozessart in diesem Gebiet, waren in dieser Gefahrenhinweiskarte jedoch nicht enthalten. Zudem waren die potentiellen Gebiete von Spontanrutschungen und Hangmuren zu klein ausgeschieden, weshalb eine Neumodellierung der Gefahrenhinweiskarte beabsichtigt war.

Eine neue Brisanz wurde den Arbeiten nach den Ereignissen des Hochwassers von 22. – 24. August 2005 zuteil. Die gemessenen Abflüsse stellten einen Teil der hydrologischen Vorgaben in Frage. Eine bereits erfolgte (und zu grossen Teilen bestätigte) Hochwasser-Modellierung musste mit angepassten Abflusswerten überarbeitet werden. Die Ereignisse vom August 2005 sind in einem gesonderten Bericht dokumentiert und werden im Folgenden nicht genauer beschrieben.

1.2 Projektperimeter

Das Arbeitsgebiet beinhaltete die Kleinen Emme zwischen der Einmündung der Fontannen in Wolhusen und ihrer Mündung in die Reuss in Emmenbrücke. Der Perimeter umfasste den Talboden sowie die angrenzenden Siedlungsgebiete. Zu Beginn des Projektes lag ein Vorschlag des Auftraggebers für den Gefahrenkartenperimeter vor. In Absprache mit den betroffenen Gemeinden wurde dieser an diversen Stellen erweitert. Im Perimeter sollten alle Gebiete enthalten sein, die entweder bereits eingezont sind oder für eine Einzonung in Frage kommen. Der definitive Perimeter ist in Anhang 5 als Übersicht dargestellt. In derselben Karte ist auch der Untersuchungsperimeter angegeben, der im wesentlichen die Gemeindeflächen umfasst. Wichtigste Ausnahme ist die Gemeinde Littau, für welche im Gebiet über dem Littauer Boden bereits eine Gefahrenkarte vorliegt und deshalb dieser Teil nicht mehr im Untersuchungsperimeter eingeschlossen wurde.

1.3 Übersicht zur Gefahrenbeurteilung

Die Beurteilung begann ausgehend von der vorhandenen Gefahrenhinweiskarte. Durch die Erstellung eines eigenen DTM (Kapitel 2) wurde mit der Software ProMo die Gefahrenhinweiskarte überprüft. Die bestehenden und die neuen Gefahrenhinweise wurden auch im Feld verifiziert.

Mit Hilfe der Hinweiskarten wurden die Gefahren im Arbeitsgebiet charakterisiert und eine Arbeitsteilung für die Feldarbeiten festgelegt. Die Wassergefahren wurden vom Büro Bart aufgenommen, während die Massenbewegungen hauptsächlich von Louis Ingenieurgeologie beurteilt wurden. Gemeinsam wurden die vorhandenen Bauwerke aufgenommen.

Einige Intensitätskarten wurden direkt im Feld erstellt. Dieses Vorgehen wurde für die **Rutsch- und Sturzprozesse** sowie die **Murgänge** und die **Ufererosion** gewählt.

Am aufwändigsten war die Bearbeitung der Gefahr durch **Überflutung**. Hier musste ausser der Kleinen Emme noch ein grosse Zahl an Seitengerinnen einzeln beurteilt werden. Zunächst wurde ein möglichst genaues DTM mit den wichtigen Geländebruchkanten als Oberfläche erstellt. Gleichzeitig wurden im Gelände alle Bauwerke (Brücken, Eindolungen, Geschiebesammler, Einlässe usw.) mit der Querschnittsgrösse aufgenommen (Kapitel 5). Für jedes Bauwerk wurden Versagensszenarien in Abhängigkeit der Jährlichkeit formuliert. Mit diesen Grundlagen wurde für jedes Gewässer eine 2D-Modellierung mit der Software TriPad durchgeführt und daraus die Intensitätskarten gewonnen (Kapitel 6).

Alle Felddaten wurden mit der Software ArcGIS 9 digitalisiert. Die Ergebnisse aus TriPad wurden im Vektorformat in ArcGIS importiert. Alle weiteren Verarbeitungsschritte erfolgte als Vektordaten als ArcInfo Coverage. Mit Hilfe aufwändig programmierter ArcInfo-Routinen (AMLs) wurden die Intensitätskarten, skalierte Überflutungskarten und Gefahrenkarten und schliesslich die Schutzdefizitkarte Schritt für Schritt prozessiert (Kapitel 7).

Für die Erstellung der Gefahrenkarten mussten insgesamt **797** Intensitätskarten der verschiedenen Gefahrenquellen und Jährlichkeiten bearbeitet werden. Es muss betont werden, dass eine (fehlerfreie) Verarbeitung einer so grossen Zahl von Einzeldateien nur mit einer Programmierung handhabbar ist. Anhang 2 enthält ein vollständiges Verzeichnis aller Gefahrenquellen. Die nachfolgende Tabelle listet die Anzahl der bearbeiteten Gefahrenquellen auf.

Tabelle 1 Gefahrenquellen nach Prozessarten.

Hauptprozessart	Prozessart	Zahl der Gefahrenquellen
Wasser	Hochwasser	131
	Murgang	23
	Ufererosion	50
Rutschungen	Hangmuren	15
	Permanente Rutschungen	2
Sturz	Steinschlag	13

2 Digitale Terrainmodelle (DTM)

2.1 Gefahrenhinweise, ProMo

Für Modellierungen im Naturgefahrenbereich wird bei der Ingenieure Bart AG unter anderem eine Eigenentwicklung namens ProMo verwendet. Grundlage für alle Modellierungen im vorliegenden Fall war ein digitales Höhenmodell (DTM) mit einer Rasterweite von 10m. Für ein realitätsnahes Ergebnis der Modellierung muss das DTM möglichst fehlerfrei sein und das feintopographische Relief optimal wiedergeben.

Das Matrixmodell der Landestopographie mit einer Maschenweite von 25m erfüllt die genannten Ansprüche nicht, weshalb ein eigenes DTM erstellt werden musste. Aus dem Basismodell der Landestopographie (Höhenlinien, Höhenpunkte und Seeflächen) und dem Gewässernetz DGN25 wurde mit dem ESRI-ArcInfo-Tool TOPOGRID ein DTM mit 2.5 m Rasterweite berechnet. Um eventuell auftretende Fehler in der Interpolation auszugleichen, wird das DTM danach in eine Rasterweite von 10m umgerechnet. Dieses Verfahren bietet erfahrungsgemäss eine gute Arbeitsgrundlage.

In einem zweiten Schritt der Verarbeitung wird das 10m DTM mit Hilfe des Gewässernetzes verbessert. Hierfür wird das Gewässernetz ausgehend vom DGN25 in ein „Gewässerraster“ umgewandelt, das jedes Gewässer als Reihe sich folgender Pixel darstellt. Um die Fliessrichtung korrekt zu erhalten, wird das Gewässernetz mit eigens dafür entwickelten Algorithmen ohne Verwendung von Höhen in ein logisch korrektes Gewässernetz überführt. Mit der bekannten Fliessrichtung wird das Roh-DTM so korrigiert, dass entlang der Gewässerachsen das Fliessen sichergestellt ist.

Auf dem so erstellten DTM im 10m-Raster wurden folgende Prozesse modelliert:

- Murgänge
- Hangmuren
- Spontanrutschungen
- Sturzprozesse
- Schneegleiten

Diese Daten dienen der Gewinnung einer ersten Übersicht und der Nachprüfung der Gefahrenhinweiskarte.

2.2 2D-Überflutungsmodellierungen

2.2.1 Bildflug

Der Bildflug wurde speziell für das vorliegende Projekt durchgeführt. Aufgrund des vorgegebenen Terminplanes war es jedoch nicht möglich, einen besseren Zeitpunkt für den Bildflug zu finden als den Winter 2004 / 2005. Die generellen Bedingungen für einen Bildflug zur Erstellung eines genauen DTM sind:

- Vor Laubausbruch (wurde erfüllt)
- ohne Schnee und vor starkem Graswuchs (wurde weitgehend erfüllt)
- hoher Sonnenstand wegen Schattenwurf (wurde ausgeprägt nicht erfüllt).

Total wurden 10 Fluglinien (Nr. 11 bis 20) aufgenommen (total 121 Luftbilder), die nachstehende Kenndaten aufweisen:

- Flugdatum 4.1.2006
- Bildmassstab 1 : 6'000
- Objektiv 15 cm
- Farbfilm
- Längsüberdeckung ca. 70 %
- Querüberdeckung mindestens 20 %

In der Flugplanung wurden folgende weiteren Kriterien eingeplant:

- Orientierung der Modelle über eine Aerotriangulation musste möglich sein
- Genauigkeit der Höhenmessungen a priori ≤ 0.1 m

Der Bildflug wurde nach Einholung von Konkurrenzofferten von der Swissphoto AG ausgeführt.

Während der relativen Orientierung wurden die Passpunkte ab Luftbild ausgewählt, im GIS der ungefähre Ort erfasst und mit Krokis wurde die genaue Lage der Punkte beschrieben. Ein extern beauftragtes Vermessungsbüro mass die Passpunkte mit GPS ein. Vorgabe war die Einhaltung eines mittleren Fehlers von ≤ 20 mm. Die Vorgabe wurde mit der Durchführung von Doppelmessungen in einem zeitlich ausreichenden Abstand (Veränderung der Satellitenposition) erreicht.

2.2.2 Photogrammetrie

2.2.2.1 Aerotriangulation

Die Aerotriangulation musste letztlich in zwei Blöcken gerechnet werden, da im Bereich der scharfen Flussbiegung bei Wolhusen die Fluglinie 11 mit der Fluglinie 12 geometrisch schlecht verknüpft werden konnte. Die Gründe dafür waren einzelne, nicht messbare Passpunkte und starke Schatten im Überlappungsbereich, welche die Wahl geeigneter Verknüpfungspunkte stark einschränkte.

Der Block West umfasst alle Modelle der Fluglinie 11; der Block Ost alle übrigen Modelle der Fluglinien 12 bis 20.

Die Aerotriangulation wurde mit dem Programm PatB der Firma Zeiss gerechnet. Das Programm rechnet nach der selbstkalibrierenden Bündelblockausgleichung.

Tabelle 2 Statistik zu den photogrammetrischen Messungen.

Messung	Block West	Block Ost
2-fach	11	34
3-fach	17	74
4-fach	24	87
5-fach	4	24
6-fach	6	22
7-fach	7	24
8-fach	4	23
9-fach	1	2
10-fach	0	2
Total Blockpunkte	74	292
Total Beobachtungen	669	2588

Der mittlere Fehler über alle Messungen (Sigma naught) beträgt:

Block West: 7.67 μ oder 0.043 m

Block Ost: 7.02 μ oder 0.041 m

2.2.2.2 Photogrammetrische Auswertung

Mit dem Laserscanning (DTM-AV) liegen Höhendaten vor, welche sich durch folgende Merkmale beschreiben lassen:

- Dichte der Messungen im offenen Gelände ca. 1 Punkt pro 2 m².
- Genauigkeit „besser als 0.5 m“, in Wahrheit oft deutlich besser oder deutlich schlechter.
- Ausschliesslich Punkte.
- Mit diversen Algorithmen aus dem DOM abgeleitet, d.h. Brücken über Gewässer sind aus den Daten i.d.R. entfernt, Brücken über Verkehrswege sind oft nicht entfernt.
- Befliegungszeitpunkt unbekannt.
- Bereinigungen von Vegetationseinflüssen sind nur in ungewisser Art vollzogen: hohes Gras, Gebüsch und Bäume können immer noch Einflüsse aufweisen, die in den Daten verblieben sind.
- Der Wasserspiegel von Gewässern ist vom Laser nicht durchdringbar.

Die oben beschriebenen Eigenschaften führen zu wesentlichen Mängeln der Daten hinsichtlich der Verwendung als Grundlage für Überflutungsmodellierungen. Die wichtigsten seien nachfolgend genannt:

- Auch mit guten Ausdünnungsverfahren bleibt die Datenmenge insgesamt sehr hoch und zwar auch an Stellen, wo dies aus praktischen Gründen nicht notwendig wäre (z.B. in Böschungen).
- Schmale und / oder stark verkrautete resp. verbuschte Gerinne werden unvollständig und praktisch nie durchgängig erfasst.
- Ein vorhandener Wasserspiegel erscheint als Gerinnesohle.
- Im Bereich von Brücken sind alle Punkte entfernt.
- Schmale leitende Strukturen (Mauern) oder scharfkantige Begrenzungen (Strassenränder) werden entweder nicht, nur partiell oder in der Abgrenzung „ausgefranst“ erfasst.

Im vorliegenden Auftrag wurde eine grosse Zahl kleiner und kleinster Gerinne zweidimensional modelliert. Damit das gewählte Vorgehen möglich wurde, haben wir uns entschlossen, die DTM-AV Daten mit photogrammetrisch gemessenen Bruchkanten zu verschmelzen. Um keine durch die nachträglich bestimmten Bruchkanten verursachten Spannungen in den Höhendaten hervorzurufen, musste eine photogrammetrische Genauigkeit erreicht werden, die sicher besser ist als jene der DTM-AV Daten. Bei der Zusammenführung der beiden Datensätze wurde überprüft, ob örtlich auffallende Höhendifferenzen zu verzeichnen waren. Die Daten passten gut zusammen.

Innerhalb des Gefahrenkartenperimeter wurden die Bruchkanten photogrammetrisch ausgewertet.

Um die oben erwähnten Mängel der DTM-AV Daten für die vorliegende Verwendung zu kompensieren, wurden folgende Bruchkanten ausgewertet:

- Alle Gerinnesohlen (bis zu einer Sohlenbreite von etwas unter 0.5 m mit einer Bruchkante und breitere Gerinne mit zwei oder mehr Bruchkanten).
- Alle oberen Böschungsränder und zwar auch dann, wenn sie weich ausgeformt sind und allmählich ins umgebende Gelände übergehen.
- Alle Strassen und Bahnlinien, insbesondere wenn sich die Fahrbahn resp. die Trasse vom natürlichen Geländeverlauf abhebt oder in diesen einschneidet.
- Alle Brücken und Übergänge.
- Alle Schwellen.
- Mauern, von welchen eine Beeinflussung der Überflutung zu erwarten ist.

Nicht erfasst wurden die Gebäude.

2.2.3 Digitales Terrainmodell

Die Rohdaten des DTM-AV wurden mit Simp 1.1 entsprechend ausgedünnt, sodass die Standardabweichung der verwendeten Punkte nicht mehr als 0.2 m betrug. Diese Daten wurden anschliessend mit den photogrammetrisch erfassten Bruchkanten vereinigt –welche dabei derart erhoben wurden, dass man die Gerinne vollständig erfassen konnte. Sofern zwischen den Böschungskanten der Gerinne Punkte des DTM-AV verblieben, wurden diese gelöscht. Zudem wurden Punkte, welche sehr nahe an Bruchkanten lagen, ebenfalls gelöscht.

Das so bereinigte DTM diente in der Folge der Erstellung der Rechenetze als Grundlage.

3 Karte der Phänomene

3.1 Vorgehen

Die vom Kanton genannten Quellen (Kap. 3.1 in "Gefahrenkarten im Kanton Luzern, Vorgehen und Vorgaben") und allfällige weitere Quellen (z.B. Personen mit guter Ortskenntnis) wurden ausgewertet. Während der Geländeaufnahmen wurden die Phänomene nach der Legende des BWG ("Symbolbaukastens zur Kartierung der Phänomene") aufgenommen und später digitalisiert.

Unmittelbar nach dem Unwetter im August 2005 nahmen wir entlang der Kleinen Emme die Überflutungsflächen der Gewässer, die weiteren Prozesse und die beschädigten Gebäude auf. Dabei zeigte sich, dass vor allem die Rekonstruktion der Überflutungsfläche durch die Aufräumungsarbeiten an vielen Stellen erschwert und dadurch unsicher war. Deshalb wurde die Karte der Ereignisaufnahmen im Februar 2006 an die Gemeinden verschickt und die Verantwortlichen nahmen gestützt auf ihre Kenntnisse Korrekturen und Ergänzungen vor. Die Anpassungen wurden im Mai 2006 in einer Sitzung kontrolliert und akzeptiert.

Die Karte der Ereignisse vom August 2005 ist in einem **separaten Bericht** vorhanden und wurde zusammen mit den Dokumentationen anderer Büros vom Kanton zentral gesammelt. Aufgrund der massiven Schäden dieses „Jahrhundertereignisses“ wurden diese Daten nicht in die beiliegende Karte der Phänomene miteinbezogen; sie würden zu viele Informationen überdecken. Die beiliegende Karte stellt also den Zustand „Vor Ereignissen August 2005“ dar.

3.2 Ergebnisse

Der gesamte Talboden entlang der Kleinen Emme ist durch die Besiedlung derart geprägt, dass dort keinerlei grössere Anzeichen von Naturgefahrenprozessen zu finden sind.

3.2.1 Gerinne

Die Gerinne lassen sich geomorphologisch in elf verschiedene Gebiete einteilen:

- Kleine Emme: Relativ flacher 30 – 40m breiter Talfluss, der über weite Strecken Uferverbauungen aufweist. Neigt in Bereichen, wo der aktuelle Achsverlauf von alten Flussläufen abweicht, zu Ausuferungen, welche von zum Teil starker Ufererosion begleitet werden (Hochwasserereignis vom August 2005). In Bezug auf mobilisierbares Wildholz, ist das Lichtraumprofil einiger Brücken eher knapp bemessen.
- linke Talseite östlich Malters - Emmenbrücke: Kleine, kurze Gerinne, welche relativ flach verlaufen; häufig mit grösserem Anteil von Wildholz im Gerinne und in den Einhängen.
- rechte Talseite östlich Malters - Ränggbach: Sehr steile Gerinne mit häufig eingedoltem Anschluss an den Vorfluter.
- Ränggbach: Grosses, sternförmiges Einzugsgebiet mit Flachstrecke oberhalb Ränggloch sowie grossem Kegel mit immer noch sichtbaren, jedoch älteren Geschiebeablagerungen.
- Gerinne südlich Malters: Oberste Gerinneabschnitte sehr steil mit viel Wildholz und zahlreichen Rutschungen ins Gerinne. Oberhalb des Dorfes teilweise stark eingeschnittene alte Gerinneläufe. Anschluss an Vorfluter eingedolt, häufig mit vorgeschaltetem Geschieberückhalt.
- Gerinne nördlich Malters - Werthenstein: Sehr kurze, steile Gerinne in Rutschhängen.
- Rümlig: Relativ grosses Einzugsgebiet mit ausgeprägtem Relief. Steiles Gerinne, tief eingeschnitten in bewaldeten Bachtobeln. Grosse Transportkapazität für Wildholz und Geschiebe. Dies kann im flacheren Gerinneabschnitt im Zil zu Problemen führen, wo das Gewässer zwei Brücken unterquert. Ausuferungen (Ufererosion) in der Linkskurve im Ober Zil sowie Geschiebeablagerungen im Mündungsbereich sind denkbar.

- Bilbach: Relativ grosses Einzugsgebiet mit geringem Relief.
- Wigger: Sehr grosses Einzugsgebiet. Das Gerinne verläuft im Abklärungsperimeter bis zur Einmündung in die Kleine Emme in einer künstlichen Schale.
- Gerinne linke Talseite südlich Wolhusen: Stark eingeschnittene Gerinne mit grossem Anteil an Wildholz und aktiven Rutschhängen
- Gerinne rechte Talseite südlich Wolhusen: Gerinne mit starken Neigungsänderungen, relativ kleine Einzugsgebiete

3.2.2 Einhänge

Die vorgefundenen Rutschphänomene sind in der Karte der Phänomene (Beilage 1) eingezeichnet. Gegebenfalls wird zusätzlich auf den Fotobericht verwiesen (Anhang 1A-E). Nachfolgend sind die Auslösegebiete und die Phänomene von Rutschungen und Hangmuren kurz beschrieben:

Bad

(Anhang 1A, Foto Wo1).

Oberhalb vom Hotel Bad sowie oberhalb der Wiese N' des Hotels sind die Hänge sehr steil. Nur an einigen Absätzen kann sich etwas Lockermaterial halten, ansonsten steht hauptsächlich Fels an (Nagelfluh).

Das im Frühjahr 2005 hinter dem Kinderspielplatz mobilisierte Material lagerte zur Zeit der Begehung mitsamt den abgerutschten Baumstämmen am Hangfuss.

Kommetsrüti - Gummi

(Anhang 1A, Fotos Wo2-13)

Die Wiesenhänge oberhalb dem Siedlungsgebiet Kommetsrüti zeigen an verschiedenen Stellen Spuren vergangener Hangmurenausbrüche.

S' neben der Terrassenüberbauung Kommetsrüti (Nr. 62/66) ist ein deutlicher, frischer Anriss einer oberflächlichen, reaktivierbaren Spontanrutschung.

Oberhalb der Häuser zeichnet sich der Umriss einer oberflächlichen Translationsrutschung ab (Anhang 1A, Foto Wo3).

Weiter N', hinter den Häusern Kommetsrüti (Nr. 8, 10, 20, 22) ist der Hang steil und bewaldet. Gelegentlich spitzt der Fels hervor, die Lockergesteinsdecke ist geringmächtiger als weiter südlich. Entlang dem hangseitigen Einschnitt des Fussweges findet stellenweise leichte rückschreitende Erosion im Lockergestein statt. Der Waldbewuchs ist ein wichtiger Faktor zur Stabilisierung des Hanges.

Die alte Ausbruchnische des Hangmurenereignisses oberhalb des Schulhauses von 1999 ist wieder vollständig überwachsen.

Beim Unwetter vom August 2005 ereigneten sich im Hang Kommetsrüti mehrere spontane Hangausbrüche. Aus einer am Areal der Baumschule ausgebrochenen Hangmure floss Erdmaterial bis zu den Terrassenhäusern ab. Als Sofortmassnahme wurde bergseits eine Bretterpallisade angebracht. Im Bereich Mittler Kommetsrüti bildeten sich grosse Risse im Lockergestein, wobei das Erdreich teilweise um mehrere Meter versetzt wurde (Anhang 1A Fotos W12 und W13).

Bhf Wolhusen - Sonnebüel

(Anhang 1A, Fotos W21,22).

In der steilen Hangflanke N' der Kantonsstrasse ist die Lockergesteinsdecke geringmächtig und der Fels (vorwiegend Sandstein) spitzt an vielen Stellen hervor.

Gegenüber dem Bahnhof ist die Narbe des Hangmurenausbruchs vom Mai 1999 noch sehr deutlich erkennbar. Die Vegetation wächst nur spärlich nach, der Fels tritt in zwei Bändern hervor.

Hinter dem Siloturm der Landi befindet sich die Narbe einer Spontanrutschung, die sich vor ca. 25 Jahren ereignete. Innerhalb der Rutschnarbe deutet die Wuchsform der Jungbäume auf fortwährende Kriech- und Rutschaktivität hin.

Langnauer Wald

(Anhang 1A Foto We1-8).

In der steilen, NE-SW verlaufende Hangflanke zwischen Ängelgraben und dem Langnauerwald ist die Lockergesteinsdecke in den oberen Hangabschnitten sehr geringmächtig (0.5 – 1.5 m), nimmt aber zum Hangfuss hin etwas zu.

Beim Ängelgraben hat sich im Frühjahr 2004 eine Hangmure ereignet, bei der über 500 m³ Lockermaterial mobilisiert wurden (vgl. Kapitel "bekannte Ereignisse"). Es wurden Sofortmassnahmen zum Schutz der SBB ergriffen. Nach einer Reaktivierung der Hangmure im Frühling 2005 wurden umfangreiche Sanierungsarbeiten eingeleitet, die ab Mai bis zum Juli 2005 durchgeführt wurden (Anhang 1A Fotos We7/8): sämtliches Rutschmaterial wurde dabei aus dem Hang entfernt, um eine erneute Remobilisierung zu verhindern. Der Rutschbereich wurde mit Maccaferri- und Tecconetzen gesichert und an der Strasse wurde ein Schutzdamm errichtet.

Seitlich der grossen Rutschnische befinden sich an mehreren Stellen alte Ausbruchnischen kleinerer Hangmurenausbrüche; einige alte Holzkästen sind vorhanden.

Schönenboden – Halde, Malters

(Anhang 1D, Fotos M1-10).

In diesem Bereich sind deutliche Anzeichen von Kriechprozessen im Hang vorhanden (permanente Rutschung). Bei Mueshofhalde ist die den Hang hinaufführende, aus Betonelementen gebaute Güterstrasse stark aufgewellt, die Elemente sind teilweise gegeneinander versetzt. Im ganzen Bereich von Schönenboden bis Halde, Malters, zeigt der Hang deutliche Rutschmorphologie und Phänomene (unruhige Oberflächen, aber auch Anrisse, Stauchwülste, Vernässungen und schräg stehende Bäume).

Bei Neuhushalde, direkt unterhalb einer alten Scheune (oberhalb Parzelle 2294, bei Kote ca. 560 m ü.M.) verläuft der bis 1 m weit geöffnete Anrissrand einer in jüngster Zeit reaktivierten Rutschung. Im Zusammenhang mit der Rutschung wurde die hangseitige Böschung der neuen Zufahrtstrasse an mehreren Stellen instabil, inzwischen ist an dieser Stelle jedoch ein Haus gebaut worden.

Im Bereich Halde sind mehrere weitere historische Rutsch- und Hangmureneignisse bekannt (vgl. Kapitel "bekannte Ereignisse"). Bei Sonnenrain sind die Anrisse von den Rutschbewegungen aus dem Jahr 1999 noch teilweise erkennbar; ebenso die durch die Kriechprozesse entstandenen Stauchwülste am Hangfuss bei Haldehüsli.

Hammer

(Anhang 1E, Foto L1-3).

Am Nordufer des Kanals ist die dünne Lockergesteinsdecke der ca. 15 m hohen und steilen Böschung entlang eines rund 80 m langen Bereiches vollständig abgerutscht und erodiert; der Mergel ist freigelegt. Eine sich am E' Ende der freigelegten Böschung am Ufer des Kanals befindende Eisenpalisade ist vollständig hinterfüllt und stark nach vorne gedrückt.

Von Moos Stahl

(Anhang 1E, Foto L6-7).

Der Hang hinter dem Stahlwerk Von Moos AG ist stellenweise sehr steil und die Lockergesteinslage dementsprechend geringmächtig. Stellenweise treten schmale Sandsteinbänder zum Vorschein. Am NE' Ende dieser steilen Böschung bei Vorder-Ämmeweid, beim Wendepunkt der Fabrikgebäude, rutscht ein ca. 20 m breiter Böschungsbereich ab, was durch gegeneinander versetzte und verkippte alte Betonelemente im oberen Teil dieser Böschung gezeigt wird. Weiter ist der Hang im oberen Bereich des steilen Hangfusses durch Betonriegel unbekanntem Erstelldatums gestützt.

3.2.3 Felsbänder

Die vorgefundenen Sturzphänomene sind in der Karte der Phänomene (Anhang 1E) eingezeichnet. Im Kartiergebiet befinden sich auch zahlreiche Granit- oder Gneisblöcke, die während der letzten Eiszeit aus den Zentralmassiven in die Region verfrachtet wurden (so genannte "Erratische Blöcke" bzw. "Findlinge"). Bei sehr alten Nagelfluhblöcken ist die Unterscheidung zwischen Residualblöcken und Sturzblöcken oft schwierig.

Untenstehend sind die vorgefundenen Sturzphänomene sowie die Auslösegebiete kurz beschrieben, mit Verweis auf die Fotodokumentation.

Chlungelisei – Bad

(Anhang 1A, Fotos Wo23-26).

Die Hangflanken W' der Kleinen Emme sind in diesem Bereich sehr steil und die Lockergesteinsdecke entsprechend geringmächtig.

N' Bad steht eine bis 110 m hohe, ca. 60-80° steile Felswand direkt am Westufer der Kleinen Emme. Durch die erhöhte Exposition verwittert hier das Gestein rasch, wobei dünnere Mergelschichten schneller herauswittern und überhängende Sandsteinbänke entstehen. Der Wandfuss ist von Sandsteinblöcken mit teilweise grossen Kubaturen gesäumt, die aus der Wand ausgebrochen waren.

Auch im Wald direkt hinter dem Hotel Bad und der N' angrenzenden Wiese mit Kinderspielplatz spitzt der Fels an mehreren Stellen heraus. Am Rand der Wiese wurden mehrere frische Steinschlagzeugen (faust- bis kopfgross) gefunden.

Kommetsrüti - Gummi

Ein schmales Felsband tritt hinter der Geländeverflachung im oberen Bereich der Hanglage, etwa im Bereich von Kote 650, an die Oberfläche. Diese relativ kleinen Felsaufschlüsse führen jedoch zu keiner Gefährdung für die am Hangfuss befindlichen Häuser, da abbrechende Steine geländebedingt direkt vor Ort liegen bleiben.

Im N' Bereich Kommetsrüti, Kote 580 – 600, wird der untere Hangbereich steiler und ist bewaldet. Das Lockergestein ist in diesem Bereich deutlich geringmächtiger; vereinzelt spitzt gar der Fels heraus.

ESE' des Gipfels vom Gummi tritt der Fels ober- und unterhalb der Strasse zwischen in etwa Kote 650 – 660 in Form schmaler Felsbänder zutage. Einzelne faustgrosse Steine säumen den Strassenrand sowie den unterhalb verlaufenden Wanderweg und zeugen von gelegentlich auftretendem Steinschlag.

Vorder-Ämsere – Markt – Guggeliberg

(Anhang 1B, Fotos We11-18).

Rund um das Schlossmätteli sind die Hänge sehr steil und die Lockergesteinsdecke ist besonders in den oberen Hanglagen entsprechend geringmächtig. Die höchsten Felswände treten in den Steilbereichen des Guggeliberges beim Südportal des Eisenbahntunnels auf. Diese Felswände bestehen vorwiegend aus grob gebankter Nagelfluh: sie stehen beinahe senkrecht bis leicht berghängend und sind 20-25 m hoch. Das Pauschalgefälle vom oberen Ausbruchbereich bis zu den Geleiseanlagen beträgt maximal 45°.

Nach einem Blockschlagereignis von 2002 wurden verschiedene Felssicherungen ausgeführt (Betonriegel) und Steinschlagnetze errichtet (2000 kJ). Die Schutznetze sind inzwischen bereits mit viel Sturzmaterial hinterfüllt. Unterhalb der Netze sind keine frischen Sturzblöcke oder Steine gefunden worden.

Fluweid, Bahnhof Wolhusen

(Anhang 1A, Fotos Wo27-30).

Ca. 200 m W' des Bahnhofs Wolhusen verläuft eine rund 15 m hohe Felswand unmittelbar neben der Kantonsstrasse. Die unteren 2 m der Wand sind aus weichem, mergeligem Sandstein aufgebaut, der rasch zurückwittert. Als Folge davon ist die obere Felspartie (Nagelfluh) im Bereich vom Eingangstor zur Zivilschutzanlage stark überhängend. Der überhängende Felsbereich wurde mit einem Netz überspannt, welches herauswitternde Steine auffängt. Das Netz wird jährlich geleert. Eine Vorstudie zur Sanierung der Felswand wurde im März 2006 beim Bund eingereicht (*Louis Ingenieurgeologie GmbH, Vorstudie Sanierung und Sicherung Felswand Fluweid, Bericht Nr. 06-04-1*).

Weiter nördlich, hinter dem Sanitärgeschäft Renggli Jost AG, ist die Wand sehr steil bis senkrecht und ca. 20 m hoch. Im Fussbereich der Felswand liegen etliche Steine (maximal kopfgross), die aus der Nagelfluh herauswitterten. Im Winter ist die Wand teilweise mit Eis bedeckt (Eisschlaggefahr). Es wird mit einem Warnschild auf Stein- und Eisschlag hingewiesen.

Die bewaldeten Hänge unterhalb Fluweid, gegenüber dem Bahnhof, sind steil und die Lockergesteinsdecke geringmächtig. Der Fels spitzt an verschiedenen Stellen heraus, teilweise bilden sich schmale Felsbänder. Im Wald lagern vereinzelt Steine und Kleinblöcke, die wohl meistens durch Windwurf mobilisiert wurden. In der Böschung direkt gegenüber des Bahnhofs sind schmale Felsbänder (Sandstein) anstehend.

Blindei

Hinter der Kläranlage ist die Nagelfluh ca. 2 m hoch aufgeschlossen. Es wittern faust- bis kopfgrosse Steine heraus, welche zahlreich am Hangfuss liegen.

Oberhalb des Fussballplatzes sind im Kopfbereich der Hänge steile Felswände freistehend. Im unteren bewaldeten Hangbereich sind entlang dem Waldrand vereinzelt kleine, teilweise eingewachsene Sturzblöcke vorzufinden. In der Wiese vor dem Waldrand wurden keine stummen Zeugen angetroffen. Es ist jedoch anzunehmen, dass hier abgelagerte Steine regelmässig entfernt werden.

Kloster Werthenstein

(Anhang 1B, Fotos We19,20).

Das Kloster Werthenstein steht auf einem schmalen, von der Kleinen Emme umflossenen Felsenhügel. Die östliche Hangflanke ist sehr steil bis senkrecht. Die Felswand reicht teilweise direkt in die Kleine Emme. Mächtige Sandbänke wechsellagern mit Mergelschichten. Die steile Wand zieht sich vom Kloster ca. 250 m nach Süden, wo sie dann abflacht. Entlang dem gesamten Bereich sind am Ufer grosse Sturzblöcke vorhanden.

Auch die W-Flanke des Felsenhügels ist sehr steil. Der Fels ist sowohl ober- als auch unterhalb der von Werthenstein kommenden Strasse stellenweise freigelegt. Die Felswände oberhalb der Strasse sind relativ glatt und unstrukturiert; es treten keine überhängenden Partien auf. Hier, am Weg zur Wallfahrtskirche, entspringt eine 1636 erstmals erwähnte Quelle aus dem Fels ("Gnadenbrunnen").

Gütsch, Kirche Wolhusen

(Anhang 1A, Fotos Wo31-34).

Am Südwesthang des Gütsch ist eine ca. 6-8 m hohe Felspartie aufgeschlossen. Der Fels besteht aus Nagelfluh mit zwischengelagerten Sandsteinbänken. Der Sandstein bildet bei der Verwitterung "Knauer" (vorstehende kopf- bis rucksackgrosse Sandsteinknollen), die teilweise weit aus der Wand hinausragen.

Direkt oberhalb der Kirche ist ein Felsturm durch eine steil stehende, wandparallel verlaufende Kluft rückseitig vom Felsverband getrennt (Öffnungsweite ca. 30-40 cm). Innerhalb der Kluft ist ein altes Rissiegel (Alter unbekannt) angebracht, der bis auf einige Haarrisse unversehrt ist. Am Fuss wittert der etwas weichere mergelige Sandstein leicht zurück.

Badhus

(Anhang 1B, Fotos We21-25).

S' Badhus ist der Hang in muschelartiger Form eingeschnitten. Es handelt es sich um einen ehemaligen Prallhang der Kleinen Emme. Die Felswände sind steil bis senkrecht. An deren Fuss ist ein schmaler Gehängeschuttkeil aus blockigem bis grobkiesigem Lockermaterial vorgelagert. Der obere Teil der Felswand ist aus einer mächtigen Nagelfluhschicht aufgebaut, aus der häufig Steine herauswittern und vereinzelt treten auch kleinere erosionsbedingte Überhänge auf.

Die Blockschlagdisposition ergibt sich hauptsächlich aus den wandparallelen Entlastungsklüften. Zusätzlich ist der Felsverband durch eine steil stehende Kluftschar durchzogen. Diese ist jedoch sehr weitständig (ca. 10-15 m), sodass sich keine Kluftkörper ausbilden können, sondern einzelne grössere Felspakete voneinander abgetrennt werden.

Im E' des Bereichs verläuft der Wanderweg direkt unter der Felswand am Fuss des Gehängeschuttkeils. Er wird durch zahlreiche Steinschlagzeugen gesäumt.

Dietenei

(Anhang 1C, Fotos R8-14).

Gegenüber Badhus, E' der Kleinen Emme, verläuft die Bahn entlang einer 150 m langen, ca. 10 m hohen glatten Nagelfluhwand. Am Wandfuss liegen viele Steine, die aus der Nagelfluhwand herauswittern.

200 m weiter E' gelegen folgen hohe Felswände, die aus mit weichem Sandstein wechsellagernder Nagelfluh aufgebaut sind. Diese liegen nahe der Kantonsstrasse. Das Pauschalgefälle zwischen der Oberkante der Fluh und der Kantonstrasse beträgt über 100%.

Bei der exponierten Felswand handelt es sich um einen ehemaligen Prallhang der Kleinen Emme. Über der Steilwand folgt eine mit ca. 40° geneigte, moränen- und gehängeschuttbedeckte Hangflanke.

35 m nördlich des Scheitelpunktes der Strassenkurve hat sich der Stäubligbach in den Fels eingeschnitten und stürzt in einem 10 m hohen Wasserfall über die Felswand.

Im Dezember 2002 wurde im Bereich zwischen der Felswand und der Kantonsstrasse eine Sicherheitsholzerei ausgeführt; dabei hat man das ganze Geäst am Wandfuss liegen lassen, so dass viele Sturzphänomene heute verdeckt sind. Stumme Steinschlagzeugen von Steingrösse ($\emptyset < 0.5$ m) bis Kleinblockgrösse ($\emptyset 0.5-1.0$ m) findet man daher fast nur entlang des Strassenrandes.

Ein ca. 4.5 m³ grosser Block befindet sich direkt hinter dem Strassenschild westlich und unweit des Bachdurchlasses. Nur wenig dahinter spitzt auch ein ca. 15 m³ grosser Block aus dem Hangschutt heraus. Der grösste Block hat eine Kubatur von ca. 30 m³: dieser liegt nur wenige Meter vor dem Strassenrand unterhalb der Felswand.

An der Fluh treten vier grosse potentielle Bruchkörper auf, die sich entlang von steilen, wandparallelen Trennflächen vom festen Felsverband abgesondert haben, und somit für eine Auslösung von Grossblockschlag und/oder von Felssturz disponiert sind. Die Felspakete stehen auf schmalen, zurückgewitterten Mergel- oder Sandsteinsockeln. In den Überhängen haben sich entlang von offenen, wandhinterschneidenden Klüften grosse Nagelfluh- und Sandsteinpakete vom Gesteinsverband abgespalten und es brachen immer wieder einzelne Kluffkörper ab.

Die vier Bereiche sind detailliert im Bericht "*Kantonsstrasse Luzern-Wolhusen, Abschnitt Schachen-Werthenstein, Sturzgefahren- und Risikoanalyse der Felswände östlich Bahnübergang Dietenei*", Louis Ingenieurgeologie GmbH 2003 beschrieben.

Langnauer Wald

(Anhang 1A, Fotos We1-5).

Die Hangflanken im Bereich Ober-Langnauerwald bis Langnauerwald sind stellenweise von Felsbändern und -wänden durchzogen; Steinschlagzeugen sind innerhalb der bewaldeten Hänge nur selten zu finden.

Die Höhen der Felsbänder variieren zwischen 8 und 15 m. Sie sind mehrheitlich aus Sandsteinen mit zwischengeschalteten bunten Mergeln aufgebaut. Nagelfluh ist in diesem Bereich weniger häufig und tritt hauptsächlich in Form schmaler, zwischengeschalteter Lagen oder Linsen auf.

Die Felswände sind vorwiegend aus Sandsteinen mit vereinzelt Nagelfluhbänken aufgebaut. Bei der Verwitterung entstehen wiederum die charakteristischen Knauer. Vielerorts ist der Fels von einer dünnen Wasserschicht überzogen, was darauf hinweist, dass zwischen dem Fels und der Lockergesteinsdecke Wasser fliesst, welches am oberen Rand der Wand an die Oberfläche tritt und über das Gestein abfließt.

Die Lockergesteinsdecke entlang der Hangflanke ist im oberen Bereich schwach ausgebildet, sie wird jedoch zum Hangfuss hin zunehmend mächtiger. Aus einem sandigen Ton mit wenig bis reichlich Kies und vereinzelt Steinen bestehend, "schwimmen" darin zudem vereinzelt Sandsteinblöcke, die sich aus den Sandsteinbänken gelöst hatten. Diese Blöcke wiederum können leicht durch Hangmuren oder Windwurf mobilisiert werden (sekundärer Blockschlag).

Stumme Zeugen sind vor allem entlang der Felswände zu finden: unweit E' vom Ängelgraben zeugen einige grosse Sandsteinblöcke in einem Auffanggraben von einem Blockschlagereignis, bei dem 1960 ca. 70 m³ Gesteinsmaterial aus der Felswand ausgebrochen waren.

Bei einer Hangmure beim Ängelgraben wurden zudem 2004 mehrere grössere Sandsteinblöcke mobilisiert, welche teilweise zusammen mit der Erdmasse über die Felswand hinwegstürzten und auf der Transitstrecke (Kote ca. 570 m ü. M.) liegen blieben.

Vor Schachen schliesslich liegt ein frischer, wagenradförmiger Sandstein-Sturzblock (rund 0.25 m³), welcher aus dem Hang weit in das Wiesland vorgestossen war. Ein älterer Block mit einer ähnlichen Form liegt weiter W' etwas ausserhalb des Waldrandes.

Hasewald - Muffehus

(Anhang 1C, Fotos R15-20).

W' Muffehus verläuft eine ca. 10-15 m hohe Felswand am oberen Rand des steilen Hanges (bei Kote ca. 580-590 m ü. M.). Die Felswände bestehen aus stark strukturiertem Sandstein. Meterdicke Mergellagen am Wandfuss führen zu mächtigen Überhängen und Unterhöhungen, was zum Abbrechen von mehreren m³ grossen Felspartien entlang wandparallelen Klüften führt. Von diesem Verwitterungsvorgang zeugen auch einige grosse Blöcke, die direkt unter der Felswand liegen geblieben sind. Die Sandsteinwände neigen zu Knauerbildung.

Die Felswände sind im mittleren Teil des Bereiches am höchsten und werden nach Westen hin geringmächtiger. Unterhalb der Felswände ist der Hang sehr steil. Am Hangfuss verläuft eine Güterstrasse, talseits davon die Kantonsstrasse.

Es sind mehrere Ereignisse von Blockschlägen aus diesem Felsbereich bekannt (vgl. Kapitel "bekannte Ereignisse"). Entlang dem gesamten Hangbereich und am unteren Waldrand lassen sich stumme Zeugen von Stein- bis Kleinblockgrösse finden und an mehreren Stellen lehnen kleine Sandsteinblöcke an Bäumen an. Die im Hang vorgefundenen Blöcke haben bis zu 1 m³ Grösse.

Beim Blockschlag vom Frühjahr 2005 (siehe Kapitel "bekannte Ereignisse", Fotobericht) blieb der grösste Teil des Sturzmaterials im bewaldeten Hangabschnitt liegen. Ein Kleinblock gelangte jedoch bis zum Hangfuss und hinterliess im Wiesenhang deutliche Einschlagspuren, die auf Sprungweiten von 2-5 m hindeuten. Die Tiefe der Blockschlagspuren sind entlang dem gesamten Hang ähnlich, was darauf hinweist, dass beim Sturz über die Weise keine wesentliche Änderung der kinetischen Energie stattfand. Der Kleinblock stürzte gegen den Zaun bergseits der Parallelstrasse und riss diesen um.

Schlyferhüsli – Steghalde (Hinter Ämmenberg)

(Anhang 1D, Fotos M13-23).

Westlicher Teil des Abschnittes:

Entlang des Hangfusses verläuft eine 5-12 m hohe Felswand; eine weitere, 5-10 m hohe Felswand folgt weiter oben auf Kote ca. 570 m ü. M. im bewaldeten Hang. Ein grosses abgebrochenes Felspaket lagert am Wandfuss und zeugt von einem alten Sturzereignis. Entlang dem Hangfuss haben die alten Sturzblöcke Durchmesser von 0.5 – 1.5 m.

Die Strasse ist hier relativ weit vom Hangfuss entfernt; zudem bietet das flache Gelände der Strasse einen natürlichen Schutz vor Steinschlagereignissen.

Mittlerer Teil des Abschnittes:

Die untere Felswand wird gegen Osten schmaler, während das obere Felsband deutlicher hervortritt. Der Sandstein wittert knauerig heraus und es treten einzelne Sandsteinbänke als Überhänge aus der Wand hervor.

Geisschachen:

Oberhalb des Mehrfamilienhauses Geisschachen befindet sich eine 6-10 m hohe, ca. 130 m lange, steile Felswand. Der Fels weist eine ausgeprägte wandparallele Klüftung auf. Im Fussbereich tritt der Fels durch die Verwitterung des Sandsteines etwas zurück. Die Felswand wird von einem schmalen Keil aus blockigem Gehängeschutt gesäumt.

Eine absturzgefährdete Felsmasse mit ca. 300 m³ Volumen wurde im Jahre 2000 durch zwei mit Felsankern versehene Betonrippen gesichert; zum weiteren Schutz der Liegenschaft sowie der T10 wurde zudem ein ca. 35 m langes Steinschlagnetz angebracht.

Ca. 30 m E' Liegenschaft Geisschachen ist ein rund 7 m hoher und 3 m breiter Felsturm durch eine über 1 dm weit geöffnete rückseitige Kluft vom Felsverband getrennt. Ein hervorstehender Überhang ist ebenfalls wandparallel hinterklüftet (ca. 5 m³).

Auf der Wiese am Fuss der Felswand, ca. 70 m E' des Mehrfamilienhauses, liegt ein etwa 10 Jahre alter Blockhaufen, der von einem Abbruchereignis zeugt: die Ausbruchnische des Ereignisses befindet sich in der Felswand direkt oberhalb. Dabei ist die Sturzmasse wandparallel aus dem Felsverband ausgebrochen, wobei im oberen Teil der Nische ein ebenfalls hinterklüfteter Überhang stehen geblieben ist.

Stäghalde:

Die 5-7 m hohe Felswand verläuft im Hang ca. 30 m oberhalb der Kantonsstrasse. Die dickbankigen Sandsteine wittern knauerig heraus; wiederum dominiert ein parallel zur Wand verlaufendes Kluftsystem. Sandsteinüberhänge treten besonders im westlichen Bereich auf.

Am Hangfuss direkt hinter der Güterstrasse wurden, neben älteren, überwachsenen, auch zwei frisch abgestürzte Kleinblöcke gefunden.

Entlang dem Hangfuss verläuft die parallel zur Kantonsstrasse gelegene Güterstrasse. Gegen E vergrössert sich der Niveauunterschied Hangfuss – Kantonsstrasse zunehmend, da hier die Kantonsstrasse auf einem bis zu 4.5 m hohen Damm verläuft. Die so entstehende "Auffangwanne" bietet einen guten Schutz der Kantonsstrasse vor Steinschlag oder Hangmureneignissen.

4 Ereigniskataster

Eine ausführliche Dokumentation der Ereignisse während und nach dem Unwetter im August 2005 ist in einem getrennten Bericht vorhanden (Ingenieure Bart AG 2006). Diese werden im Folgenden nur kurz erwähnt.

4.1 Rutschprozesse/ Hangmuren

Werthenstein:

Güggeliberg

- 1986 Oberhalb des Südportals des Eisenbahntunnels ereignete sich ein Erdbeben.
- Mai 1999 Nach einem starken Unwetter ereignete sich an der steilen Hangflanke bei Ämseren ein Erdbeben: dabei glitt eine Rutschmasse von rund 2'000 m³ samt Bäumen innerhalb weniger Stunden ca. 20 m weit ab. Es floss sehr viel schlamm- und holzdurchsetztes Wasser herab, wobei ein Durchlass der SBB-Linie verstopfte. Dies führte zu einer Überflutung der bergseitigen Terrainmulde über eine Breite von ca. 130 m.
- Mai 1999 Beim Nordportal des Wolhusertunnels übersart ein Hangrutsch das Gleis und die Schwanderstrasse.
- August 2005 Schlossmatteli, Hangmurenausbruch und Quellaustritt in der Mulde.

Südliche Uferhänge der Kleine Emme

- August 2005 Mehrere Hangmuren aus den Hängen gegenüber Hackerrüti und bei Sandboden.

Roteflue

- Seit 1948 Seit dem Bau der Hochspannungsmasten der CKW im Jahre 1948 wurden diese durch Rutschaktivität stark verkippt und haben sich gesetzt; 2001 musste gar ein Mast komplett ersetzt werden.
- Alle befragten Anwohner berichten von markanten morphologischen Veränderungen im Laufe der Jahre.

Sticherlöchliwald

- Mai 1999 Oberhalb der 3-fach Turnhalle hat sich in einer Haarnadelkurve der Güterstrasse eine Hangmure (vermutlich um 1'000 m³) ereignet. Ein Teil des Asphalts des oberen Strassenabschnittes wurde mitgerissen, der untere Strassenabschnitt der Strasse wurde verschüttet. Die Rutschmasse enthielt mehrere Bäume. Die Hangmure gelangte bis an die Mauer vor der Turnhalle.

Friedhof Klosterkirche

- Mai 1999 Unmittelbar talseits der Friedhofsmauer des Klosters Werthenstein, am steilen Abhang gegen die Kleine Emme hin, hatte sich eine Spontanrutschung gelöst. Die Friedhofsmauer und das Kreuz waren durch fortschreitende Erosion im Bereich des Rutschanrisses gefährdet, weshalb man als Sofortmassnahme die Mauer mit Betonriegeln unterfangen hat.
- August 2005 Oberhalb der Zufahrtsstrasse zum Kloster brach eine Hangmure aus. Eine weitere Hangmure ereignete sich im Wald unterhalb der Strasse.

Ängelgraben, Langnauerwald

- Juli 1983 Ein Murgang überschüttete das Gleis und brachte einen Schnellzug zum Entgleisen.

- Juli 1990 Hangmuren und Spontanrutschungen an zahlreichen Stellen im Langnauer Wald: hunderte von Bäumen rutschten samt Steinen und Erdreich ab. Die Bahnanlagen wurden an vier Orten bis zu 2 m hoch verschüttet und auf einer Gesamtlänge von 500 m verschlammt.
- Frühjahr 2004 Am Steilhang östlich des Ängelgraben – auf ca. 630 m. ü. M. - brach eine flachgründige Hangmure aus, bei der in etwa 500 m³ Lockermaterial über eine 8-11 m hohe Felswand abrutschte und an deren Fuss liegen blieb. Ein kleiner Schlammstrom floss bis an den Hangfuss und trat auf dem Jakobsweg entlang den Geleisen aus dem Wald.
- April 2005 Nach ergiebigen Niederschlägen rutschte erneut Material über die Felswand; gleichzeitig remobilisierte sich ein Teil der Rutschmasse. Die Rutschung wurde im Sommer 2005 saniert.

Wolhusen:

Kommetsrüti

- Ca. 2002 Hautrutschung S' der neuen Terrassenüberbauung.
- August 2005 Hangmure in der Baumschule bei Hinterkommetsrüti.
Hangmure oberhalb der Terrassenhäuser, Schlamm fliesst bis zu den Häusern.
Hangmurenausbrüche und meterweite Rissöffnungen in den Hängen oberhalb Mittler- und Vorderkommetsrüti.

Bahnhof

- Mai 1999 Unmittelbar nördlich des Bahnhofs, auf der gegenüberliegenden Seite der Kantonsstrasse, ereignete sich ein Hangmurenausbruch, welcher auch Felsblöcke aus dem Untergrund mitriss. Die Erd- und Felsmassen trafen ein Wohn- und Geschäftshaus mit einem Restaurant im Erdgeschoss – und auch die Strasse war betroffen.

Mäderslehn

- August 2005 Hangmure aus den steilen Hanglagen unterhalb Mülibode bis vor die Stallgebäude der Schweinezüchtereie.

Ruswil:

Unterhalb Höchweid

- Januar 1966 Das Bahntrasse wird von ca. 2 m³ Gesteinsmaterial überschüttet.
- August 1970 Ein Zug fährt in einen Erdschlipf.
- März 1974 Erneut löst sich aus der steilen Böschung ein Erdrutsch.

NE-Portal Werthensteintunnel

- Juli 1990 Kleine Hangrutschung beim Portal.
- Dez. 1990 Erneute kleinere Hangrutschung bis zum Gleis.
- Mai 1999 Nach den Starkniederschlägen rutschte die geringmächtige Lockergesteinsdecke über eine Breite von ca. 6 m mitsamt einiger Büsche über die steile Felsoberfläche ab. Teile der Rutschmasse erreichten das Gleis, die Hauptmasse blieb aber vor dem Trasse liegen.

Haltestelle Werthenstein

- Juli 1990 Aus der steilen Böschung N' des Trasses ereignete sich ein kleiner Erdrutsch, wobei das Trasse mit wenigen m³ Erdmaterial verschüttet wurde.
- Juni 2001 Rund 350 m südöstlich der Haltestelle Werthenstein löste sich an der steilen Hangböschung oberhalb der Bahnlinie ein ca. 25 x 25 m grosser, bis zu 2.5 m tiefer Spontanrutsch. In der Folge stürzten rund 50 m³ Lockermaterial über die ca. 7 m hohe Nagelfluhwand auf das Bahntrasse, wobei ein Fahrleitungsmast abgeknickt und die Stromleitung abgerissen wurde.

Höchweid

- August 2005 Mehrere Hangmuren im Hang N' des Gehöfts Ey.

Wandele-Ringgei-Dietenei

- Juli 1990 Bei einem heftigen Unwetter ereigneten sich in der steilen Böschung mehrere Hangmuren. Bei Ringgei trat der Bach über die Ufer und überschwemmte teilweise das Gelände.
- Mai 1999 Die Bahnlinie wurde durch einen ca. 25 m³ grossen Schlipf verschüttet.
- 2001 Die Bahnlinie wird durch einen ca. 400 m³ grossen Erdrutsch verschüttet.
- Oktober 2001 Ein Erdrutsch verschüttet die Bahnlinie und reisst einen Fahrleitungsmasten um.
- August 2005 Lockermaterial wird in den steilen Hanglagen mobilisiert.

Malters:

- August 2005 Spontanrutschungen in den Hängen bei Oberluegete und am Luegetebach.
- Spontanrutschungen beim westlichen Bachufer des Frohofbaches am S' Rand des Dorfes.

Hinter- Steghalden

- Mai 1999 Unterhalb Steghalde 1 löste sich eine Spontanrutschung. Die mobilisierte Rutschmasse gelangte bis zur Parallelstrasse der Kantonsstrasse.

Gebiet Halde

- Mai 1999 Im Wald oberhalb Sonnenrain traten Rutschungen und Hangmuren mit Übersarungen bis ins Baugebiet auf und ein Teil der Strasse oberhalb des Waldes sackte auf einer Länge von rund 20 m ab. Die Ursache war, neben den Niederschlägen, unkontrolliert in den Hang geleitetes Drainagewasser. Siehe auch *Geotest AG (2000): Gefahrenkarte Bauzonen Halde, Emmenberg, revidierter technischer Bericht*.
- Im selben Monat wurden im Wiesland bei Sonnenrain Rutschanrisse von ca. 10 - 15 cm Höhe beobachtet. Die Grasnarbe schob sich über die Stützmauer der Haldenstrasse und die Stützmauer zum Haus Sonnenrain.
- In einer Aufforstung E' „Neuhushalde“, oberhalb des Haldenbaches, ereignete sich eine Spontanrutschung: dabei entstanden Schäden an der Aufforstung.
- Herbst 1999 In der vernagelten Spritzbetonwand des bergseitigen Böschungsanschnittes bei der Liegenschaft Haldehüsli wird ein Riss festgestellt, aus dem Wasser austritt.
- September 2002 Im Sonnenrain (Parzellen 988 und 989) wurden durch Starkniederschläge zwei flachgründige Rutschungen ausgelöst. Die beiden betroffenen Hänge sind als Kriechhänge bekannt.
- 2004 Im Bereich Neuhushalde wurde mit dem Anlegen einer neuen Zugangsstrasse der Hang künstlich angeschnitten. Im Herbst 2004 rutschte die Böschung bergseits der Strasse bei PZ 2294 und beim östlich gelegenen Wendeplatz ab.

Die Ausbruchnischen wurden behelfsmässig mit Sickerbeton befestigt.

- 2005 Im Frühjahr 2005 brach die Böschung erneut ein, wobei sich das abgerutschte Material teilweise auf die Strasse ergoss. Die am Ost- und Westende des Böschungsbogens angebrachten Sickerbetonriegel wurden einige dm über den Strassenrand geschoben.
- März 2005 Ca. 20 bis 30 m oberhalb der Strasse wurden frische, in etwa 2 dm breite Risse im Boden festgestellt. Diese verlaufen direkt unterhalb der Stallung.
- April 2005 Eine erneute Begehung des Rutschgebiets hat gezeigt, dass sich die Risse im Boden unterhalb der Stallung erneut aufgeweitet haben.

Schachen

- August 2005 Zwei Rutschungen treten auf den Parzellen 648/649, nahe am Ufer des Rümli (Kote ca. 620 m ü. M.), auf: dabei reisst die Zufahrtsstrasse zu den Häusern ab und ist nicht mehr befahrbar.

Zahlreiche Hangmuren am Westufer des Rümli

Eine ca. 50 m breite Spontanrutschung verschüttet die Zufahrtsstrasse nach Unterrohr (*Louis Ingenieurgeologie GmbH, Hangmure Unter Rohr, Brief vom 11.9.2005*). Die Strasse wurde noch im selben Jahr wieder freigelegt.

Oberhalb Schofrain gehen Spontanrutschungen ab und Hangmuren schiessen links und rechts am Gehöft vorbei: die Häuser bleiben jedoch unversehrt.

Oberhalb Würgis, unmittelbar nach der Abzweigung nach Fischenbach, wurde die Fischenbachstrasse durch eine ca. 50 m breite Rutschung um ca. 0.5 - 1 m versetzt.

Die Rutschungen in Schachen wurden von der Louis Ingenieurgeologie GmbH einer Sofortbeurteilung unterzogen (*Louis Ingenieurgeologie GmbH, Beurteilung Unwetterschäden Schachen, Brief vom 25. 8. 2005*).

Littau:

Obermatt

- Juli 1993 Nach heftigen Regenfällen bricht aus dem ca. 30° steilen Hang W' des Bahnhofs Littau eine Hangmure aus, die das Bahntrasse über eine Länge von ca. 20 m überschüttet.

Toreberg

- 1975 Erdbeben aus der steilen Böschung in den Oberwasserkanal nach intensiven Niederschlägen. Die Gebiete Hammer und Toreberg wurden überschwemmt und es entstanden Gebäudeschäden.
- 1975 - 1980 Beim Zusammenfluss Unterwasserkanal / Kleine Emme ereigneten sich nach ergiebigen Niederschlägen immer wieder Rutschungen: dabei entstanden Schäden an Wald und Kulturland.

Zimmereggwald

- Seit ca. 1970 Bei starken Niederschlägen treten Vernässungen, Übersarungen und Rutschungen bergseits des Hauses Fluhmühlerain 16/18 auf.
- 1999 Im Wald Stocker oberhalb Fluhmühlerain ereignet sich eine grössere Rutschung.
- 2002 Eine ca. 30 m breite Rutschung zerstört eine Sickerleitung am Hangfuss.

Littauer Boden / Reussbühl

- 1987 Rutschung in der Dammschüttung der Zufahrtsstrasse zu den Sportplätzen Ruopigenmoos hin infolge intensiver Niederschläge.
- 1996 Ca. 10 m breite Rutschung beim Staldenring infolge Durchnässung durch Wasserleitungsbruch.
- Ca. 2003 Rutschung im Bereich der Familiengärten.

Steilböschung beim Schachen

- 1979 Ca. 30 m breite Hangrutschung unterhalb der Bahnhofstrasse infolge Hanganschnitt im Hangfussbereich.
- 1985 Ca. 40 m breite Rutschung bei der Obermatt unterhalb der Liegenschaft Riegelhüsli infolge Durchnässung nach Wasserleitungsbruch.
- 2002 Rutschung W' Obermatt, übergehend in eine Hangmure, erreichte den Talgrund gegen die SBB-Linie.

Sonnenberg

- 2002 28 Rutschungen und Murgänge im westlichen Bereich infolge Starkniederschlägen. Steinschlag und Schuttrutschungen aus der Felsböschung entlang der Strasse.
- Aktuell Teilweises Abrutschen des Fusswegs unterhalb der Kantonsstrasse beim Ränggloch infolge Durchnässung mit Meteorwasser von der Strasse her.

4.2 Sturzprozesse**Werthenstein:****Güggeliberg**

- März 1985 Infolge eines Blocksturzes E' des Südportals der Bahnlinie ereignete sich aus der 20-25 m hohen Felswand ein Blocksturz, woraufhin die Bahnlinie mehrere Tage lang gesperrt war. In der Folge wurde ein Steinschlagschutznetz (500 kJ) erstellt.
- März 1985 Oberhalb des Südportals des Eisenbahntunnels löste sich ein >10 m³ grosser Nagelfluhblock. Er blieb oberhalb der Bahnlinie liegen; vereinzelt kleinere abgesplitterte Felsbrocken rollten jedoch bis zum Trasse.
- Januar 2002 Am 22. Januar 2002, kurz nach Mitternacht, fand erneut ein Felsausbruch statt, bei dem zwei grosse Nagelfluhblöcke (je ca. 10 m³) bis an die unmittelbar neben der Bahnlinie verlaufende Steinmauer stürzten: dabei wurden mehrere Mauersteine (Ø 30-40 cm) abgeschlagen und auf das Gleis geschleudert. Ein kurz darauf aus dem Tunnel herausfahrender Personenzug fuhr über die Steine, worauf der Triebwagen entgleiste. In der Folge musste die Bahnlinie sechs Tage lang gesperrt bleiben. Die Felsüberhänge wurden daraufhin mit verankerten Beton- Felsriegeln saniert und ein 2000 kJ- Steinschlagnetz errichtet.

Rütimatt

- Ca. 1990 Ca. 50 m nach der Wegabzweigung nach Schwändi wird auf dem Wanderweg ein Passant von einem stürzenden Stein tödlich verletzt.

Ängelgraben - Langnauerwald

- März 1960 Ca. 70 m³ Felsmaterial stürzen bis an den Hangfuss in einen Auffanggraben der Bahn.
- Juli 1973 Ca. 15 m³ Schutt übersaren das Gleis.

Ruswil:**Wandele - Ringgei - Dietenei**

- Januar 1999 Aus der Steilwand oberhalb des Bahntrasses (Bahnkilometer 76.56) lösten sich ca. 2-3 m³ Gestein. Dabei stürzte ein 500 kg schwerer Sandsteinblock auf die Bahnlinie, nachdem er vorher im freien Fall ein Erdungskabel in 6.5 m Höhe durchriss. Der Block wurde vom Zug gerammt und vom Trasse geschleudert. Ein zweiter Block (700 kg) zertrümmerte den Kabelkanal; zwei weitere Blöcke und mehrere Steine blieben auf dem lockeren Hangschuttfächer liegen.
- Januar 1999 Ein 3 t schwerer Sandsteinblock brach aus der Hangflanke aus und stürzte auf die Bahnschranke beim Bahnübergang Dietenei.
- Oktober 1999 Ein Sandsteinblock stürzte auf das Bahngleis.
- März 2003 In der Nacht des 31.03.2003, um ca. 01:00 Uhr, ereignete sich am südöstlichen Rand der Felswand Dietenei ein Blockschlag, bei welchem ein Auto auf der Frontscheibe getroffen und schwer beschädigt wurde; verletzt wurde glücklicherweise niemand. Hierbei handelte es sich jedoch nicht um einen „natürlichen“ Steinschlag, sondern um einen ca. 50-70 kg schweren Betonbrocken, der an der talseitigen Böschungskante vor dem in etwa 20 m oberhalb der Kantonsstrasse verlaufenden Waldweg losrollte und über die steile Hangflanke mit einigen ca. 1 m hohen Sprüngen auf die Strasse stürzte.
- April 2003 Zwischen Mitte März und Anfang April 2003 hat sich ein Blockschlag von ca. 0.5 m³ ereignet. Der Block brach aus einem Überhang aus und verfring sich in einem Asthaufen wenige Meter vor der Strasse.
- 2003-2006 Immer wieder Blockschlag von bis zu mehreren m³ Grösse.

Muffehus

- Oktober 2000 Am späten Nachmittag des 15. Oktobers lösten sich aus der Sandstein-Felswand E' des "Muffehus" ein ca. 1.5 m³ grosser Block. Einige Teilblöcke (1/4 bis 1/3 m³) stürzten bis an den Hangfuss und zerstörten die gedeckte Futterstelle und den entlang des Parallelweges verlaufenden Diagonalgeflecht-Zaun. Ein Block prallte gegen die Leitplanke der T10 und wurde von dieser gestoppt.
- März 2005 Unweit der ersten Ausbruchstelle löste sich erneut ein ca. 1-1.5 m³ grosser Kluffkörper aus der Felswand. Wiederum stürzte ein Block bis an den Hangfuss und schlug den Diagonalgeflecht-Zaun nieder.

Malters:**Stäghalde - Geisschachen**

- Juli 1992 Westlich Stäghalde lösten sich einige m³ Fels und stürzten ab, was eine Sperrung der T10 zur Folge hatte.
- Mai 1999 Aus der Felswand oberhalb der Liegenschaft Geisschachen ereignete sich an Auffahrt ein Blocksturz von einigen m³: die Blöcke drangen dabei bis zum Gartensitzplatz der Familie Schranz vor.
- Juni 1999 Durch einen kleinen Nachbruch gelangten wiederum einige Kleinblöcke bis zum Gartensitzplatz und in die Spielwiese westlich des Wohnhauses.

5 Schutzbautenkataster

Im Rahmen der Kartierung der Phänomene wurden gleichzeitig alle **Bauwerke** (Brücken und Durchlässe) detailliert aufgenommen. Es wurden folgende Merkmale erfasst:

- Bauwerks- ID (abgeleitet aus der Nummer der Gefahrenquelle)
- Lage (Koordinaten x/y)
- Typ (nach Symbolbaukasten BWG, z. T. ergänzt)
- Kurzbeschreibung Bautyp
- Zustand (gut, genügend, ungenügend in Hinblick auf ein häufiges Ereignis)
- Funktionstauglichkeit (ja/nein im Hinblick auf ein häufiges Ereignis)
- Mängel (Kurzbeschreibung)
- Geometrie des Lichtraumprofiles

Der Bauwerkskataster bildete zusammen mit der Karte der Phänomene, der Gefahrenhinweiskarte und den Feldbeurteilungen der Gefahrenquellen eine wichtige Grundlage für die Szenarienbildung, respektive deren Ergänzung.

Im Anschluss an das Ereignis vom August 2005 wurden neben der Spurensicherung ebenfalls die **Schutzbauten** in Bezug auf deren Zustand aufgenommen. Es wurden folgende Merkmale erfasst:

- Bauwerks- ID
- Lage (Koordinaten x/y)
- Typ (nach Symbolbaukasten BWG, z. T. ergänzt)
- Zustand (Bauwerk in Ordnung, beschädigt, zerstört)
- Massnahme
- Priorität
- Bemerkungen

In Beilage 24 sind die Schutzbauten kartographisch erfasst. Eine tabellarische Ergänzung ist in Anhang 2 zu finden.

6 Gefahrenhinweiskarte

Die Gefahrenhinweiskarte gibt einen grossräumigen Überblick, an welchen Stellen im Arbeitsgebiet mit welchen Gefahren zu rechnen ist: dabei werden flächige Hinweisbereiche ausgewiesen und keine Gefahrenstufen unterschieden.

In Beilage 26 wird die überarbeitete Version der Gefahrenhinweiskarte wiedergegeben. Die Karte enthält die ergänzten und verifizierten Gefahrenhinweisbereiche innerhalb der sechs bearbeiteten Gemeinden für Sturz, Rutsch und Wasser. Die Herkunft der Daten ist erkennbar.

Einerseits gibt es Bereiche, wo die verschiedenen Datenherkünfte Übereinstimmung aufweisen, andererseits ergab die ProMo- Modellierung neue Gefahrenhinweisflächen. Die permanenten Rutschflächen wurden nicht ergänzt, da die bereits vorhandene Gefahrenhinweiskarte diese aus vorhandenen geologischen Grundlagen zusammenfasste und solche Gefährdungen nicht mittels Modellierungen erkannt werden können.

Die Gefahrenhinweisbereiche sind ebenfalls auf der synoptischen Gefahrenkarte (Beilage 2) ausserhalb des Gefahrenkartenperimeter zusammengefasst dargestellt.

7 Hydrologie

7.1 Das Einzugsgebiet

Das gesamte Einzugsgebiet der Kleinen Emme bis zur Mündung der Reuss in Littau umfasst etwa 480 km². Für die Gefahrenbeurteilung sind ausserdem die Teileinzugsgebiete der vier grossen Seitenbäche der Kleinen Emme (Wigger, Bielbach, Rümli und Ränggbach) von Bedeutung.

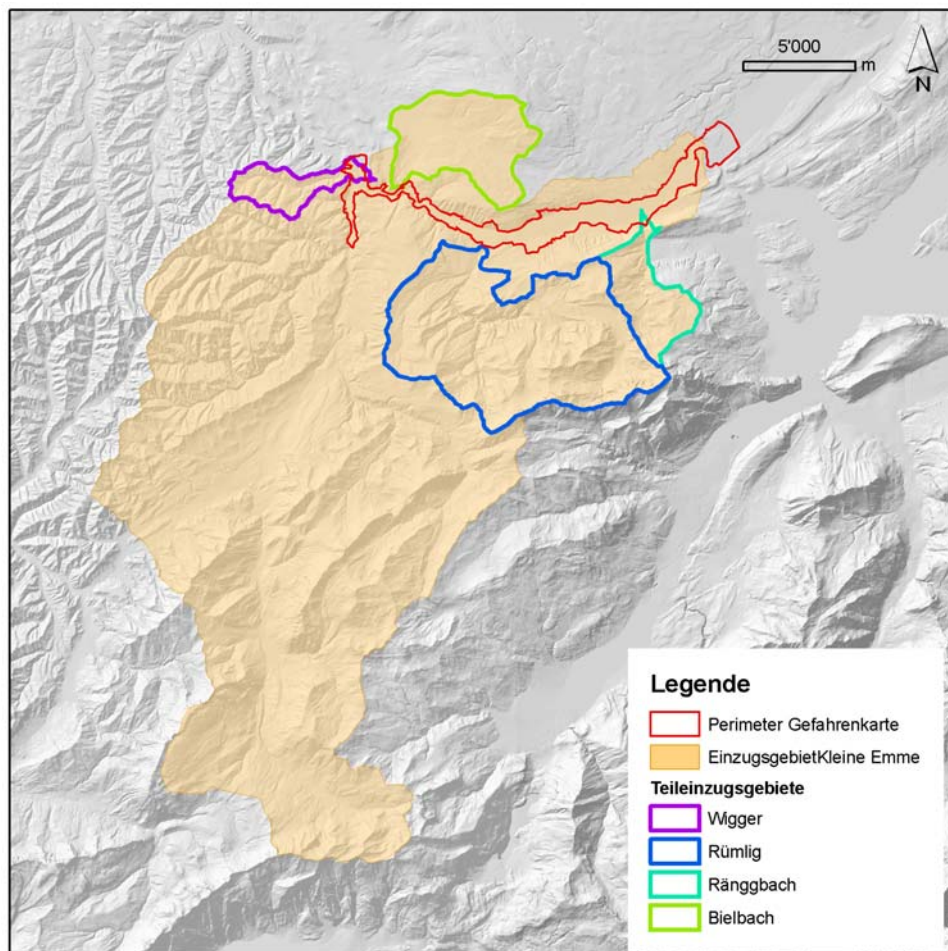


Abbildung 1: Das Einzugsgebiet der Kleinen Emme und die vier grossen Teileinzugsgebiete. Zur Orientierung ist der Perimeter der Gefahrenabklärung eingetragen.

7.2 Geologie / Hydrogeologie

7.2.1 Übersicht

Die Morphologie des Tals der Kleinen Emme wurde stark durch die landschaftsformende Tätigkeit der Gletscher in der Eiszeit geprägt. In postglazialer Zeit dominierte dann der Fluss die Entwicklung im Talboden, indem er das von den Gletschern eingebrachte Moränenmaterial und die Verwitterungsprodukte der umliegenden Sedimentgesteine umlagerte und den Talboden durch Geschiebeablagerung ausfüllte.

Im Folgenden werden die Tektonik, die vorkommenden Festgesteine, die Lockergesteine sowie die hydrogeologischen Verhältnisse zusammenfassend erläutert.

7.2.2 Tektonik

Der grössere Teil des Untersuchungsgebietes liegt im Bereich der ungefalteten Molasse¹. Diese tertiären Gesteinsschichten wurden bei der alpinen Gebirgsbildung von tektonisch-mechanischen Stressen weitgehend verschont. Demzufolge weisen die horizontal bis schwach nach NNW geneigten Gesteine weder Faltungen noch grössere Störungen oder Brüche auf. Die Klüfte und Spalten sind grösstenteils auf Gebirgsentlastung im oberflächennahen Bereich zurückzuführen (Entlastungsklüfte). Die Wand- bzw.- hangparallelen Klüfte verschneiden sich mit senkrecht zur Wand verlaufenden Trennflächen und der horizontalen Schichtung. Je nach Lithologie und Schichtverhältnissen entstehen Kluffkörper als grössere Felspakete oder -säulen in den massigen Nagelflugbänken bis hin zu schuhkartongrossen Kluffkörpern in den dünnbankigen Sandsteinlagen.

An den südlichen Talflanken zwischen Malers und Littau findet der Übergang zwischen der ungefalteten und der gefalteten Molasse statt (siehe Querprofil in Abbildung 2). Die Schichten sind gegen Süden hin zunehmend nach NNW' einfallend, im Bereich Sonnenberg-Vogelwald stehen die Schichten schon senkrecht und sogar leicht überkippt. Die Faltenachse dieser WSW-ENE streichenden *Farnbühl-Synklinale* zieht bei Malers ca. 1.3 km S' der Kleinen Emme durch und quert den Fluss ca. 2 km vor Littau.

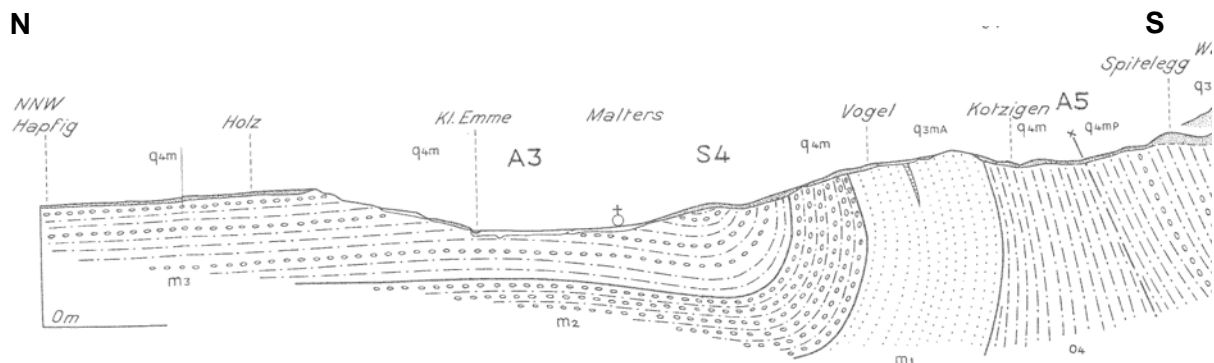


Abbildung 2: Geologischer Schnitt bei Malers (aus: Geologischer Atlas der Schweiz 1: 25'000, Blatt Luzern, 1962).

7.2.3 Festgesteine

Obere Meeresmolasse

Durch die Umbiegung der Gesteinsschichten treten ganz im Südosten (Blattbergwald, Sonnenbergwald) vergleichsweise ältere Schichten des *Burdigaliens* an die Oberfläche (siehe Querprofil oben). Dabei handelt es sich um blaugraue, gut gebankte, glaukonitführende Sandsteine mit dünnen Mergelzwischenlagen, auch als „Luzerner Sandstein“ bekannt.

Darüber lagert das *Helvetien*, welches die letzte Einheit der oberen Meeresmolasse bildet. Diese Gesteine sind als schmaler Streifen S' Blatten, W' Littau zwischen Vogelmoos und Obermatt sowie bei Zimmeregg E' Littau vorkommend. Es handelt sich um blaugraue Sandsteine und Mergel mit eingelagerten Bänken von bunter Nagelfluh.

¹ Die Molasse ist ein -geologisch gesehen- relativ junges Verwitterungs- und Umlagerungsprodukt der in Entstehung begriffenen Alpen. Grosse Flüsse schnitten sich damals in das aufsteigende Alpengebirge ein und transportierten das abgetragene Material in Becken am nördlichen Alpenvorland, wo es in grossen Schwemmkegeln abgesetzt wurde.

Obere Süsswassermolasse

Die im Untersuchungsgebiet am häufigsten auftretenden Festgesteine gehören dem *Tortonien* der Oberen Süsswassermolasse (OSM) an. Dies sind graue, weiche, oft zu Knauerbildung neigende Sandsteine, welchen graue und schwarzgraue, manchmal bituminöse Mergel eingeschaltet sind. W' Littau werden die Sandsteine von Bänken von polygener Nagelfluh durchsetzt. Bei den Konglomeraten und Sandsteinen handelt es sich um Flussbettablagerungen, während die Mergel grösstenteils in Überschwemmungs-Perioden abgelagert worden sind.

Die Basis des Tortonien wird aus einem Mergelband gebildet, das im westlichen Teil zwischen Blatten und Malters durch Eisenverbindungen bunt gefärbt ist. Vermutlich handelt es sich dabei um verschwemmten Laterit (eisen- und aluminiumreicher Boden) einer Festlandperiode (KOPP 1962).

Die Knauerbildungen sind charakteristisch für die Sandsteine des Tortonien. Es sind linsenförmige, harte Partien, die wegen des lokal höheren Kalkgehaltes härter sind und deshalb knollig herauswittern.

Verwitterung

Die Nagelfluh tritt aufgrund ihrer vergleichsweise grossen Verwitterungsbeständigkeit als teilweise steile Felsbänder oder Felswände in Erscheinung. Ihre Komponenten werden durch eine sandige Kalkmatrix gebunden. An den exponierten Stellen löst sich der Kalkzement im Laufe der Jahre, sodass sich einzelne Steine, aber auch teilweise grössere Gesteinsfragmente, lösen (chemische Verwitterung). Dieser Prozess wird beschleunigt durch abwechselndes Gefrieren und Tauen von Wasser in den Klüften, Ritzen und Spalten des Gesteins (Frostsprengrung, physikalische Verwitterung).

Die südexponierte Fluh ist relativ hohen tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen ausgesetzt, was die oberflächliche Abwitterung von Gesteinskomponenten zusätzlich begünstigt.

Die Wechsellagerung von härteren Sandsteinen und Konglomeraten mit weicheren Mergeln führt vielerorts zu Überhängen, da die Mergel verwitterungsanfälliger sind. An den Schichtübergängen der oberen Sandstein- und Nagelfluhabfolgen zu den darunter folgenden Mergeln finden zudem typischerweise Wasseraustritte statt, da das dichte, tonige Gestein das Wasser staut, welches in den Klüften der spröden Nagelfluh- und Sandsteinbänke zirkuliert. Dadurch wird der Mergel ständig befeuchtet, was die Verwitterung zusätzlich beschleunigt.

7.2.4 Lockergesteine

Der Talboden wird grösstenteils von Flussschotter und Überschwemmungssedimenten der Kleinen Emme aufgebaut. Die zwischen Malters und Littau in das Tal mündenden Bäche bilden teils mächtige Bachschuttkegel, die bis in die Talebene vorstossen.

Am nördlichen Talrand sind die bewaldeten Hangflanken unterhalb der Felsbänder nur mit einer relativ geringmächtigen Hangschuttdecke überzogen. Dabei handelt es sich um den Verwitterungsschutt der anstehenden Gesteine (Kolluvium), namentlich um einen locker gelagerten, sandig-siltigen Kies mit vereinzelt Steinen bis Ø 25 cm. Der Hangschutt weist eine geringe Kohäsion auf und ist deshalb für Spontanrutschungen (im Lockergestein) und Hautrutschen (v. a. auf der mergeligen Felsoberfläche) disponiert.

Im Untergrund der flacheren Hänge finden sich Grundmoränenrelikte der Reuss- und Aare-Brüniggletscher. Dabei handelt es sich um ein heterogenes Material, namentlich aus tonigem Silt oder siltigem Feinsand mit Kies, Steinen und Blöcken. Charakteristischerweise für glaziogenes Lockermaterial sind die Komponenten eckig oder schlecht gerundet.

Die Moränen sind meistens kompakt gelagert, können aber auch in nacheiszeitlichen Phasen verschwemmt worden sein. An verschiedenen Stellen sind granitische erratische Blöcke (Findlinge) zu finden, die von den Gletschern aus den Zentralmassiven bis hierher transportiert worden waren.

Am Ende der Würmeiszeit wurde das Tal der Kleinen Emme durch den "Engelberggletscher" abgedämmt, sodass sich der *Littauer Stausee* bildete (KOPP 1962). Dabei entstanden mächtige Deltaschotter, die heute den Untergrund von Littau bilden. Diese Deltaablagerungen setzen sich aus Sand- und Kieslagen zusammen und werden heute an mehreren Kiesgruben zwischen Rengg und Ruopigen abgebaut.

7.2.5 Hydrogeologische Verhältnisse

Die Flussschotter im Tal der Kleinen Emme bilden einen grossen, sich nach Osten ausweitenden Aquifer (Grundwasserleiter), der an verschiedenen Stellen gefasst wird.

In den ungefalteten Molassegesteinen zirkuliert hingegen verhältnismässig wenig Wasser, meistens in den spröden Brüchen und Klüften der Nagelfluh- und Sandsteinschichten. Das Wasser wird in der Regel an den mergelig-tonigen Schichten aufgestaut, was örtlich an den Schichtgrenzen zu geringen Wasseraustritten führt (Schichtquellen).

In der südlichen Hälfte des Perimeter treten aufgrund des grösseren Einzugsgebietes und der tektonischen Beanspruchung der Gesteine häufiger Quellen auf, die z.B. südlich oberhalb Malters auch gefasst werden.

7.3 Historische Hochwasserereignisse

Das Hochwasserereignis vom Sommer 1984 wurde bislang als HQ100 betrachtet. Es transportierte 535 m³/s Wasser und insgesamt 9000 m³ Geschiebe (VAW 1996).

Die Ermittlung des Hochwasserabflusses vom August 2005 an der Kleinen Emme erfolgte in einer separaten Studie und unter Beteiligung weiterer Fachleute, welche in die Ursachenanalyse und die Planung des neuen Verbaukonzeptes involviert sind. Tabelle 3 gibt einen Überblick zu den wichtigsten historische Ereignissen.

Tabelle 3 Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Kleinen Emme (aus: Eidgenössisches Amt für Strassen und Flussbau ASF 1974).

	Einzugsgebiet	Abfluss	Datum
	[km ²]	[m ³ /s]	
Kleine Emme	478	700 – 750	21. August 2005
Waldemme	85	320	7. Juli 1936
Wiss Emme	32	110	10. Juli 1945
Fontannen	23	122	19. August 1917
Rümlig	65	260	9./10. September 1934
Renggbach	13	137	2. August 1948

7.4 Niederschläge

Die Grösse des Einzugsgebietes und dessen Morphologie führt zu bedeutsamen Unterschieden in der Niederschlagsverteilung. Abbildung 3 gibt einen Eindruck über die Varianz der 100-jährlichen Punktniederschläge in der Umgebung der Kleinen Emme. Der Einfluss der morphologischen Erhebungen ist deutlich zu erkennen (bläuliche Farben).

Für das Einzugsgebiet der Kleinen Emme sind die vorhandenen Messdaten in Tabelle 4 aufgeführt

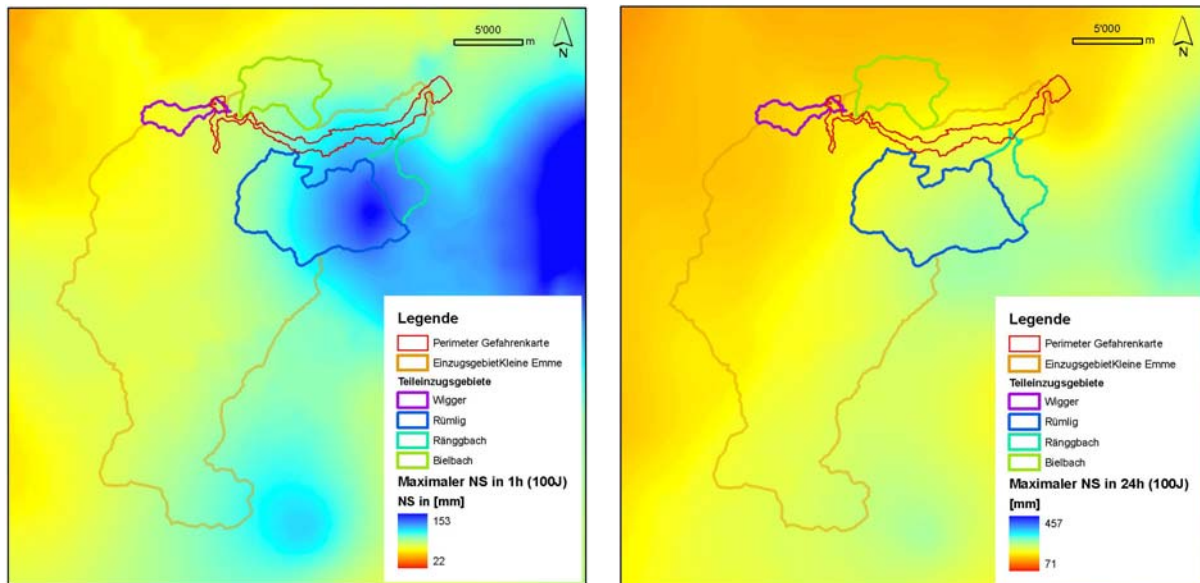


Abbildung 3: Niederschlagsverteilung für 100-jährliche Punktniederschläge für 1 Stunde (links) und für 24 Stunden (rechts). Quelle: Digitaler Hydrologischer Atlas der Schweiz, BAFU und Uni Bern.

Tabelle 4 Niederschlag-Messdaten entlang der Kleinen Emme.

Name der Messstation	Nr. der Station	2.33jährliches Niederschlagsereignis		100jährliches Niederschlagsereignis		Qualität der Werte
		1h	24h	1h	24h	
	[-]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[-]
Entlebuch	3.49	24	2.8	50	5	gut
Werthenstein	3.5	24	2.8	keine	keine	schlecht
Eigenthal	3.51	24	3	110	8	brauchbar
Luzern	3.47	22	2.2	60	4.4	brauchbar

Mit Hilfe des hydrologischen Atlas der Schweiz (BWG 1992) wurden für alle hydrologischen Punkte und deren Einzugsgebiet die durchschnittlichen Niederschlagswerte herausgelesen. Tabelle 5 gibt eine Auslistung der verwendeten Werte für das Gesamtgebiet und die vier Teileinzugsgebiete.

Tabelle 5 Daten zur Niederschlagsverteilung der grossen Einzugsgebiete (100-jähriges Ereignis).

EZG	Max. NS in 1h [mm]	Max. NS in 24h [mm]
Bielbach	61	124
Rümli	73	144
Ränggbach	93	148
Wigger	50	119

7.5 Abflussmessungen

7.5.1 Hydrometrische Stationen

An der Kleinen Emme bestehen zwei Abflussmessstationen: Die eine befindet sich kurz nach Eintritt der Kleinen Emme in den Gefahrenkartenperimeter (Werthenstein, Chappelboden), die andere vor der Mündung in die Reuss (Littau, Reussbühl). Die Längen der Messreihen der beiden Stationen betragen:

Werthenstein, Chappelboden	21 Jahre (1985-2005)
Littau, Reussbühl	28 Jahre (1978-2005)

Die Werte für 2005 wurden während der Bearbeitung der Gefahrenkarte durch das BAFU mehrfach überprüft und angepasst. Ende 2006 (28.12.2006) wurden durch das BAFU für die beiden Messtationen folgende Werte angegeben (Quelle <http://www.hydrodaten.admin.ch>):

Werthenstein, Chappelboden am 22.8.2005	470 m ³ /s
Littau, Reussbühl am 22.8.2005	649.7 m ³ /s

Da das Hochwasser vom August 2005 im Bereich der Messstationen massiv ausuferte, war die Bestimmung des effektiven Abflusses schwierig und wurde in einem ergänzenden Projekt detailliert untersucht. Die Abklärungen erfolgten durch die Ingenieure Bart AG unter Mitwirkung von Dr. C. Beffa (Beffa Tognacca GmbH). Da während der Abklärungen zum Abfluss August 2006 bereits die Planung künftiger Hochwasserschutzmassnahmen in Angriff genommen wurde und die Abflüsse auch für die Gebiete entlang der Reuss (nach Einmündung der Kleinen Emme) von Bedeutung waren, beteiligte sich an der Bestimmung der Abflüsse der Kleinen Emme auch andere Stellen, unter anderem auch das BAFU, welches die Messstationen betreut. Details dieser Untersuchung sind in einem separaten Bericht beschrieben.

Die noch betriebenen Stationen weisen so kurze Messreihen auf, dass die Einordnung eines neuen, hohen Messwertes zu starken Änderungen der Abflüsse nach Jährlichkeiten führte. Die Jahresmaxima für beide noch betriebenen Messstationen sind im Anhang 3 aufgelistet (vgl. dazu auch die Kapitel 7.5.2 und 7.5.3). Im Anhang 3 ist zudem eine Liste der Jahresmaxima für die verlängerte Messreihe Littau beigefügt. Zur Verlängerung der Messreihe Littau wurden die Messungen der aufgegebenen Station Malters verwendet. Diese Werte wurden nach der Einzugsgebietsfläche linear korrigiert.

Das Hochwasserereignis im August 2005 stellt den grössten je gemessenen Abfluss seit bestehen der beiden Messstationen dar. Bezieht man ihn in die Extrapolation ein, so verändern sich die erwarteten Werte sehr stark gegenüber der letzten Messreihe bis 2003.

7.5.2 Hochwasserstatistik an der Kleinen Emme

Der Auftraggeber verlangte zu Beginn des Projektes, dass als Grundlage zur Hydrologie die Auswertung der Messstationen durch das BWG zu verwenden sei: diese Auswertung berücksichtigte die Messungen bis zum Jahre 2001. Im Jahr 2002 trat nun ebenfalls ein bemerkenswert hoher Abfluss auf, der in dieser Auswertung jedoch nicht berücksichtigt war. Wurde dieser Wert 2002 in die Abklärungen miteinbezogen, so erhöhten sich die Abflüsse nach Jährlichkeiten massiv. Daher klärten wir mit dem Auftraggeber das weitere Vorgehen ab und es wurde vereinbart, als 100-jährliches Hochwasser das DHQ zu verwenden, welches den jüngsten Verbauungen vor Wolhusen als Grundlage diene; die übrigen Werte sollten gemäss den statistischen Auswertungen der Messstationen inkl. der Abflüsse 2002 gewählt werden. Dies hätte jedoch zur Folge gehabt, dass das Q30 (inkl. Messwerte 2003) höher ausgefallen wäre als das DHQ (nur Werte bis 2001), welches als Q100 eingesetzt wurde.

Erste Modellierungen wurden mit den nach längerer Diskussion neu vereinbarten Abflüssen vorgenommen; die Präsentation der Ergebnisse erfolgte am 19. August 2005. Zwei Tage später begann das Grossereignis an der Kleinen Emme, welches zu einer völlig neuen Ausgangssituation führte:

Die ersten Messergebnisse legten unlösbare Widersprüche mit den bisherigen Abklärungen offen. Daher wurde beschlossen, insbesondere die Abflussvorgänge am Pegel Littau genauer zu untersuchen. An der Messstation Chappelboden, welche ebenfalls von Interesse war, konnten die bisherigen Messungen weder mit 1D- noch mit 2D-Modellierungen richtig reproduziert werden - sowohl die Ingenieure Bart AG als auch Hunziker, Zarn und Partner versuchten sich vergeblich daran. In der Folge konzentrierten sich daher die Abklärungen auf die Messstation in Littau, wo die Messungen in den Zeitraum des Spitzenabflusses fielen. Anhaltspunkte für den aufgetretenen Abfluss bildeten im wesentlichen folgende Grundlagen und Beobachtungen:

- Gerinnegeometrie, die weitgehend unverändert blieb.
- Eine Wasserstandsmessung im Messhäuschen (durch das BAFU eingemessen) von 435.11 m ü. M.
- Die Ereignisaufnahmen durch die Ingenieure Bart AG, inkl. Messungen von Höchstwasserständen ab Terrain im Überflutungsgebiet.
- Brückenverklausungen spielten eine wesentliche Rolle, allerdings war es nicht mehr möglich, die zeitliche Abfolge der Teilereignisse sicher zu rekonstruieren.
- Aufgrund der Neigungsverhältnisse konnte nicht ausgeschlossen werden, dass während des Ereignisses auch bei der Messstation ein negativer Versatz auftrat.
- Durch Abklärungen verschiedener Beteiligten konnte ausgeschlossen werden, dass die Kleine Emme von der Reuss über den Überfall unmittelbar nach der Messstelle zurückgestaut wurde.

Die vorgenommenen Abklärungen sind im separaten Bericht genauer ausgeführt, werden nachfolgend jedoch kurz zusammengefasst:

- Die DTM-Qualität wurde im Gerinneschlauch anhand der BWG-Profile überprüft: die Daten stimmen gut bis sehr gut überein.
- Die optimale räumliche Auflösung für die 2D-Modellierungen mit Flumen wurde mit einer Serie von Modellierungen getestet und gefunden.
- Mit der Abfolge von Modellierungen zuerst nur im Gerinneschlauch, danach mit Umgelände und zuletzt mit dem Einfluss von Brücken konnten die verschiedenen Einflüsse erkannt werden.
- Die Messungen des BAFU, welche einen maximalen Abfluss von 226 m³/s erfasste, wurden nachgebildet, um die Übereinstimmung von Modell und Messungen zu verifizieren: Modell und Abfluss stimmten sehr gut überein.

Die Schwierigkeiten der Abklärungen lagen in erster Linie darin, dass ab ca. 500 m³/s Abfluss Ausuferungen auftreten und die Messstelle zunehmend stark umflossen wird. Ein Teil des Abflusses strömt am orographisch rechten Ufer neben dem Gerinne und quert den Bahndamm, welcher als Riegel wirkt, in zwei Wegdurchgängen. Dieser Abflussanteil mündet unterhalb des Bahndammes und direkt über dem Zusammenfluss von Reuss und Kleiner Emme ins Gerinne zurück. Ausbrüche am linken Ufer werden teilweise über Strassendurchgänge unter dem Bahndamm durch Emmenbrücke geleitet und fliessen parallel zur Reuss über das erweiterte Vorland.

Die Ausuferungen hatten zur Folge, dass die an der Messstelle erfasste Abflussmenge ab ca. 500 m³/s nur noch sehr langsam anstieg und der gemessene Wasserspiegel vorerst nicht erklärt werden konnte. Im Verlauf der verschiedenen Modellierungen konnte beobachtet werden, dass im Modell an den Widerlagern der Bahnbrücke, unmittelbar unter der Messstelle, lokale Rückstauungen auftraten, die zu einem erheblichen Wasserspiegelanstieg führten. Dieser reichte nahe an das Messhäuschen heran, wo der bislang nicht zu erklärende hohe Wasserstand gemessen wurde.

Die gemessene Wasserspiegellage erwies sich damit als ein hydraulisch erklärbarer, lokaler Effekt. Dieser Effekt liess sich (auch im Modell) beobachten, sobald Ausuferungen im Bereich des Messhäuschens auftraten und die Brückenwiderlager dadurch angeströmt werden konnten. Wie der Wasserspiegel im Gerinne selbst, so veränderte sich auch die Rückstauung mit zunehmender Abflusshöhe nur noch unwesentlich.

Um nun den im August 2005 aufgetretenen Abfluss genauer einzuordnen, blieb letztlich nur noch die Möglichkeit, das Überflutungsbild im Modell mit den Ereignisaufnahmen zu vergleichen und so einzugrenzen. Damit bleibt festzuhalten, dass die Abflussmessungen zwar wertvolle Hinweise lieferte und zur Klärung hängiger Fragen wesentlich beitrug, die Abflussspitze letztlich jedoch rekonstruiert werden musste.

Da seit etwa dem Jahr 2000 mehrere recht hohe Abflüsse auftraten, die Messreihen jedoch kurz sind, verschärfte sich das Problem der unzulässigen Extrapolation für Abflüsse mit grösseren Wiederkehrperioden weiter. Daher wurden die nicht mehr existierenden Messreihen von Werthenstein und Malters (1908 – 1977), die jeweils 75% bzw. 91% des gesamten Einzugsgebiets der Kleinen Emme abdecken, mit entsprechenden Zuschlägen versehen (+25% und +9%) und in die Messreihe übernommen.

Ein Vergleich der Mittelwerte aller drei Messstellen (Littau, Werthenstein und Malters) ergab nun einen Wert von $264\text{m}^3/\text{s}$ bis $290\text{m}^3/\text{s}$ – die drei einzelnen Messreihen sind somit vergleichbar. Die Messreihe Chappelboden wurde aufgrund der grossen Unsicherheiten und des vergleichsweise kleinen Einzugsgebietsgrösse (65% des gesamten Einzugsgebietes der Kleinen Emme) nicht berücksichtigt.

Die zusammengefügte Messreihe enthält 98 Einträge. Eine Extrapolation nach Gumbel ergibt zuverlässige Werte für das 30jährige und das 100jährige Hochwasser; auch eine Abschätzung des 300jährigen Hochwassers ist zulässig. Die Verlängerung der Messreihe um die Werte bis 1908 ist von ausserordentlicher Bedeutung für die Einordnung des Auguthochwassers 2005, zumal die beiden Grossereignisse von 1910 und 1912 in die Messreihe aufgenommen werden können. Weitere Details zur Hochwasserstatistik finden sich in Kapitel 7.5.3.

7.5.3 Ergebnisse der Hochwasserstatistik

Für die Messstationen Werthenstein und Malters wurde eine Extremwertanalyse (Extremwertverteilung Typ I nach Gumbel) durchgeführt (Maniak 1997) - Details dazu siehe Anhang 3. Die Jährlichkeiten wurden bis zum HQ300 extrapoliert. Mit der verlängerten Messreihe in Littau war die Extrapolation der Abflüsse bis zum 300-jährlichen Ereignis zulässig.

Tabelle 6 Abflüsse nach unterschiedlichen Messreihen.

Jährlichkeit	Messreihe bis 2001 (24 Jahre)	Messreihe bis 2003 (26 Jahre)	Messreihe bis 2005 (28 Jahre) ¹⁾	verlängerte Messreihe bis 2005 (98 Jahre) ²⁾
2	310	309	319	276
5	401	419	429	363
30	552	601	-	530
100	649	719	692	602
300	737	826	-	700

¹⁾ Werte gemäss BAFU. Quelle: Internet <http://www.hydrodaten.admin.ch> (am 27.12.2006).

²⁾ Werte gemäss 1. Extremalvert. nach Gumbel, Parameterschätzung nach Momentenmethode.

Betrachtet man die Ergebnisse der Tabelle 6 so fällt auf, dass mit den kurzen Reihen einzelne hinzukommende hohe Messwerte einen grossen Einfluss auf die Abflüsse nach Jahrzehnten ausüben.

Für die verlängerte Messreihe wurde die statistische Analyse der Messungen mit zwei verschiedenen Werten für den Abfluss von 2005 durchgeführt: Einmal wurde der Wert $725 \text{ m}^3/\text{s}$ verwendet (Festlegung in der Arbeitsgruppe Hydrologie der Kleinen Emme), während andererseits der aktuellste Wert des BAFU von $649.7 \text{ m}^3/\text{s}$ eingesetzt wurde. Bei der verlängerten Messreihe bewirkte diese Änderung nur noch eine unmerkliche Veränderung des 100-jährlichen Abflusses in der Grössenordnung von ca. $11 \text{ m}^3/\text{s}$ - und dies obwohl der höchste je gemessene Wert um rund $75 \text{ m}^3/\text{s}$ ändert.

7.6 Niederschlag-Abflussmodellierung

Für die Abflussberechnungen der Kleinen Emme und ihrer dazugehörigen grösseren Seitenbäche wurde das Modell HQx_meso_CH verwendet. Für die Kleine Emme wurden dafür zehn Stellen im Gerinneverlauf (die so genannten Hydrologischen Punkte, vgl. Tabelle 7) vor bzw. nach den Seitenzuflüssen von Wigger, Bielbach, Rümlig und Ränggbach betrachtet. Mit der verwendeten Software können für Einzugsgebiete mittlerer Grösse (d.h. zwischen 10 und 500 km^2) Abflüsse verschiedener Jahrzehnte nach unterschiedlichen Methoden ermittelt werden.

Tabelle 7 Hydrologische Punkte entlang der Kleinen Emme.

Hydrologische Punkte der Kleinen Emme		EZG-Fläche
Punkt 1	Eintritt in Gefahrenkartenperimeter (Messstation Chappelboden)	308.9 km^2
Punkt 2	vor Mündung der Wigger	318.1 km^2
Punkt 3	nach Mündung der Wigger	325.7 km^2
Punkt 4	vor Mündung des Bielbachs	331.7 km^2
Punkt 5	nach Mündung des Bielbachs	354.4 km^2
Punkt 6	vor Mündung des Rümlig	366.2 km^2
Punkt 7	nach Mündung des Rümlig	407.3 km^2
Punkt 8	vor Mündung des Ränggbachs	434.6 km^2
Punkt 9	nach Mündung des Ränggbachs	445.2 km^2
Punkt 10	gesamtes Einzugsgebiet (Messstation Littau)	477.8 km^2

Die Abflussberechnung wurde mit den in Tabelle 8 genannten Verfahren durchgeführt. Im Anhang 3 liegen dazu Graphiken nach Jahrzehnte getrennt vor (für HQ100 und HQ30 bzw. HQ20). Da die einzelnen Methoden teils nur einzelne Jahrzehnte rechnen und selbst alle Methoden zusammen nicht alle benötigten Abflüsse nach Jahrzehnten liefern, wurde ein optischer Ausgleich der verschiedenen Ergebnisse gesucht und bis zum Q300 extrapoliert.

Tabelle 8 Verwendete Verfahren zur Abflussschätzung der grossen Einzugsgebiete.

Verfahren	Wiederkehrperiode			Q _{max}
	20 Jahre	30 Jahre	100 Jahre	
Kürsteiner				X
Müller-Zeller (nur für EZG < 100 km ²)				
Kölla meso	X		X	
GIUB (nach EZG)			X	
GIUB (nach MQ)			X	
Momentenmethode		X	X	
BaD7		X	X	

Die Ermittlung der Abflüsse für die kleinen Einzugsgebiete (alle übrigen, in Tabelle 7 namentlich noch nicht aufgeführten Gewässer) wurde nach den Fliesszeitverfahren nach Kölla und dem modifizierten Fliesszeitverfahren (Forster) berechnet. Beide Methoden sind im Programm HAKESCH verfügbar. Jedoch können mit dieser Software wiederum nur wenige der benötigten Jährlichkeiten ermittelt werden, weshalb für die Berechnungen eine eigene Software verwendet wurde, welche die Abflüsse der Jährlichkeiten 30, 100 und 300 direkt liefert.

7.7 Festlegung der Hochwasserabflüsse

7.7.1 Hydrologie der kleinen Einzugsgebiete (< 3km²)

Die Abflussmengen der kleinen Einzugsgebiete (bis zu 3 km²) wurden nach dem Verfahren von Kölla und dem modifizierten Fliesszeitverfahren abgeschätzt. Dabei liegen die ermittelten Abflussmengen bei Kölla insgesamt etwas tiefer als beim Fliesszeitverfahren, und da die Werte auch insgesamt sehr tief erscheinen und die spezifischen Abflüsse ebenfalls niedrig liegen, wurden die Ergebnisse von Kölla nicht weiter berücksichtigt. Die errechnete Regressionsgerade aus den Ergebnissen des Fliesszeitverfahrens (orangefarbene Linie, vgl. Anhang 3) wurde parallel nach oben verschoben, so dass jetzt ca. 90% der Werte unterhalb der Geraden liegen (rote Linie).

Da die kleinen Einzugsgebiete sehr dicht bei der Kleinen Emme liegen, kann kein nennenswerter Einfluss des Pilatus geltend gemacht werden. Im Hinblick auf Hangneigung, Bewaldung und Bodenart sind alle kleinen Einzugsgebiete gut vergleichbar; daher können auch die Abflüsse aller Einzugsgebiete mit *einer* Ausgleichsgeraden berechnet und somit die methodenbedingte Streuung der Abflussmengen von verschiedenen Einzugsgebieten gleicher Grösse vermieden werden.

Die Formeln für die Ermittlung von Abfluss und Konzentrationszeit in Abhängigkeit der Einzugsgebietsgrösse A sind in Tabelle 9 dargestellt. Eine genaue Auflistung der Abflüsse und Konzentrationszeiten für jedes Gewässer ist in Anhang 3 nachzulesen.

Tabelle 9 Formeln für die Ermittlung des Abflusses nach EZG.

Jährlichkeit	Ermittlung des Abflusses
30	$Q_{30}=13.765 \cdot A^{0.79}$
100	$Q_{100}=20.441 \cdot A^{0.7796}$
300	$Q_{300}=28.291 \cdot A^{0.7958}$
EHQ	$EHQ=1.3 \cdot Q_{300}$

7.7.2 Hydrologie der grossen Seitenbäche

Für die vier grossen Seitenbäche der Kleinen Emme (Wigger, Bielbach, Rümli und Ränggbach) wurden die Abflüsse mit HQ_{x_meso_CH} geschätzt, wozu man je nur einen hydrologischen Punkt an die jeweilige Mündung in die Kleine Emme zu setzen brauchte. Für Ränggbach und Rümli finden sich darüberhinaus in der „Geschiebestudie Kleine Emme“ Angaben über das grösste gemessene Hochwasser des letzten Jahrhunderts. Diese Werte wurden in der Graphik mit einem roten Querstrich markiert. Für die Festlegung der Abflussmengen dienen sie als wichtige Orientierung, da die Abschätzverfahren sehr stark divergieren. Das EHQ wurde ebenfalls als 1.3-facher Wert des Q300 angenommen. Details zur Hydrologie der grossen Seitenbäche befinden sich in Anhang 3.

7.7.3 Hydrologie der Kleinen Emme

Die Hochwassermengen wurden anhand einer fast 100jährigen Messreihe (1908 bis 2005) abgeschätzt - zum genauen Vorgehen sei an dieser Stelle auf Kapitel 7.5 verwiesen. Die für die endgültige Modellierung verwendeten Werte für die Kleine Emme sowie ihre vier grossen Zuflüsse sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Für das Einzugsgebiet der Kleinen Emme wurden zehn hydrologische Punkte definiert, die sich zu Beginn bzw. Ende des Gefahrenkartenperimeter (entsprechend den beiden Messstationen) sowie vor und nach der Mündung der grossen Seitenbäche befinden (Tabelle 7).

Tabelle 10 Für die Modellierung an der Kleinen Emme verwendete Abflüsse.

	Q10	Q30	Q100	Q300	EHQ
Eingang (Fontannen)	280	340	400	467	665
Wigger (Zufluss)	12	14	17	20	29
Bielbach (Zufluss)	30	36	43	51	72
Rümli (Zufluss)	60	73	86	100	144
Ränggbach (Zufluss)	38	46	54	63	91
Total Einmündung Reuss	420	510	600	700	1000

In der obigen Tabelle sind die Abflüsse nach Jährlichkeiten für die Einmündung in die Reuss wiedergegeben, wie sie in der erweiterten Gruppe zur Bearbeitung der Hydrologie der Kleinen Emme festgelegt wurden. Seit dieser Festlegung wurden die Abflussmessungen des Hochwassers August 2005 für die Messstellen Chappelboden und Littau weiter nach unten korrigiert. In Anhang 3 sind zwei Auswertungen der ergänzten Messreihen abgebildet, wovon die eine den Wert des Augusthochwassers mit 725 m³/s (Einigung der Gruppe) und die andere dasselbe Hochwasser mit 649.7 m³/s angibt. Dadurch, dass die Messreihe Littau mit hochgerechneten Werten der aufgegebenen Station Malter's rückwärts bis 1908 verlängert werden konnte, wirkt sich die Schwankung des Wertes vom August 2005 nicht stark aus. Bei der Kleinen Emme wurde das EHQ in der erweiterten Arbeitsgruppe Hydrologie Kleine Emme auf 1000 m³/s festgelegt, was dem 1.43-fachen des Q300 entspricht.

7.7.4 Festlegung der Hochwasserganglinien

Die Hochwasserganglinien für die Seitengerinne wurden an allen hydrologischen Punkten einheitlich definiert. Das 2D-Modellierungsprogramm TriPad benötigt als Eingabe eine Basetime und eine Peaktime. Die Peaktime wurde aus der Einzugsgebietsgrösse A abgeleitet. Wie bei den Abflussmengen beruht auch die Ermittlung der Konzentrationszeiten auf einer Ausgleichsgeraden, welche ihrerseits auf den Ergebnissen der Berechnung der Konzentrationszeiten des Modifizierten Fliessverfahrens basiert. Für die Basetime wurde die vierfache Peaktime angenommen.

Tabelle 11 Formel für die Ermittlung der Konzentrationszeit nach EZG.

Jährlichkeit	Ermittlung der Konzentrationszeit
30	$t_c = 0.0926 \cdot \ln(A) + 0.6293$
100	$t_c = 0.0776 \cdot \ln(A) + 0.4893$
300	$t_c = 0.051 \cdot \ln(A) + 0.3435$

8 Gefahrenanalyse

8.1 Zielsetzung und Methodik

8.1.1 Erstellung und Verwendung einer Gefahrenkarte

Die Intensitäts- und Gefahrenkarten wurden nach den Vorgaben des Kantons Luzern ausgearbeitet (Richtlinien zur Erstellung digitaler Gefahrenkarten, Version 1.3, Januar 2006). Die Gefahrenkarten dokumentieren dabei den Ist-Zustand der Naturgefahren und werden hauptsächlich für das Siedlungsgebiet erstellt. Um die Prozesse und deren Auswirkungen aufzuzeigen, werden die Gefahrenkarten für jede Hauptprozessart getrennt und als synoptische Gefahrenkarte dargestellt.

Die Verarbeitung der Daten erfolgte mit ArcGIS 9; die Digitalisierung der Feldarbeiten wurde von den einzelnen Bearbeitern in einer Geodatabase durchgeführt. In der Folge wurden die Modellierungs-Ergebnisse der 2D-Modellierung mit Tripad als ESRI-Generate-File ausgegeben, alle Daten in ArcInfo-Coverages konvertiert und danach mit Hilfe AML-Programmierungen automatisiert weiterverarbeitet. Das Ergebnis dieser GIS-Modellierung konnte anschliessend mit den geforderten Attributen versehen und als Geodatabase dem Kanton zur Verfügung gestellt werden.

8.1.2 Gefahrenstufeneinteilung und deren Bedeutung

8.1.2.1 Methodik der Gefahrenkarten

Der Prozess der Gefahrenkarte- Erstellung beginnt mit der Intensitätskarte. In dieser wird für jede Häufigkeit (30, 100, 300 Jahre) die Intensitätsklasse (stark, mittel, schwach) sowie die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit für jede Prozessquelle dargestellt. Die Intensitätsklasse wird dabei je nach Prozessart aus folgender Tabelle herausgelesen (Richtlinien zur Erstellung digitaler Gefahrenkarten, Version 1.3, Januar 2006):

Tabelle 12 Unterteilung der Intensitätsklassen nach Prozessart.

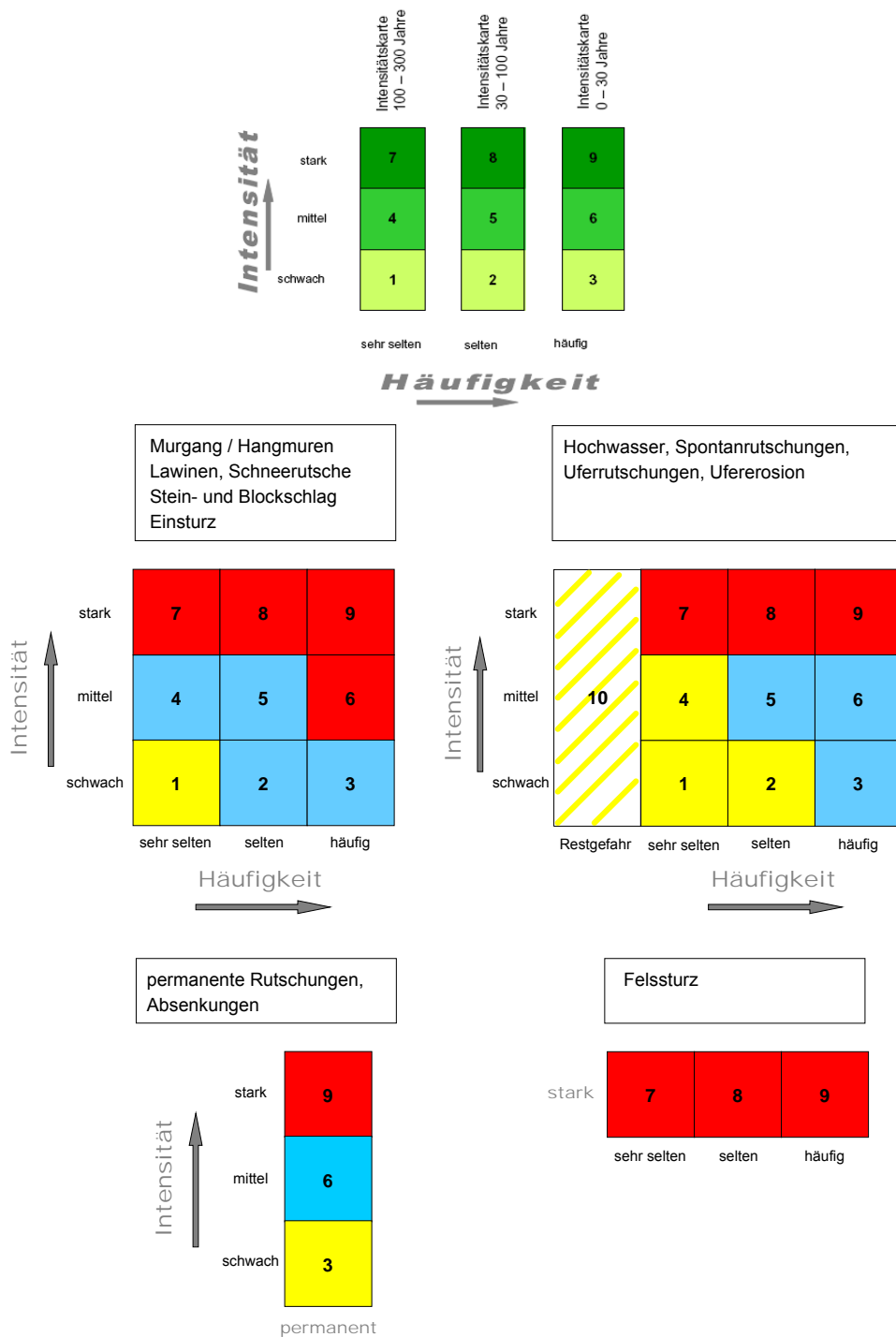
Prozess	schwache Intensität	mittlere Intensität	starke Intensität
Lawinen, Schneerutschung	$P \leq 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 > P > 30 \text{ kN/m}^2$	$P > 30 \text{ kN/m}^2$
Stein- und Blockschlag	$E < 30 \text{ kNm}$	$30 \text{ kNm} < E < 300 \text{ kNm}$	$E > 300 \text{ kNm}$
Felssturz	kommt nicht vor	kommt nicht vor	$E > 300 \text{ kNm}$
Rutschung permanent, Absenkung	$v < \text{ca. } 2 \text{ cm/Jahr}$	$2 \text{ cm/Jahr} < v < 1 \text{ dm/Jahr}$	$v > 1 \text{ dm/Jahr}$ oder starke differentielle Bewegungen
Murgang und Hangmure	$h < 0.5 \text{ m}$ und $v < 1 \text{ m/s}$ und $V < 500 \text{ m}^3$	$h < 1 \text{ m}$ und $v < 1 \text{ m/s}$ und unabhängig von V	$h > 1 \text{ m}$ und $v > 1 \text{ m/s}$ und unabhängig von V
Rutschung spontan, Uferrutschung	$d < 0.5 \text{ m}$ und $l < 1 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$ oder $d < 0.5 \text{ m}$ und $l > 1 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
Hochwasser inkl. Übersarung	$h < 0.5 \text{ m}$ oder $v \cdot h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0.5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ oder $0.5 < v \cdot h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ oder $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Ufererosion	$d < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
Einsturz	Sind Dolinen vorhanden, so sind nach Absprache mit dem Fachbereich Naturgefahren zusätzliche Abklärungen vorzunehmen.		

P = Druck
d = mittlere Mächtigkeit der Abtragung (gemessen senkrecht zur Böschungsoberfläche)
h = Fliess- respektive Ablagerungshöhe
l = Distanz der Rutschbewegung
v = Fliessgeschwindigkeit
V = Volumen
E = Energie

8.1.2.2 Intensitäts- und Gefährdungsstufen

Danach werden die Intensitätskarten der einzelnen Prozessquellen verschnitten: so ergibt sich aus der Häufigkeit und der Intensitätsklasse eine Gefahrenstufe. Die Gefahrenstufe (erheblich, mittel, gering) muss je nach Prozessart unterschiedlich bestimmt werden. Dazu werden die folgenden Matrixtabellen verwendet (Richtlinien zur Erstellung digitaler Gefahrenkarten, Version 1.3, Januar 2006):

Tabelle 13 Gefahrenabstufung als Produkt von Intensität und Häufigkeit einer Prozessart.



Die Gefahrenkarte jeder Prozessart wird durch Verschnitt der Gefahrenkarte pro Prozessquelle definiert, wobei für jede Verschnittfläche die maximale Gefahrenstufe bestimmt wird.

8.2 Ereignisanalyse

8.2.1 Einleitung

In der Ereignisanalyse wird abgeklärt, welche gravitativen Naturgefahrenprozesse vorkommen bzw. wo und in welchem Ausmass sie zu erwarten sind. Damit die letztlich anfallenden Endergebnisse eindeutig zugeordnet werden können, besteht ein wichtiges Ergebnis der Ereignisanalyse in der Definition der Gefahrenquellen. Für jede Prozessart (z.B. Hochwasser, Murgang, Ufererosion etc.) werden die möglichen Entstehungsgebiete räumlich bezeichnet und mit einem Namen versehen. Damit wird letztlich auch dokumentiert, welche Prozessarten an welchen Stellen untersucht wurden.

Die Verdichtung aller Erkenntnisse aus geologischen Abklärungen, dem Studium morphologischer Merkmale, hydrologischen Berechnungen, dem Abschätzen von Prozessräumen und der Schwachstellenanalyse führt zu Szenarien pro Gefahrenquelle. Diese beschreiben:

- in welchem **Ausmass** ein Prozess pro Klasse der Eintretenswahrscheinlichkeit stattfindet (z.B. Abfluss/Geschiebefracht [Hochwasser, Murgang], Blockgrössen [Sturzprozesse], Anrissmächtigkeit oder -fläche [Spontanrutschungen, Hangmuren], etc.)
- welche **Subprozesse** eine relevante Rolle spielen (z.B. Erosionen [alle Hochwassergefahren], Materialverluste / -aufnahmen [Murgang], Remobilisation von Blöcken [Sturzprozesse], etc.)
- welche **Versagen** bei Schutzbauten oder Bauwerken in Abhängigkeit der Ereignisgrösse einzurechnen sind, in welchem Ausmass das Versagen anzunehmen ist, mit welcher Wahrscheinlichkeit es eintritt und welche Folgen ein Versagen hat
- Bestimmung der **Aktivität** der Prozesse, insbesondere bei Sturzprozessen, Spontanrutschungen, Hangmuren und Murgang

Die Ereignisanalyse beruht demnach auf folgendem Begriffskonzept:

Prozess: Physikalischer Vorgang, der sich räumlich und zeitlich abgrenzen lässt

Ereignis: Eintreten eines Prozesses (z.B. Verklausung) oder mehrerer, ursächlich verknüpfter Prozesse

Szenario: Ereignis einer bestimmten Eintretenswahrscheinlichkeit

Das Instrument des Ereignisbaumes (siehe Graphik in Abbildung 4) gibt eine übersichtliche Darstellung der Ereignisse und hilft, die Eintretenswahrscheinlichkeit pro Szenario zu ermitteln. Diese berechnet sich aus dem Produkt der Eintretenswahrscheinlichkeit des auslösenden Prozesses (z.B. Hochwasser) mit der relativen Wahrscheinlichkeit der Folgeprozesse.

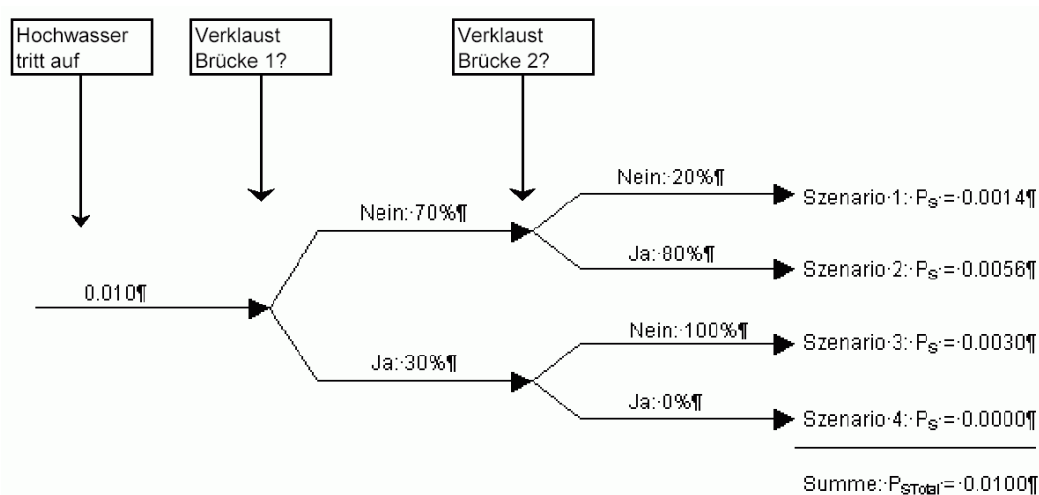


Abbildung 4: Bestimmung der relativen Wahrscheinlichkeit mit einem Ereignisbaum.

8.2.2 Überflutung

Bei der Abklärung, wo welche Überflutungsgefahren drohen, sind auch überflutungsrelevante Begleiterscheinungen sorgfältig zu untersuchen.

Wildholz

Der Wildholzanteil wurde im Gelände qualitativ abgeschätzt. Bei Gerinnen mit viel Wildholz im Wirkungsbereich des Gewässers oder in den Einhängen wurde das Schwemmholz bei Verklausungswahrscheinlichkeiten bei Durchlässen und Brücken berücksichtigt.

Verklausungswahrscheinlichkeit

Für die Ermittlung der Verklausungswahrscheinlichkeit wurden die Kapazitäten der Brücken und Durchlässe ermittelt, indem punktuelle Berechnungen mit der Fließformel von Manning-Strickler durchgeführt wurden. Anhand dieser Einzelwerte an unterschiedlichen Bauwerken konnte anschliessend die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit der Kleinen Emme und der Seitenbäche abgeleitet werden – die Fließgeschwindigkeit, mit welcher sich wiederum für alle Brücken- und Durchlassquerschnitte eine mittlere Kapazität errechnen liess:

Gewässer		Fließgeschwindigkeit
Kleine Emme	Brücken	3.5 m/s
Seitenbäche	Brücken	6 m/s
	Durchlässe	2 m/s

Mit der höheren Fließgeschwindigkeit der Seitenbäche wurde dem i.d.R. steileren Gefälle Rechnung getragen.

Aus der Kapazität und der Abflussmenge pro Jährlichkeit wurde ein Sicherheitsbeiwert errechnet:

$$S_x = \frac{\text{Kapazität}}{HQ_x}$$

Die Verklauungswahrscheinlichkeit wurde wie folgt definiert:

Sicherheitsbeiwert		Verklauungswahrscheinlichkeit
Kleine Emme	Seitenbäche	
$S_x < 0.7$	$S_x < 0.7$	100 % Code 1
$0.7 \leq S_x < 1.05$	$0.7 \leq S_x < 1.1$	50 % Code 5
$S_x \geq 1.05$	$S_x \geq 1.1$	0 % Code 0/leer

Hierbei wurde für die Kleine Emme ein geringerer Sicherheitsbeiwert gewählt, da die Verklauungsgefahr durch Schwemmholz geringer ist, als in den steilen Seitenbächen.

Geschiebetrieb

Der Geschiebetrieb der Kleinen Emme ist laut „Geschiebestudie Kleine Emme“ ausgeglichen und es sind in den nächsten 20 Jahren keine Auflandungstendenzen zu befürchten. Dies schliesst jedoch einen grossen, temporären Geschiebeeintrag durch die Seitenbäche, vor allem Ränggbach und Rümli, nicht aus, welcher bei nicht ausreichender Transportkapazität der Kleinen Emme zu einem Aufstau führen kann.

Dem Geschiebeeintrag aus Rümli und Ränggbach wird in der Modellierung Rechnung getragen, indem im Mündungsbereich der beiden Bäche bei allen vier Jährlichkeiten eine Auflandung mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 50% angenommen wird. Hierbei ist die Auflandungshöhe gestaffelt: sie steigt in 0.5 m-Schritten von 1.0 m beim 30jährigen Ereignis auf 2.0 m beim 300jährigen Ereignis an.

Szenarien

Eine kartographische Darstellung aller Szenarien für die Beurteilung der Hochwassergefährdung findet sich in Beilage 25. Die Tabelle mit der Liste der Szenarien zu allen Brücken und Durchlässe ist in Anhang 2 eingefügt.

Tabelle 14 Auflandungsszenarien und Dammbreschen.

Bezeichnung	Szenario	HQ10	HQ30	HQ100	HQ300	EHQ	Fix
Ruemligmündung	Auflandungsszenario in [m]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0	0.0
Ränggbachmündung	Auflandungsszenario in [m]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0	0.0
Ränggbach	Auflandungsszenario in [m]	0.0	0.0	1.0	1.5	1.5	0.0
Malters1	Auflandungsszenario in [m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Malters2	Auflandungsszenario in [m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
Schachen	Auflandungsszenario in [m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Bresche 1 Torebergkanal	Wahrscheinlichkeit Dambruch	0	100	100	20	100	-1.5
Bresche 2	Wahrscheinlichkeit Dambruch	0	0	0	20	100	-1.5
Bresche 3	Wahrscheinlichkeit Dambruch	0	0	0	20	100	-1.5
Bresche 4	Wahrscheinlichkeit Dambruch	0	0	0	20	100	-1.5
Bresche 5	Wahrscheinlichkeit Dambruch	0	0	0	20	100	-1.5
Bresche 6	Wahrscheinlichkeit Dambruch	0	0	0	20	100	-1.5

Die Spalte „Fix“ bezeichnet die feste Höhenänderung in m für das jeweilige Szenario.

Auflandungs- und Breschenszenarien

Die Modellierung wurde mit den in Tabelle 14 aufgeführten Auflandungen und Breschen durchgeführt.

Spezielle Szenarien

Kleine Emme (Gefahrenquelle 001):

Die Auflandungsszenarien werden punktförmig dargestellt, repräsentieren aber in Wirklichkeit Flächen. Sie liegen im Mündungsbereich von Rümlig und Ränggbach. Die Ausdehnung der Auflandungen steigt mit der Jährlichkeit. Die Szenarien fürs HQ10 wurden dazugenommen, um eine grössere Variabilität der Fliesswege zu erhalten. Weiter wurden die beiden Kanäle (Torebergkanal, Emmenweidkanal) auf die umliegende Geländehöhe gesetzt, damit diese nicht benetzt werden und somit das Bild verfälschen könnten.

Torebergkanal (Gefahrenquelle 025):

In diesem speziellen Fall wurde mit künstlichen Breschen gearbeitet. Dabei sind als Kriterien die Wahrscheinlichkeiten der Hangrutschungen herangezogen worden, welche zu einer Verklausung des Gerinne führten. Wurde eine Rutschung angenommen, so ist im Kanal eine Auflandung eingebaut und kurz davor eine Bresche installiert worden, so dass das Wasser Ausufernd und über das Gelände fließen konnte.

8.2.3 Murgang

Die Beurteilung der Murfähigkeit der Gerinne stützte sich einerseits auf eine (Neu-)Modellierung der Gefahrenhinweiskarte Murgang sowie zusätzlich auf Feldbegehungen. Wie im Molassegebiet häufig anzutreffen, laufen auch im Projektperimeter die Bäche über blanken Fels bzw. weisen nur geringmächtige Geschiebeablagerungen im Gerinne auf. Ebenfalls typisch für diese Gebiete sind die Steilabstürze über mächtigen Nagelfluhbänken. Weisen solche Steilabstürze eine minimale Höhe auf (abhängig vom Einzugsgebiet), so wird davon ausgegangen, dass ein Murgang an einer solchen Stelle in stark geschiebeführenden Abfluss übergeht. Als Auslösequellen stehen zwei Möglichkeiten im Vordergrund:

- Brechen einer Verklausung aus Wildholz und Geschiebe
- Hangmuranriss in Gerinneinhang

Szenarien

Neben der Murfähigkeit wurde für die Szenarien auch die Murgangkubatur bestimmt. Als Grundlage dafür dienten:

- Modellierung mit ProMo
- Abschätzung nach Rickenmann 1995
 $M = (17'000 \dots 27'000) EG^{0.78}$, wobei $EZG = f(\text{Jährlichkeit})$ und
 $Q_{\max} = 0.135 M^{0.78} \Leftrightarrow M = (HQx / 0.135)^{(1 / 0.78)}$
- Abschätzung nach Bezzola 2000
 $Q_{\max} = 0.1 M^{5/6} \Leftrightarrow M = 10 \cdot HQx^{6/5}$

Anhand dieser drei Grössen wurde aufgrund der Feldbeurteilung die wahrscheinliche Murgangfracht berechnet. Eine vollständige Tabelle der Frachten nach Jährlichkeiten ist in Anhang 2 eingefügt.

8.2.4 Ufererosion

Das Hochwasser im August 2005 verursachte nicht nur gewaltige Schäden durch Überschwemmungen und Murgänge, sondern auch die Ufererosion erreichte ungeahnte Ausmasse (siehe Abbildung 5 bis Abbildung 7). Die erodierten Ufer lagen dabei nicht immer an offensichtlichen Problemstellen wie Aussenkurven oder Abstürzen, sondern auch an geraden Gerinneabschnitten, die auf den ersten Blick keine Angriffspunkte für Erosionen bieten.



Abbildung 5: Durch Ufererosion zerstörter Schuppen in Schachen



Abbildung 6: Um den Wasser-Massen mehr Raum zu geben, vergrösserte die Kleine Emme oberhalb von Wolhusen durch Ufererosion ihr Bett



Abbildung 7: Bei Malters schuf sich die Kleine Emme ein neues Bett und zerstörte 80m vom ursprünglichen Lauf entfernt die SBB-Trasse

Vom Lauf der Kleinen Emme zwischen Werthenstein und der Mündung in die Reuss existiert eine Karte aus dem Jahr 1784, in der auch Altarme und Fluss-Auen eingetragen sind. In Abbildung 9 sind alter und aktueller Gerinneverlauf sowie die markanten Erosionsstellen überlagert.

Diese Übersicht macht deutlich, dass die Erosionen an Stellen aufgetreten sind, an denen der alte Gerinneverlauf vom neuen stark abweicht oder Fluss-Auen auf Altarme hinweisen.

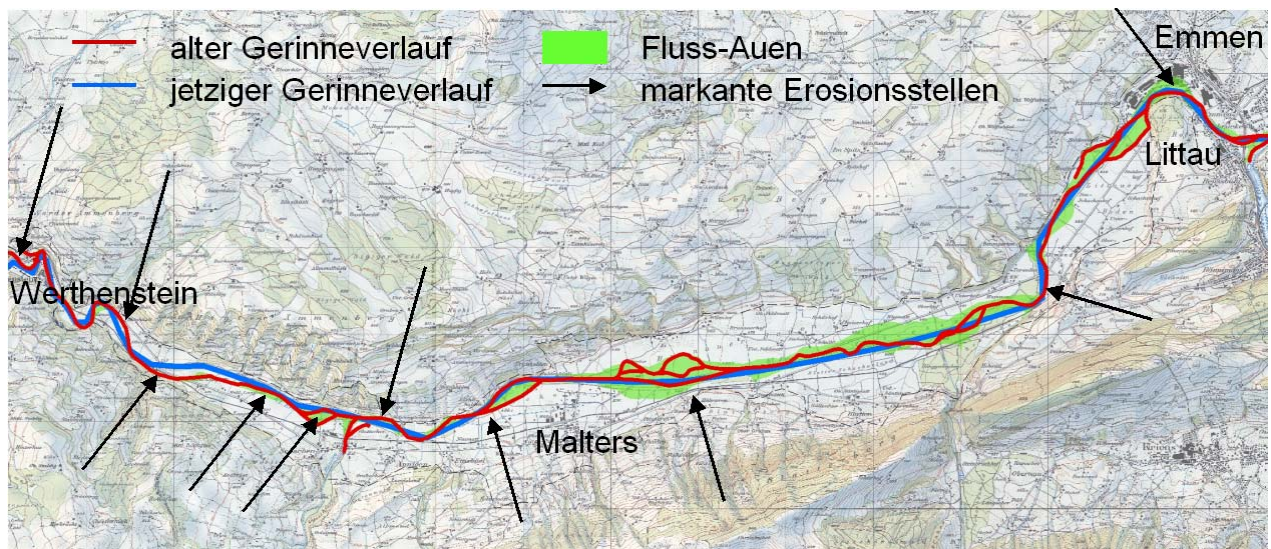


Abbildung 8: Der alte Gerinneverlauf (rot) und die Fluss-Auen (grün) der Kleinen Emme nach der Hess-Karte von 1784. Während des Hochwassers 2005 massiv erodierte Uferabschnitte sind mit Pfeilen markiert.

Das Beispiel der Kleinen Emme zeigt, dass besonders durch Ufererosion gefährdete Stellen mit Hilfe von zuverlässigen, alten Karten eingegrenzt werden können. Unter welchen Bedingungen und in welchem Ausmass jedoch solche Uferabschnitte tatsächlich erodiert werden, kann im Voraus nicht abgeschätzt werden. Die Ufererosion bleibt somit einer der am schwierigsten abzuschätzenden Naturgefahrenprozesse.

Mit Hilfe von Luftbildern und Geländebegehungen wurden diejenigen Gerinneabschnitte bestimmt, in denen Ufererosion wahrscheinlich ist.

Gefahrenquellen Ufererosion (Szenarien Ufererosion):

Entlang eines Gerinne treten oft mehrere Abschnitte auf, die zur Ufererosion neigen. Die kartographische Darstellung der Gefahrenquellen „Ufererosion“ findet sich in Beilage 25.

8.2.5 Hangmuren

Die wesentlichen Auslösequellen von Hangmuren, welche den Gefahrenkartenperimeter tangieren, sind:

- **Chlungelisei – Mädertslehn**
Hangmuren aus dem Gehängeschutt/Gehängelehm in den Hangflanken.
- **Bad**
Hangmuren aus den steilen bewaldeten Hängen mit geringmächtiger Lockergesteinsauflage.
- **Ämsere**
Hangmuren aus dem Gehängeschutt/Gehängelehm in den Hangflanken.
- **Güggeliberg**
Rund um das Schlossmatteli steile Hänge mit geringmächtiger Gehängelehmauflage.
- **Kommetsrüti**
Spontanrutschungen in den Wiesenhängen, diese gehen in Hangmuren über.
- **Gummi**
Hangmurenausbrüche im Sticherlöchliwald.
- **N' und E' Dorf Wolhusen**
Hangmuren in der Hangflanke Merzhübel – Strittenmatt – Gütsch – Flueweid.
Hangmuren im Hang zwischen Flueweid – Sonnebüel – Walferdinge.
- **Blindei**
Hangmuren in der steilen, bewaldeten Hangflanke S' Blindei und der ARA.
- **Südufer der kleinen Emme zwischen Werthenstein und Wolhusen**
Hangmuren aus den steilen, bewaldeten Uferhängen.
- **Kloster Werthenstein**
Hangmuren an der nördlichen und der westlichen Hangflanke.
- **E' Werthenstein**
Steile Hangflanke zwischen Halde und Ringgei, neben SBB und Strasse.
- **Badhus – Langnauerwald**
Südwestliche Hangflanke, bewaldet. Spontanrutschungen und Hangmuren.
- **Hasewald – Muffehus – Chierihus**
NE' Talflanke, bewaldet. Spontanrutschungen und Hangmuren im Gehängeschuttkeil.
- **Schlyferhüsli – Stäghalde**
Nördliche Talflanke, bewaldet. Spontanrutschungen und Hangmuren.
- **Halde, Malter**
Spontanrutschungen und Hangmuren in den Hängen Neuhushalde – Haldehüsli.

8.2.6 Permanente Rutschungen

Folgende Gebiete zeigen Hinweise auf permanente Kriech- bzw. Rutschprozesse:

- Östliche Talflanke bei **Chapelbode** (S' Wolhusen)
- Nördliche Talflanke zwischen **Stäghalde (Höhe Ännige) – Haldehüsli (Höhe Malters)**.

8.2.7 Steinschlag

Die wesentlichen Auslösequellen von primären und sekundären Sturzprozessen, welche den Gefahrenkartenperimeter tangieren, sind die folgenden Felsbänder und Steilhanglagen:

- **Chlungelisei – Rossei – Bad**
Felsbänder in der westlichen Talflanke.
- **Gummi**
Felsaufschlüsse östlich Gummi.
- **Güggeliberg**
Hohe Nagelfluhfelswand westlich Schlossmatteli.
- **Strittenmatt**
Felsaufschlüsse in der W' Hangflanke
- **Wolhusen Ost**
Felswand E' der Kirche (Gütsch)
Felsbänder in der Flueweid bis Sonnebüel.
Überhängende Nagelfluh- Felswand an der Kantonsstrasse, ca. 200m W' vom Bahnhof.
- **Blindei**
Felsbänder in der südlichen Talflanke.
- **Kloster Werthenstein**
Felsaufschlüsse oberhalb der Zufahrtsstrasse von Werthenstein zum Kloster.
Hohe Felswand an der Ostflanke des Klosterhügels.
- **Werthenstein NE**
Felswände und -aufschlüsse der nordöstlichen Talflanke.
- **Badhus**
Steile Nagelfluh- Felswände in den mittleren und oberen Hanglagen der SW' Talflanke.
- **Dietenei**
Nagelfluh- und Sandsteinwände nördlich der Kantonsstrasse.
- **Langnauerwald**
Felswände und –Bänder in den mittleren Hanglagen.
- **Westlich Muffehus**
Nagelfluh- Felswand im mittleren Hangbereich.
- **Schlyferhüsli – Stäghalde**
Felswände und Felsaufschlüsse in den mittleren und oberen Hanglagen.
- **Halde, Malters**
Felsbänder in den bewaldeten Hängen.

In einigen dieser Bereiche kann das Szenario eines Felssturzes mit Ausbruch- Kubaturen von deutlich mehr als 100 m³ nicht vollständig ausgeschlossen werden: die entsprechenden Gebiete werden nachfolgend erwähnt. In der Gefahrenkarte wurden die Restgefährdungsbereiche nicht speziell ausgeschieden,.

Bei der Szenarienbildung wurden nur permanente Schutzbauwerke, wie massive Dämme oder Stützmauern, berücksichtigt. Alle anderen Schutzbauwerke, so z.B. Felsnägel oder Steinschlagschutznetze, sind zeitlichen Alterserscheinungen wie unter anderem Korrosion ausgesetzt oder sind sabotierbar, und wurden daher für die Szenarienbildung nicht berücksichtigt.

8.3 Wirkungsanalyse

8.3.1 Überflutung

2-dimensionale Überflutungsmodellierung

Die Ermittlung der Überflutungsflächen erfolgte mittels einer 2-dimensionalen Überflutungsmodellierung mit Hilfe des Programmes TriPaD 2.0, einer Entwicklung der Beffa Hydrodynamik. Diese Software bietet den Vorteil, dass sehr kleinräumige Strukturen abgebildet werden können und die Rechenzeiten extrem kurz sind. Dadurch können pro Ereignis mehrere Szenarien berechnet und überlagert werden. Insbesondere bei kleinen Fliesstiefen spielen feine Oberflächenstrukturen eine grosse Rolle, da sie die Fliesswege massgeblich beeinflussen können.

Digitales Terrainmodell (DTM)

Innerhalb des Gefahrenkartenperimeter wurden die Bruchkanten photogrammetrisch ausgewertet und durch Laserscandaten ergänzt. Diese Originaldaten wurden mit Hilfe einer speziell für diesen Zweck entwickelten Software (Simp 1.1) so ausgedünnt, dass die Standardabweichung der verwendeten Punkte nicht mehr als 20cm betrug. Die Kombination aus Bruchkanten und Laserscandaten ergab anschliessend das digitale Terrainmodell (vgl. Kapitel 2.2).

Rechennetz

Für die Erstellung des Rechennetzes wurde der Gefahrenkartenperimeter mit einem regelmässigen Punkteraster überzogen. Aus diesem Gitter wurde in Kombination mit den Bruchkanten ein Rechennetz gebildet, das die Höhen aus dem Digitalen Geländemodell erhielt. Da im Fall der Gefahrenkarte Kleine Emme sehr unterschiedlich grosse Fliessgewässer modelliert werden mussten, wurden verschiedene Rechennetze erstellt: für die Kleine Emme wies das Rechennetz eine Rasterweite von 7.5m auf, für die kleinen Seitenbäche lag die Rasterweite zwischen 2.0 und 2.5m. Für die Modellierung der Seitengewässer der Kleinen Emme wurde der Gefahrenkartenperimeter daher in insgesamt 17 Rechennetze aufgeteilt, so dass die Überflutungsflächen ausreichend genau abgebildet werden konnten.

Szenarienbildung

Die Szenarien für die einzelnen Gewässer wurden nach den im Kapitel 7.2.2 Überflutung (Verklausungswahrscheinlichkeit) beschriebenen Kriterien gebildet. Brücken und Durchlässe, die keine Verklausungsszenarien erhielten, sind trotzdem in die Modellen für die jeweiligen Gerinne integriert worden; für die Kleine Emme und den Ränggbach wurden zusätzlich Auflandungen berücksichtigt. Die Szenarien wurden mit den Vertretern von Gemeinde und Kanton an einer Sitzung abgesprochen.

Die Überflutungsfläche aller Fließgewässer innerhalb des Gefahrenkartenperimeter wurde für jede Jährlichkeit (30, 100, 300 und EHQ) mit einem oder mehreren Szenarien ermittelt und die Ergebnisse einander überlagert.

Modellierung der Überflutungsflächen

Unter Verwendung der Daten der Hydrologie sowie den vorbereiteten Szenarien wurden Eingabeskripts geschrieben, welche alle notwendigen Informationen für die Modellierung enthielten. Die Modellierung der Fließgewässer erfolgte daraufhin sukzessive und wurde anschliessend auf die Plausibilität hin kontrolliert. Nach der Modellierung jeder Gefahrenquelle wurden die Daten exportiert, so dass sie für das Einlesen in die GIS- Applikation zur Verfügung standen.

8.3.2 Murgang

Die Reichweite der Murgänge wurde einerseits mit der eigenen Software ProMo, andererseits mit den empirischen Formeln von Zimmermann et al. 1997 abgeschätzt (siehe Tabelle 15).

Da es sich bei den vorliegenden Gerinnen nicht um typische Murganggerinne handelt, treten Murgänge meist erst beim 100jährigen Ereignis auf. Zudem sind die mobilisierten Geschiebemengen gering (vgl. Ereignisanalyse).

Tabelle 15 Aufstellung der murgangfähigen Gerinne im Untersuchungsgebiet sowie deren entsprechende Pauschalgefälle ab dem Anrissgebiet.

GQ_ID	EZG [km ²]	Pauschalgefälle
277	0.082725	0.38
277	0.06712	0.40
273	0.057461	0.42
273	0.03619	0.47
272	0.030676	0.49
270	0.483658	0.24
270	0.182819	0.31
254	0.080676	0.38
251	0.049612	0.44
251	0.04191	0.46
247	0.011511	0.64
247	0.006859	0.73
248	0.026848	0.51
248	0.014955	0.60
249	0.00419	0.83
249	0.009896	0.66
249	0.016362	0.58
250	0.007699	0.71
246	9.256318	0.11
246	9.329689	0.11
361	0.124299	0.34

Verglichen mit den Überschwemmungen spielen die Murgänge nur eine untergeordnete Rolle; neue Prozessräume werden nicht erschlossen. Die Intensitäten können zwar lokal höher sein als bei der Überschwemmung, doch diese Bereiche liegen meist innerhalb der Gerinne oder in deren unmittelbarer Nähe.

8.3.3 Ufererosion

Mit den in der Ereignisanalyse ermittelten betroffenen Gerinneabschnitten wurden in der Folge die Intensitäten der Ufererosion in ihrer flächigen Ausdehnung erfasst.

Dabei wurden bei der Kleinen Emme und beim Rümlig beide Ufer individuell nach den örtlichen Gegebenheiten bearbeitet: bei ersterer sind diese Ufererosionsstreifen bis 24 m breit, bei letzterer bis 14 m. Die restlichen Gerinne wurden pragmatisch, entlang den ausgeschiedenen Gerinneabschnitten, mit einem Buffer belegt, der entsprechend der Jährlichkeit und der Intensität unterschiedliche Breiten – zwischen 2 und 10 m – aufwies. Der Ränggbach erhielt gar eine gesamte Bufferbreite von 24 m.

Beim Hochwasserereignis 2005 wurden lokal Erosionsbreiten von bis zu 80 m Breite festgestellt. Weitere, sehr breite Ufererosionen sind dabei auch an Stellen aufgetreten, wo sie a priori kaum zu erwarten waren. Mit dem gewählten Vorgehen zur Ausscheidung der Gefahrenstufen für die Ufererosion wurde den Erfahrungen von 2005 Rechnung getragen, ohne dass extreme Einzelfälle gleich in eine generell äusserst pessimistische Gesamtbeurteilung umgesetzt wurden. Daher bleibt aber auch damit zu rechnen, dass lokal Ufererosionen auf grösserer Breite auftreten können als dies die Gefahrenkarte aufzeigt.

Nach der digitalen Aufbereitung jeder Gefahrenquelle wurden die Daten exportiert, so dass sie für das Einlesen in die GIS- Applikation zur Verfügung standen.

8.3.4 Hangmuren

Chlungelisei - Mäderslehn

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren mit geringer Intensität bis zu den Häusern bei *Chlungelisei*.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren und Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität bis zu den hangnah liegenden Gebäuden bei *Chlungelisei*.
- Hangmuren mit schwacher Intensität bis zum Hangfuss.

Bad

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Spontanrutschungen in der steilen Böschung hinter dem Hotel Bad bis an die Rückseite des Gebäudes. Geringe Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Spontanrutschungen in der steilen Böschung hinter dem Hotel Bad bis an die Rückseite des Gebäudes und auf den Spielplatz N' des Gebäudes. Geringe Intensität.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Spontanrutschungen mittlerer Intensität bis zum Hotelgebäude und auf den Spielplatz.

Ämsere

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren aus den steilen Wiesenhängen mit geringer Intensität bis zu den Häusern bei *Ober- Ämsere*.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren mit mittlerer Intensität bis zu den Häusern bei *Ober- Ämsere*.
- Hangmuren geringer Intensität über die Bahnlinie bis zur Kantonsstrasse bei *Turmwald*.

Güggeliberg

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmuren und Spontanrutschungen mit geringer Intensität aus den Steilhanglagen bis an den Hangfuss der W' Hangflanke bzw. bis oberhalb des Tunnelportals.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren und Spontanrutschungen mit geringer Intensität über die Strasse an der NE' Hangflanke.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren mit geringer Intensität über die Geleiseanlage bei *Markt*.
- Hangmuren mit mittlerer Intensität bis zu der Häuserreihe am Hangfuss bei *Schlossmättli*.
- Hangmuren und Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität bis zur Strasse am NE' Hang des *Güggelibergs*.
- Hangmuren mit geringer Intensität über das N' Tunnelportal auf die Geleiseanlagen.

Kommetsrüti

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Im ganzen Hangbereich Hautrutschungen mit geringer Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren und Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität bis zum Hangfuss.
- Bei *Hinter Kommetsrüti* erreichen Hangmuren die Häuser W' der Strasse (geringe Intensität).

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren mit mittlerer Intensität bis an die Rückseiten der Häuser W' der *Kommetsrütistrasse*.

Gummi

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmuren aus dem östlichen Hang mit geringer Intensität bis zu der ersten Häuserreihe *Berghofhalde*.
- Am nordseitigen Hang Spontanrutschungen und Hangmuren mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Am Osthang Hangmuren aus Spontanrutschungen in den steilen Hanglagen mit mittlerer Intensität bis hin an die obere Häuserreihe *Berghofhalde*.
- Hangmuren mit geringer Intensität bis auf die Höhe des Schulhauses und bis zur Dreifachturnhalle.

- Hangmurenausbrüche am Nordhang mit mittlerer Intensität bis zum Hangfuss und mit geringer Intensität auf die Strasse.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren aus dem Osthang mit mittlerer Intensität bis zur *Berghofhaldenstrasse*.
- Hangmuren aus dem Nordhang mit mittlerer Intensität bis zur *Bergbodenstrasse*.

N' und E' Dorf Wolhusen

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- In den steilen Hanglagen bei *Strittenmatt* Spontanrutschungen mit geringer Intensität.
- Spontanrutschungen und Hangmuren aus den steilen Hangflanken hinter *Gütsch* mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.
- Spontanrutschungen und Hangmuren aus den Hängen bei *Fluweid* und *Sonnebüel* mit geringer Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren mit geringer Intensität aus den Hängen unterhalb des Spitals.
- Spontanrutschungen mit geringer und mittlerer Intensität in den steilen Hanglagen bei *Strittenmatt*, mit einer Reichweite bis zum Weg oberhalb der Häuser.
- Spontanrutschungen und Hangmuren mit geringer Intensität in den Steillagen bei *Fluweid* und *Sonnebüel*. Bei *Fluweid* Reichweite bis über die Häuser an den Hangfuss.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Spontanrutschungen und Hangmuren in den Hängen unterhalb des Spitals mit Reichweiten mit geringer und mittlerer Intensität bis zu den Häusern.
- Bei *Strittenmatt* Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität bis zum Weg oberhalb der Häuser.
- *Gütsch*: Hangmuren mit geringer Intensität bis zum Vorplatz der Kirche.
- *Fluweid*: Hangmuren mit mittlerer Intensität in den steilen Hanglagen, fliessen mit geringer Intensität bis über die Strasse vor dem Bahnhofsgebäude.
- *Sonnebüel*: Hangmuren und Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität im oberen Hangbereich und Ausfliessen mit geringer Intensität bis zum Hangfuss bei *Hackerrüti*.

Blindei

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmuren aus dem steilen bewaldeten Hang mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren mit geringer Intensität bis an die hangnah gelegenen Gebäude der ARA.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren mit mittlerer Intensität in den steilen Hanglagen, mit geringer Intensität auslaufend bis zum Sportgebäude und den hangnah gelegenen Gebäuden der ARA.

Kloster Werthenstein

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Kleine Hangausbrüche aus den Bereichen unterhalb der Klostermauer mit geringer Intensität bis zur Strasse.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren aus den steilen Hangbereichen mit geringer Intensität.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren mit geringer und teilweise mittlerer Intensität bis zum Hangfuss.

Halde – Ringgei, Werthenstein

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmuren aus dem steilen Hang E' der Bahnlinie mit geringer Intensität bis über die Geleise.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren aus dem steilen Hang E' der Bahnlinie und aus dem Hang N' dem Gasthaus *zur Emme* mit geringer Intensität bis über die Geleise.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren aus dem steilen Hang E' der Bahnlinie mit mittlerer Intensität über die Geleise und mit geringer Intensität bis zur Kantonsstrasse.
- Hangmuren aus dem Hang N' des Gasthauses *zur Emme* übersaren die Geleise (geringe Intensität).
- Hangausbrüche im Bereich *Halde* führen zu Hangmuren mit geringer Intensität.

Dietenei

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Spontanrutschungen und Hangmuren in den steilen Hanglagen mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren in den steilen Hanglagen mit geringer Intensität bis über die Geleise vor dem Bahnübergang

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Spontanrutschungen führen zu Hangmuren mit mittlerer Intensität bis über die Geleise und über die Kantonsstrasse vor dem Bahnübergang, und mit geringer Intensität über die Kantonsstrasse bei *Schautfeld*.

Badhus - Langnauerwald

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Spontanrutschungen in den bewaldeten Hängen führen zu Hangmuren geringer Intensität mit Reichweiten bis zum Hangfuss.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Spontanrutschungen in den steilen Hangflanken (mittlere Intensität) führen bei *Ober-Langnauerwald (Ängelgraben)* zu Materialtransport als Hangmure bis über die am Hangfuss verlaufenden Geleiseanlagen (geringe Intensität).

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Die Hangmuren gelangen mit geringer Intensität bis hinter die Häuser bei *Badhus*.
- Im Bereich *Ober- Langnauerwald* werden die Geleise von Hangmuren mittlerer Intensität übersart.
- Weiter E' beim *Langnauerwald* gelangen die Hangmuren mit schwacher Intensität bis über die Geleise.

Muffehus

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- In den bewaldeten Steilhängen W' *Muffehus* lösen sich Spontanrutschungen geringer Intensität und gelangen bis zur parallel zur Kantonsstrasse verlaufenden Güterstrasse.
- E' *Muffehus* Hangmuren mit schwacher Intensität bis zur Güterstrasse.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren gelangen mit geringer Intensität bis über die Güterstrasse und werden dort von der 1 m hohen Betonmauer aufgehalten.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren mittlerer Intensität bis zum Hangfuss, geringe Intensität bis zur Betonmauer.

Schlyferhüsli - Stäghalde

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmurenausbrüche im ganzen Bereich *Schlyferhüsli* und teilweise im Bereich *Stäghalde*, mit einer Reichweite bis hin zu der am Hangfuss parallel zur Kantonsstrasse verlaufenden Güterstrasse (geringe Intensität).

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmurenausbrüche mit geringer Intensität im gesamten Bereich bis über die Güterstrasse.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- In den Geländemulden bei *Schlyferhüsli* und bei *Stäghalde* führen Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität zu Hangmuren mit Reichweite bis über die Güterstrasse.

Halde, Malters

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmuren in den steilen Hängen oberhalb *Sonnerain* (geringe Intensität).

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren im gesamten Bereich mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren und Spontanrutschungen in den Steillagen oberhalb *Sonnerain* und *Halde*.

Von Moos Stahl, Emmenbrücke - Haldenweid

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Hangmuren aus den steilen Hangpartien bis an die Rückseite der Fabrikgebäude beim Hang mit geringer Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Hangmuren mit mittlerer Intensität bis an das Fabrikgebäude bei *Vorder- Ämmeweid*.
- Spontanrutschungen in den steilen Hangflanken bei *Hinter- Ämmeweid* (geringe Intensität).

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Hangmuren und Spontanrutschungen mit mittlerer Intensität bis an die Fabrikgebäude.
- Spontanrutschungen bei *Vorder- Ämmeweid* mit hoher Intensität bis zum Rand des Wendeplatzes.
- Spontanrutschungen und Hangmuren mit mittlerer Intensität innerhalb der Hänge bei *Haldenweid*.

8.3.5 Permanente Rutschungen

Chappelbode (S' Wolhusen)

- Hangkriechen zwischen *Chappelbode* und *Schwanderholz* mit geringer Intensität.

Nördliche Talflanke zwischen Stäghalde (Höhe Ännige) – Haldehüsli (Höhe Malters)

- Permanente Rutschprozesse in der Hangflanke mit geringer bis mittlerer Intensität.

8.3.6 Steinschlag

Chlungelisei – Bad

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- *S' Schachli*: Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis ans Ufer der Kleinen Emme.
- *Mäderslehn*: Steinschlag aus dem schmalen Felsband oberhalb der Zufahrtsstrasse *Schachli* auf die Strasse (geringe Intensität).
- *Bad*: Stein- und Blockschlag, bis an den Hangfuss mit geringer Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- *Chlungelisei*: Blöcke und Kleinblöcke erreichen das Gehöft bei Kote 602 m ü. M. mit geringer Intensität.
- *Mäderslehn*: Steinschlag und Kleinblockschlag aus dem schmalen Felsband oberhalb der Zufahrtsstrasse *Schachli* auf die Strasse (geringe Intensität).
- *Bad*: Stein- und Blockschlag mit mittlerer Intensität bis in die Kleine Emme. Bei Hotel Bad: Stein- und Kleinblockschlag bis auf die Spielwiese vor dem Hotel (geringe Intensität).

- *Schachli*: Steinschlag und Kleinblockschlag mit geringen Intensitäten bis zur Zufahrtsstrasse. Gegenüber *Rossei* Blockschlag mittlerer Intensitäten aus den Felswänden bis an das Ufer der Kleinen Emme.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- *Chlungelisei*: Blöcke und Kleinblöcke erreichen das Gehöft bei Kote 602 m ü. M. mit mittlerer Intensität.
- *Schachli*: Blockschlag mit geringen und mittleren Intensitäten aus den oberen Felsbändern (Kote 650 m ü. M.) bis zur Zufahrtsstrasse. Gegenüber *Rossei* Blockschlag hoher Intensität aus den Felswänden bis an das Ufer der Kleinen Emme.
- *Mäderslehn*: Blockschlag mit geringer Intensität bis zu den Wohnhäusern *Mäderslehn*, Kote 587 m ü. M.
- *Bad*: Blockschlag und Grossblockschlag mittlerer Intensität bis in die Kleine Emme. Bei Hotel Bad: Kleinblockschlag bis auf die Spielwiese vor dem Hotel (mittlere/ geringe Intensität).

Restgefährdung

- Felssturz (>100 m³) aus den Steilwänden in die Kleine Emme mit teilweiser Aufstauung des Flusses.

Gummi (Berghofstrasse, Kote ca. 660 m ü. M.)

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Steinschlag geringe Intensität bis an den NW' Rand der Güterstrasse.
- Unterhalb der Strasse: Steinschlag geringe Intensität bis zum Wanderweg

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Steinschlag mit geringer Intensität über die Strasse hinaus, über den Wanderweg.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Steinschlag mit geringer Intensität bis zur oberen Häuserreihe (Kote 610 m ü. M.)
- Blockschlag aus der Felswand bei der Kurve bei Kote 657 m ü. M. der *Berghofstrasse* mit mittlerer Intensität.

Restgefährdung

- Blockschlag mit mittlerer Intensität, mobilisiert durch Windwurf, bis hin zur ersten Häuserreihe.

Güggeliberg (Vorder Ämseren – Markt)

Die vorhandenen Steinschlagnetze sind in diesen Szenarien nicht mitberücksichtigt!

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Stein- und Kleinblockschlag mit mittlerer Intensität bis zum S' Tunnelportal.
- Steinschlag geringer Intensität bis an die Rückwand der Häuser *Entlebucherstrasse* 55 und 53.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Blockschlag mit mittlerer Intensität über die Bahnlinie und das N' Tunnelportal bis an die Rückwand der Häuser *Entlebucherstrasse* 55 und 53.
- Stein- und Kleinblockschlag geringer Intensität bis S' vor das Haus *Entlebucherstrasse* 55 (Velo- und Mofalagerplatz).

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Blockschlag mit hoher Intensität bis über das N' Tunnelportal.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis an die Rückwand der Liegenschaften *Entlebucherstrasse* 53 / 55.
- Kleinblockschlag und Steinschlag mit geringer Intensität bis über die *Entlebucherstrasse*.

Restgefährdung

- Felssturz (>100 m³) aus den hohen Felswänden bei *Schlossmättli*.

Strittenmatt*Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)*

- Steinschlag mit geringer Intensität aus den Felsbändern oberhalb *Hinter- Strittenmatt* bis vor den Zugangsweg.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Stein- und Kleinblockschlag mit mittlerer Intensität im Hang oberhalb *Hinter Strittenmatt*.
- Stein- und Kleinblockschlag mit geringer Intensität über den Weg bis vor die Häuser *Hinter Strittenmatt* 1 – 3.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Blockschlag mit mittlerer Intensität in den oberen Hängen *Strittenmatt*.
- Blockschlag / Kleinblockschlag mit geringer Intensität über den Weg und über die Häuser *Hinter Strittenmatt* bis vor die Terrassenhäuser unterhalb.

Restgefährdung

- Felssturz (>100 m³)

Wolhusen Nord*Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)*

- Steinschlag mit geringer Intensität aus dem Gütsch zum Vorplatz der Kirche.
- Stein- und Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis zum Weiher und dem Hangfuss E' *Gütsch*.
- Steinschlag mit geringer Intensität aus der überhängenden Nagelfluh- Felswand W' *Bahnhof Wolhusen* auf die Kantonsstrasse.
- Steinschlag mit geringer Intensität aus den Felsbändern gegenüber dem Bahnhof bis an die Rückwand des Hauses *Roos* und den Parkplatz des Restaurants.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Blockschlag geringer bis mittlerer Intensität bis zum Weiher und dem Hangfuss E' *Gütsch*.

- Steinschlag und Kleinblockschlag mit geringer- und mittlerer Intensität aus dem *Gütsch* zum Vorplatz der Kirche.
- Sekundärer Steinschlag mit geringer Intensität in den steilen Hangflanken N' des Bahnhofs.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität aus dem Überhang an der Kantonsstrasse W' des Bahnhofs über die Kantonsstrasse.
- Primärer Kleinblockschlag mit mittlerer Intensität aus den Felsbändern gegenüber des Bahnhofs bis zum Restaurant und den Parkplatz.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Grossblockschlag mit hoher Intensität aus der anstehenden Felswand *Gütsch* bis zum Vorplatz der Kirche.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zur Rückwand der Kirche.
- Blockschlag mit hoher Intensität aus den Felsbändern Kote 700 m ü. M. bis zum Hangfuss E' *Gütsch*.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zum Weiher E' *Gütsch*.
- Primärer und sekundärer Blockschlag mit mittlerer Intensität aus den steilen Hangflanken N' des Bahnhofs.
- Sekundärer Kleinblockschlag mit mittlerer Intensität bis zum Weg Kote 590 m ü. M. bei *Sonnebüel*.

Restgefährdung

- Abbruch der gesamten Felssäule bei *Gütsch* (Felssturz, >100 m³)
- Felssturz aus den Felswänden am oberen Rand der steilen Hangflanken E' des *Gütsch*.

Blindei

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Steinschlag mit geringer Intensität in den steilen Hangflanken bis an den Hangfuss S' des Fussballplatzes.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Steinschlag und sekundärer Blockschlag mit mittlerer Intensität in den steilen Hangflanken bis an den Hangfuss.
- Steinschlag mit geringer Intensität bis hinter das Sportgebäude und an den Hangfuss hinter der ARA.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Blockschlag mit hoher Intensität in den Steilhängen.
- Blockschlag mittlerer Intensität bis hinter das Sportgebäude und die Gebäude der ARA.
- Block- und Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis an die Sportplätze heran.

Restgefährdung

- Geländebruch (>> 100 m³)

Kloster Werthenstein

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Steinschlag mit geringer Intensität auf die Strasse im Westhang des *Klosterberges*.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Steinschlag und Kleinblockschlag mit mittlerer Intensität auf und über die Strasse.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Kleinblockschlag mit mittlerer Intensität bis zum Hangfuss.

Werthenstein Nord und Ost

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Steinschlag durch Herauswittern von Steinen aus den Nagelfluh- Felswänden. Geringe Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Steinschlag mit geringer Intensität bis zu den Geleiseanlagen.
- N' der *Haltestelle Werthenstein* Blockschlag mit geringer Intensität über die auf die Geleiseanlagen durch Ausbrüche aus schmalen Felsüberhang.
- Ostportal SBB- Tunnel: Steinschlag aus der südlichen Böschung mit geringer Intensität bis auf die Geleise.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Östlich *Werthenstein*: Blockschlag aus der E' der Bahnanlagen verlaufenden Felswand, mittlere Intensität bis zu den Geleisen, geringe Intensität bis zur Kantonsstrasse.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität über die Geleiseanlagen durch Ausbrüche aus dem schmalen Felsüberhang N' der *Haltestelle Werthenstein*.

Restgefährdung

- Felssturz (> 100 m³)

Badhus

Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)

- Steinschlag und Kleinblockschlag aus den Felsbändern mit mittlerer Intensität bis zum Hangfuss. Im E' Teil des Bereichs Steinschlag bis zum Wanderweg.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zum Hangfuss und im E' Teil bis über den Wanderweg.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Blockschlag mit hoher Intensität bis an den Hangfuss.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zu den hangnah gelegenen Häusern *Badhus* sowie im E' Teil des Bereiches über den Wanderweg.

Restgefährdung

- Felssturz (> 100 m³)

Dietenei*Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)*

- Steinschlag mit geringer Intensität aus der Nagelfluh- Felswand vor dem Bahnübergang auf die Geleise.
- Blöcke aus der Felswand E' vom Wasserfall des *Stäubligbachs* erreichen die Kantonsstrasse mit geringer und teilweise mittlerer Intensität.
- Kleinblöcke aus den Felswand W' des Wasserfalls erreichen die Kantonsstrasse mit geringer Intensität.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Steinschlag mit geringer Intensität aus der Nagelfluh- Felswand vor dem Bahnübergang über die Geleiseanlagen bis zur Kantonsstrasse.
- Einsturz des unterschrittenen Felsturms E' des Wasserfalls. Felssturz mit hoher Intensität über die Kantonsstrasse.
- W' des Wasserfalls Blockschlag mit mittlerer Intensität bis auf die Kantonsstrasse.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Sturzereignisse mit hoher Intensität bis über die Kantonsstrasse durch Felssturz und Blockschlag aus den Felswänden beidseitig des Wasserfalls.

Im Rahmen einer 2003 durchgeführten Abklärung bezüglich der Sturzgefährdung der Strasse im Bereich *Dietenei* wurden die Felswände detailliert untersucht (*Kantonsstrasse Luzern-Wolhusen, Abschnitt Schachen-Werthenstein, Sturzgefährdung- und Risikoanalyse der Felswände östlich Bahnübergang Dietenei, Louis Ingenieurgeologie GmbH 2003*).

Langnauer Wald*Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)*

- Steinschlag mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Steinschlag und Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis zum Hangfuss.
- Im Bereich *Ängelgraben* Stein- und Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis über die Güterstrasse und die Bahngeleise.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Stein- und Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis zu den Bahngeleisen.
- Im Bereich *Ängelgraben* Blockschlag mittlerer Intensität bis zu den Bahngeleisen.

Muffehus*Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)*

- Steinschlag und Kleinblockschlag aus den Felsbändern Kote ca. 580 m ü. M. mit geringer Intensität über die Güterstrasse bis zur 1 m hohen Betonmauer N' der Hauptstrasse.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zur Betonmauer. Durch Überspringen der Betonmauer Blockschlag mit geringer Intensität bis auf die Kantonsstrasse.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Blockschlag mit hoher Intensität bis über die Güterstrasse an die Betonmauer.
- Blockschlag mit geringer Intensität auf die Kantonsstrasse und darüber hinaus.

Restgefährdung

- Felssturz durch Ausbrechen grösserer Felsbereiche (> 100 m³)

Schlyferhüsli - Stäghalde*Häufige Ereignisse (Wiederkehrdauer <30 Jahre)*

- Stein- und Kleinblockschlag geringer Intensität aus den Felsbändern Kote ca. 570 m ü. M. bis zum Hangfuss.
- Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis zum Mehrfamilienhaus *Geisssschachen*.

Seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 30 bis 100 Jahre)

- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zur parallel zur Hauptstrasse verlaufenden Güterstrasse.
- Im Bereich unterhalb Schlyferhüsli Kleinblockschlag mit geringer Intensität bis Mitte der Kantonsstrasse.
- Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zum Mehrfamilienhaus *Geisssschachen*.

Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)

- Blockschlag mit hoher Intensität bis zum Hangfuss und über die Güterstrasse.
- Im Bereich unterhalb *Schlyferhüsli* Blockschlag mit mittlerer Intensität bis zur Mitte der Kantonsstrasse.
- Blockschlag mit hoher Intensität bis zum Mehrfamilienhaus *Geisssschachen*.

Halde, Malters*Sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrdauer 100 bis 300 Jahre)*

- Stein- und Kleinblockschlag aus dem Felsband bei *Sonnerain* mit geringer Intensität bis zum Haus *Halde 33*.

Restgefährdung

- Blockschlag aus den Felsbändern Kote ca. 600 m ü. M. bis ins Siedlungsgebiet.

8.4 Die wichtigsten Produkte

8.4.1 Intensitätskarten

Aufgrund der grossen Zahl der Prozessquellen (797 Features) wurden die einzelnen Intensitätskarten nicht ausgedruckt: diese sind nur digital in einer Geodatabase vorhanden.

8.4.2 Skalierte Überflutungskarten (vgl. Beilagen 7 bis 14)

Die Ergebnisse der TriPad- Modellierungen wurden als skalierte Intensitätskarte dargestellt: dabei wurde der etwas übersichtlichere Massstab 1:10'000 gewählt. Die Häufigkeiten sind zum einen für alle modellierten Gewässer und zum anderen nur für die Kleine Emme dargestellt. Dies soll die Planung von Massnahmen an der Kleinen Emme unterstützen.

8.4.3 Gefahrenkarten (vgl. Beilagen 2 bis 5)

Die Gefahrenkarten für Wasser, Rutsch und Sturz sowie die synoptische Gefahrenkarte wurden im Massstab 1:5'000 gedruckt. Es wurden drei Teilblätter gestaltet, welche immer die beteiligten Gemeinden abdecken.

Teilblatt 1: Wolhusen, Werthenstein, Ruswil

Teilblatt 2: Malters

Teilblatt 3: Littau, Emmenbrücke

8.4.4 Intensitätskarten pro Hauptprozessart (vgl. Beilagen 15 bis 23)

Dem Dossier beigefügt sind die Intensitätskarten der Hauptprozessarten (Wasser, Rutsch und Sturz) im Massstab 1:10'000. Dieser Massstab wurde gewählt, um einen guten Überblick über den Perimeter zu gewährleisten.

8.5 Gefahrensituation nach Gemeinden

8.5.1 Gefahrenbeurteilung Wolhusen

Wassergefahren

Die Kleine Emme tangiert die Gemeinde Wolhusen linksufrig, kurz nach dem Zufluss der *Fontanne* bis zum Zufluss des *Horütibachs*.

Rote Gefahrenstufe erscheint in erster Linie im Gerinne der *Kleinen Emme* sowie der *Wigger*. Auch im Bereich der kleineren Zuflüsse, namentlich des *Badtobelbachs*, *Stampfigraben* und des *Horütibachs*, tritt lokal erhebliche Gefährdung auf. Dazu ist auch das Gebiet bei *Chlungelisei*, im Süden von Wolhusen, von roter Gefahrenstufe betroffen. Hier ufert der Fluss oberhalb der Brücke linksseitig aus. Bei den Brücken wurden Verklausungsszenarien definiert. Durch die Topografie bedingt wird das Wasser bei *Rosseischür* wieder in das Flussbett zurückgedrängt.

Blaue Gefahrenstufe wird im Gebiet bei *Kommetsrüti* hauptsächlich durch den *Stampfigraben* verursacht. Die *Kleine Emme* überflutet auch in dieses Gebiet, mehrheitlich mit geringer Gefährdungsstufe. Diese wird von der höheren Gefahrenstufe des *Stampfigraben* überlagert. Wolhusen wird durch Überflutung von *Wigger*, *Gummibach* und *Flüebach* schon bei häufigen Ereignissen betroffen. Dies führt zur mehrheitlich mittleren Gefährdung im Dorfkern. Im Bereich des Bahnhofes bis *Hackerrüti* führt der *Flüeweidbach*, *Sonnebuelbach* und *Horütibach* zu einer grossflächig mittleren Gefahrenstufe. Diese führen schon bei häufigen Ereignissen zu Überflutungen und somit zur mittleren Gefahrenstufe.

Im Uferbereich der *Kleinen Emme* ist auf dem gesamten Flussabschnitt mit geringer Gefährdung durch Ufererosion zu rechnen. Diese ist teilweise von Hochwassergefährdung höherer Stufe überlagert.

Im *Badtobelbach* muss mit Murgängen bis zur Brücke über die Kleine Emme gerechnet werden und auch am *Mäderslehnbach* führen die Murgänge zu einer mittleren Gefahrenstufe.

Rutschgefahren

Die Hänge zwischen *Chlungelisei* und *Bad* liegen teilweise in mittleren und geringen Gefahrenbereichen, welche durch Hangmurenausbrüche aus den steilen Hangflanken bedroht sind.

Ebenfalls aufgrund einer Gefährdung durch Hangmuren liegt die westliche Talflanke zwischen *Kommetsrüti* und *Gummi* in grossen Bereichen bis hin zum Hangfuss im mittleren Gefahrenbereich ("blauer" Gefahrenbereich); und auch der nordexponierte Hang *Sticherlöchliwald* befindet sich, durch Hangmurenausbrüche gefährdet, in der blauen Gefahrenzone.

In den steilen Hangflanken bei *Strittenmatt* und im Hang zwischen *Fluweid* und *Donnebüel* sind Hangmuren möglich, was mittlere Gefahrenbereiche zur Folge hat. In den flacheren Hanglagen bei *Hackerrüti* und *Sonnebüel* ist die Gefährdung aufgrund der geringeren Eintretenswahrscheinlichkeit gering ("gelbe" Gefahrenzone).

Sturzgefahren

Die stellenweise auftretenden Felsbänder an der westlichen Talflanke zwischen *Chlungelisei* und *Bad/Bergli* führen zu Steinschlag (geringe bis hohe Gefährdung infolge Blockschlaggefahr). Von der hohen Gefahrenzone ("rot") betroffen sind vor allem die Bereiche am Fusse von sehr steilen Hanglagen, unterhalb grösserer, aufgelockerter Felsbereiche.

Felsausbrüche aus den sehr steilen Felswänden nördlich *Bad* stürzen mit grosser Wahrscheinlichkeit in die *Kleine Emme*: bei grösseren Ausbrüchen, ab 100jährigen Ereignissen, sind daher auch partielle Verengungen des Flusslaufes möglich.

Bei der *Berghofstrasse* (Kote ca. 660 m ü. M.) treten einige Felsbänder auf, die Steinschlag zur Folge haben (mittlere Gefährdung im Bereich der Strasse, geringe Gefährdung im Hang darunter).

Bei *Strittenmatt* resultiert die mittlere Gefährdung im steilen Hangbereich durch die Steinschlaggefahr aus einzelnen Felsaufschlüssen. Im am Fuss folgenden flacheren Hang (unterhalb der Strasse) ist die Gefährdung entlang einem Streifen gering.

Der Hang östlich der *Kirche Wolhusen* liegt infolge Blockschlaggefahr aus der Felswand oberhalb des Hanges teilweise in einer hohen Gefahrenstufe. Die mittlere Gefährdung reicht über den östlichen Vorplatz der Kirche bis zum Kirchengebäude.

Im steilen Hang beim *Gütsch* liegt eine hohe Gefahrenstufe infolge Blockschlaggefahr aus der hohen Felswand im Hangkopf vor. Davon sind jedoch keine Siedlungsbereiche betroffen.

Die steilen Hangflanken *Fluweid* und *Sonnebüel* liegen bis zum Hangfuss im mittleren Gefahrenbereich, wobei dafür sowohl sekundäre Sturzereignisse (Windwurf) als auch Ausbrüche aus Felsaufschlüssen (z.B. Felsbänder gegenüber vom Bahnhof Wolhusen) verantwortlich sind.

Die überhängende Felswand an der Kantonsstrasse, ca. 200 m W' vom Bahnhof, hat infolge der Gefahr des Gesamtausbruches eine hohe Gefährdung zur Folge.

Gefahren insgesamt

Abgesehen vom Gerinneschlauch der *Kleinen Emme* gibt es lokal Stellen mit erheblicher Gefährdung. Aber nur gerade bei *Bad* und *Hinter-Kommetsrüti* sind bestehende Gebäude unmittelbar betroffen. Mittlere Gefahrenstufe geht vor allem aus dem Hauptprozess Wasser sowie lokal, östlich von Wolhusen, aus Hangmuren hervor.

8.5.2 Gefahrenbeurteilung Werthenstein

Wassergefahren

Die *Kleine Emme* tangiert die Gemeinde Werthenstein rechtsufrig, kurz nach dem Zufluss der *Fontanne* bis zum Zufluss des *Rümlig*.

Nebst dem Gerinne der Kleinen Emme und einigen Zuflüssen, werden vor allem zwei grössere Gebiete mit roter Gefahrenstufe ausgewiesen. Im östlichen Gemeindegebiet ist dies bei *Sandmätteli* der Fall: vor der Brücke bei *Bad* sowie im Bereich von *Sandmätteli* kommt es orographisch rechts zu einer Überflutung, die eine mittlere, stellenweise erhebliche Gefahrenstufe zur Folge hat. Einige Gebäude sind direkt von der höchsten Stufe betroffen. Ein weiteres Gebiet mit erheblicher Gefährdung liegt bei *Blindei*: hier ufert die Kleine Emme orographisch rechts oberhalb der Brücke aus und führt zu grossen Überflutungstiefen. Bei der Brücke wurden Verkläusungsszenarien definiert.

Bei *Langnauerbrügg* kommt es ebenfalls zu einer Ausuferung und die Kleine Emme überflutet in der Folge orographisch rechts das Gebiet von *Langnau/Schachen*. An der Brücke wurden Verkläusungsszenarien definiert. Die daraus resultierende geringe Gefährdung (d.h. „gelbe“ Gefahrenzone) wird dabei mehrheitlich von der blauen, aus den Ausuferungen der Seitenbäche herrührende Gefahrenstufe überlagert.

Unterhalb von Werthenstein bei *Badhus* und *Ober- und Langnauerwald* ist in den Seitenbächen zudem vermehrt auch mit Gefährdung durch Murgänge zu rechnen. Beim *Ängelgrabebergli*, *Schofgrabe* und *Düütschbergbach* gefährden Murgänge die Eisenbahnstrecke.

Im Uferbereich der Kleinen Emme muss mit geringer Gefährdung durch Ufererosion gerechnet werden; lokal kann die Gefahrenstufe jedoch durch Überlagerung von Hochwasserprozessen erhöht sein. Dieser Streifen vermag stellenweise bis 25m Breite aufzuweisen: so etwa bei der Rechtsbiegung *Sandbode* ab Werthenstein oder in der Linksbiegung gleich danach bei Werthenstein.

Rutschgefahren

Kriechbewegungen im Hang bei *Chappelbode* führen zu einer geringen Gefahrenstufe durch permanente Rutschaktivität.

In der östlichen Talflanke bis *Schlossmätteli (Güggeliberg)* liegen die steilen Hanglagen infolge Hangmurengefahr bis zum Hangfuss stellenweise in der blauen Gefahrenzone, mit angrenzender geringer Gefahrenzone im Auslaufbereich der Hangmuren.

Auch in den Hängen zwischen *Schlossmätteli* und *Blindei* sind mittlere Gefahrenzonen ausgeschieden, wobei die Gebäude der ARA stellenweise tangiert werden.

Die Flanken des *Klosterberges* befinden sich aufgrund einer Gefährdung durch Hangmuren bis hin zum Hangfuss in der mittleren Gefahrenstufe.

Bei *Neuhus* und *Badhus* sind die Hänge bis zum Talboden durch Hangmuren betroffen (geringe bis mittlere Gefährdung).

Die südwestliche Talflanke des *Langnauerwaldes* liegt zu grossen Teilen in der hohen Gefahrenstufe durch Spontanrutschungen und Hangmuren; die am Hangfuss verlaufende SBB-Strecke wird durch den mittleren Gefahrenbereich tangiert. Die flacheren Hangsäume schlussendlich befinden sich im geringen Gefahrenbereich (Auslaufbereich von den Ausbrüchen in den oberen Hanglagen).

Die innerhalb des Gefahrenkartenperimeters liegenden Hänge westlich vom Dorf *Schachen* liegen, infolge sehr selten vorkommender Hangmurenereignisse, teilweise im geringen Gefahrenbereich.

Sturzgefahren

Bei *Ober-Chappelbode* verlaufen sowohl die Kantonsstrasse als auch die SBB-Strecke unterhalb von Felswänden, und kommen daher im betroffenen Abschnitt in der mittleren Gefahrenzone zu liegen.

Auch bei *Turmwald* provoziert eine Felswand bergseits der Bahn eine mittlere Gefahrenzone infolge Steinschlaggefahr; die Strasse talseits der SBB-Linie hingegen liegt im geringen Gefahrenbereich.

Die hohen Felswände beim *Güggelberg (Schlossmatteli)* weisen einen Bereich mit hoher Gefährdung durch Blockschlag auf, der bis über das Tunnelportal reicht, während die am Hangfuss verlaufende Häuserreihe im mittleren Gefahrenbereich liegt. Die im Jahre 2002 an dieser Stelle erstellten Steinschlagnetze wurden für die Gefahrenbeurteilung nicht berücksichtigt, da es sich dabei nicht um permanente Bauwerke handelt.

Die in der südlichen Talflanke von *Schlossmatteli* bis *Sandbode* verlaufenden Felsbänder führen zu geringer bis mittlerer Stein- und Blockschlaggefährdung. Die ARA sowie die hangnahen Gebäude der Sportanlage bei *Blindei* liegen teilweise im Bereich mit geringer Gefährdung durch Steinschlag.

Der westliche Hang des *Klosterberges* liegt im Einflussbereich von Steinschlag (mittlere Gefährdung), während am Osthang grössere Sturzereignisse infolge Ausbrüche aus den steilen Überhängen möglich sind (hohe Gefährdung).

Bei *Badhus* tritt ein Bereich mit hoher Gefahrenstufe infolge Blockschlag in den steilen Hängen auf: davon tangiert wird auch der Wanderweg (*Jakobsweg*). Die etwas vom Hang abgesetzten Gebäude hingegen liegen im mittleren und geringen Gefahrenbereich.

Primärer und sekundärer Blockschlag hat einen mittleren Gefahrenbereich entlang der Hangflanke des *Langnauerwaldes* zur Folge. Davon tangiert wird die SBB im nordwestlichen Teil des Abschnittes (*Ober-Langnauerwald*).

Gefahren insgesamt

Durch rote Gefahrenstufe betroffene Gebäude erscheinen bei *Sandmätteli*, *Blindei* und *Underlangnau*, wobei die Hauptgefährdung vom Prozess Hochwasser ausgeht. Die Eisenbahn ist im Abschnitt *Mittellangnau – Oberlangnau* durch mittlere Gefahrenstufe betroffen: dies ausgehend vom Prozess Hochwasser/Murgang sowie Hangmuren.

8.5.3 Gefahrenbeurteilung Ruswil

Wassergefahren

Die *Kleine Emme* tangiert das Ruswiler Gemeindegebiet linksufrig vom *Horütibach* bis zum *Muffehusbach*.

Rote Gefahrenstufe erscheint vor allem im Gerinne der Kleinen Emme sowie in einigen Seitengerinnen. Bei *Langnauerbrügg* kommt es vor der Brücke zur Ausuferung der Kleinen Emme, was eine grossflächige Überflutung mit erheblicher Gefahrenstufe orographisch links bei *Ober Langnau* zur Folge hat. An der Brücke wurden Verkläusungsszenarien definiert.

Am östlichen Rand des Gemeindegebietes verursacht der *Horütibach* eine Überflutung mit mittlerer Gefährdung. Der *Bielbach*, *Haldebach*, *Pfisterweidbach* sowie der *Wandelebach* verursachen im Dorf Werthenstein eine mittlere bis lokal erhebliche Gefährdung.

Oberhalb des Strassentrasses bei *Ober Langnau* überfluten der *Stäubligbach*, *Näbdefluebach* und *Bäreweidbach* schon bei häufigen Ereignissen und führen zu mittlerer Gefahrenstufe.

Im Uferbereich der Kleinen Emme muss mit geringer Gefährdung durch Ufererosion gerechnet werden. Lokal kann die Gefahrenstufe durch Überlagerung von Hochwasserprozessen erhöht sein. Dieser Streifen kann stellenweise bis 25 m Breite aufweisen: so etwa bei der Rechtsbiegung *Sandbode* ob Werthenstein oder bei *Ringgei*.

Rutschgefahren

Die Hänge bei *Halde* weisen eine geringe Gefährdung durch Hangmuren auf. Der nördlich und südlich von *Ringgei* und *Dietenei* verlaufende Hang liegt bis zum Hangfuss in der mittleren Gefahrenstufe, wovon stellenweise auch die SBB-Linie betroffen ist. Die noch weiter talwärts verlaufende Strasse hingegen befindet sich streckenweise im geringen Gefahrenbereich.

Zwischen *Schauisfeld* und *Muffehus* auftretende Hangmuren tangieren den Perimeter teilweise und führen am Hangfuss zu Bereichen mit geringer Gefährdung. Davon ist auch die Parallelstrasse der Kantonsstrasse in denjenigen Gebieten betroffen, wo sie in hangnahen Bereichen verläuft.

Sturzgefahren

Östlich *Hackerrüti* verlaufende Felswände haben Steinschlag bis hin zur Strasse zur Folge (mittlere Gefährdung).

Zwei kleinflächige Bereiche mit hoher Gefährdung resultieren östlich der *Haltestelle Werthenstein* aus überhängenden Felsbereichen, während die talseits verlaufende SBB-Strecke teilweise in Gebieten mittlerer Gefährdung - durch Blockschlag aus diesen Felsaufschlüssen betroffen - verläuft. Die NW-SE streichenden Felswände bei *Ringgei* führen zu Steinschlag bis zur SBB (mittlere Gefährdung) und bis zur Kantonsstrasse (geringe Gefährdung).

Hohe Blockschlaggefahr, in einzelnen Wandbereichen auch Felssturzgefahr, herrscht am Fuss der *Felswand Dietenei* ("rote" Gefahrenstufe): davon betroffen ist auch die dort verlaufende Kantonsstrasse.

Westlich *Muffehus* treten stark zerrüttete Felswände auf, die eine hohe Gefahrenstufe bis zum Hangfuss zur Folge haben, wovon auch die parallel zur Kantonsstrasse verlaufende Güterstrasse betroffen wird. Die Kantonsstrasse selber liegt in diesem Abschnitt im blauen Gefahrenbereich.

Gefahren insgesamt

Rote Gefahrenstufe betrifft in erster Linie die H10 nordwestlich *Dietenei*. Dafür verantwortlich ist der Prozess Sturz. An weiteren Stellen ist die H10 von mittlerer Gefahrenstufe betroffen: als massgebende Prozesse gelten dort sowohl Sturz, Rutsch wie auch Wasser.

8.5.4 Gefahrenbeurteilung Malters

Wassergefahren

Die *Kleine Emme* fliesst ab der Mündung des *Rümlig* bis zur Mündung des *Ränggbachs* auf Gemeindegebiet von Malters.

Rote Gefahrenstufe betrifft das Gebiet um *Schönebode*: hier verlässt die Kleine Emme das Gerinne oberhalb der Brücke orographisch rechts und führt in der Fläche zu Überflutung mit erheblicher Gefährdung. Bei der Brücke wurden Verklausungsszenarien definiert. Die von der Kleinen Emme verursachte Überschwemmung mittlerer Gefahrenstufe geht dabei über *Eimatt* und *Ettisbüel* bis hin zu *Neumatt*.

Die östlich des *Neumattbach* ausgewiesenen Überflutungsflächen mit blauer Gefahrenstufe haben ihre Quellen in den Seitengerinnen, welche das Dorf Malters zahlreich durchqueren. Hier ist der *Dangelbach* mit seinen Zubringer zu erwähnen: er ist für einen grossen Teil der Überflutungen in Malters verantwortlich. Der *Dorfbach* tritt erst ab einem seltenen Ereignis im besiedelten Bereich grossflächig über die Ufer. Auf der orographisch linken Seite der Kleinen Emme, von *Neuhalde* bei Malters bis *Keiserhof* beim *Schachenkanal*, führen die vielen Seitengerinne schon bei häufigen Ereignissen zu grossflächigen Überflutungen. Dies führt zu der vorwiegend mittleren Gefahrenstufe. Der *Schachenkanal* wird durch Hangrutschungen bedroht, welche das Gerinne verschütten können. In der Folge kommt es zu den Überflutungen bei *Spahau* sowie *Ober- und Underhof*. Am linken Ufer der Kleinen Emme, *Muffehus* bis auf Höhe *Malters*, kommt es im Bereich der Schnellstrasse H10 zu mittlerer Gefährdung durch die zahlreichen Seitengerinne.

Der *Rümlig* tritt bei seltenen Ereignissen rechts über die Ufer: *Zil/Ober Zil* sind in der Folge mit geringer, lokal mit mittlerer Gefahrenstufe betroffen.

Am *Ammergerigebach* kommt es sehr selten zu Murgängen; weiter ist beim *Urnishaldebach* rote Gefahrenstufe durch Murgänge ausgeschieden.

Im Uferbereich der Kleinen Emme muss mit geringer Gefährdung durch Ufererosion gerechnet werden, lokal kann die Gefahrenstufe jedoch durch Überlagerung von Hochwasserprozessen erhöht sein. Dieser Streifen kann stellenweise bis 25m Breite aufweisen, so wie etwa unterhalb von Malters in Richtung *Littau*.

Rutschgefahren

In der Gemeinde Malters liegen einzelne Hänge südlich des Dorfes im Bereich mit geringer Gefährdung durch Hangmuren. Bei *Ober Luegete* ist ein Bereich mit mittlerer Gefährdung durch Hangmuren ausgeschieden, der jedoch keine Gebäude tangiert.

Die Hangflanke zwischen *Chällerhof* und *Stöckere* liegt im Bereich mit geringer, stellenweise mittlerer Gefährdung durch Hangmuren; ein weiterer Bereich mit geringer Gefährdung infolge Hangmuren aus einem steilen Geländeabsatz befindet sich östlich *Haselholz*.

Bei *Blatten* liegen die südlichen Hänge im oberen Bereich teilweise in der geringen Gefahrenzone durch Hangmuren.

Eine weitere Zone mit geringer bis mittlerer Gefährdung befindet sich bei *Under Rängg* infolge Hangmuren aus den steilen Hanglagen: diese Gefahrenbereiche setzen sich bis in das Gemeindegebiet *Littau* fort.

In der nördlichen Talflanke, von *Muffehus* bis *Schönebode*, treten Hangmuren auf, was eine mittlere Gefährdung in den steileren Hanglagen und geringe Gefährdung am Hangfuss zur Folge hat. Die Kantonsstrasse wird stellenweise von der geringen Gefährdung tangiert.

Die relativ flachen Hänge zwischen *Ettisbüel* – *Neuhalde* – *Neuhüsli* weisen permanente Rutschprozesse von mittlerer bis geringer Aktivität auf. Dies wiederum führt zu einer mittleren Gefährdung der höheren und mittleren Hanglagen sowie einer geringen Gefährdung im Hangfuss nahe dem Talboden. Davon teilweise betroffen ist das neue Siedlungsgebiet von *Malters*.

Oberhalb des neuen Siedlungsgebietes *Malters Nord* treten zudem Hangmuren und Spontanrutschungen auf (mittlerer Gefahrenbereich). Auch im *Gscheiwald* können sich Hangmuren ereignen, die mittlere Gefahrenbereiche im Hang und geringe Gefahrenbereiche bis zum Parkplatz am Hangfuss zur Folge haben.

Am östlichen Rand des Gemeindegebietes, im Hang nördlich des Kanals, können Hangmuren und Spontanrutsche ausbrechen. In den steilen Lagen hat dies teilweise mittlere und sogar hohe Gefahrenstufe zur Folge. Diese Gefahrenbereiche setzen sich in das Gemeindegebiet *Littau* fort.

Sturzgefahren

Die Felswände bei *Schlyferhüsli* – *Stäghalde* führen zu Stein- und Blockschlag: ein betroffener Bereich mit hoher Gefährdung reicht bis hin zur Güterstrasse, während die talseits verlaufende Kantonsstrasse streckenweise von mittlerer und geringer Steinschlaggefährdung betroffen ist.

Im Bereich *Sonnenrain*, nördlich des neuen Siedlungsbereiches von *Malters*, treten einzelne Felswände auf, die Steinschlag zur Folge haben (mittlere bis geringe Gefährdung im Auslaufbereich der Felsaufschlüsse).

Der Hang beim *Gscheiwald* liegt bis zum Hangfuss in der mittleren bis geringen Gefahrenstufe.

Südlich der Kleinen Emme ist nur bei der *Rängg* ein kleiner Bereich mit geringer Gefährdung durch Steinschlag ausgeschieden (Felsböschung bergseits der Strasse).

Gefahren insgesamt

Durch erhebliche Gefahrenstufe sind bei *Schönebode* und in *Malters* einige Gebäude betroffen. In *Malters* verursacht Hochwasser grossräumig eine mittlere Gefährdung. Die H11 ist zwischen *Malters* und *Muffehus* auf längeren Streckenabschnitten von mittlerer Gefährdung durch Hochwasser, Sturzprozesse sowie Hangmuren betroffen.

8.5.5 Gefahrenbeurteilung Littau

Wassergefahren

Ab der Mündung des *Ränggbach* gehört allein das rechte Ufer der *Kleinen Emme* zur Gemeinde Littau. Ca. 400 m unterhalb der Mündung Ränggbach liegen beide Ufer im Gemeindegebiet, während sich ab *Haldeweid* bis zur Mündung in die *Reuss* wiederum nur noch das rechte Ufer auf Littauer Boden befindet.

Nach der Linkskurve der Kleinen Emme bei *Schachenwald* kommt es bei der Brücke schon beim 30jährigen Hochwasser zur Ausuferung: orographisch links bei *Toreberg* führt dies in der Folge stellenweise zu erheblicher Gefährdung. Diese zieht sich in nördlicher Richtung bis zum *Schachenkanal* hin. Der Schachenkanal seinerseits kann durch die Speisung mit Wasser aus den Seitengerinnen ebenfalls ausufernd und so zur Gefährdungssituation bei *Toreberg* beitragen. Orographisch rechts bei *Nidermatt* wird die Ebene grossflächig bis *Waldheim* überflutet, wobei aufgrund des häufigen Auftretens die mittlere Gefahrenstufe erreicht wird. Im Bereich Staldenhof ist lokal mit erheblicher Gefährdung zu rechnen. Weiter ist das Gebiet im nordöstlichen Gemeindegebiet bei der Täschmatte von Überflutung mit mittlerer Gefahrenstufe, stellenweise auch mit erheblicher Gefahrenstufe betroffen.

Die Ufererosion wirkt in einem Streifen entlang des Flusses mit geringer Intensität. Bei *Schächenwald* erreicht dieser Streifen eine beträchtliche Breite.

Rutschgefahren / Sturzgefahren

Die Rutsch- und Sturzgefahren der Gemeinde Littau wurden im Rahmen der *Gefahrenkarte Littau – Gravitative Naturgefahren/ Hochwassergefahren am Sonnenberg* von 2005 durch die Mengis + Lorenz AG bearbeitet und sind im entsprechenden technischen Bericht beschrieben.

Gefahren insgesamt

Die *Kleine Emme* ist für die Gemeinde Littau die Hauptgefahrenquelle. An drei Stellen: *Toreberg*, *Waldheim* und um das *Gemeindehaus*, sind Gebäude von der höchsten Gefahrenstufe betroffen; zudem werden Gebäude bei *Nidermatt*, *Stalde* und *Reussbühl* von mittlerer Gefährdung tangiert.

8.5.6 Gefahrenbeurteilung Emmen

Wassergefahren

Von *Haldenweid* bis zur Mündung in die *Reuss* befindet sich das linke Ufer der *Kleinen Emme* auf Gemeindegebiet von Emmen.

Der *Emmenweidkanal*, inkl. der Seitenbäche *Schooschäppelibach*, *Erlebach* und *Ammeweidbach*, verursachen im östlichen Gebiet von *Emmenbrücke* bis hin zum Gebiet um den Bahnhof Überflutungen mit mittlerer Gefahrenstufe. Die Kleine Emme tritt im Bereich der *Oberen Zollbrücke* über die Ufer. Durch das Strassensystem fliesst das Wasser unter der Eisenbahn durch und führt zu grösseren Überflutungen im westlichen Stadtteil von Emmenbrücke. Eine Strassenunterführung beim Shopping Center weist lokal auf Grund der hohen Überflutungstiefe eine erhebliche Gefahrenstufe aus. In geringerem Masse kommt es zudem auch bei *Haldenweid* und *Hinderämmeweid* zu Wasseraustritt der Kleinen Emme.

Bei der Flussbiegung beim *Rotenwald* wird am Prallhang, orographisch links, Ufererosion geringer Gefährdung ausgeschieden.

Rutschgefahren

Die hangnah gelegenen Fabrikationsgebäude der Von Moos Stahl AG sind an der Hangseite durch Hangmuren und Spontanrutschungen betroffen (mittlere Gefährdung). Auch bei *Haldenweid* bis *Hinter Ämmeweid* liegen die Hangflanken bis hin zum Hangfuss im mittleren, stellenweise auch im geringen Gefahrenbereich. Bei *Schooschäppeli* ganz im Nordosten des Gebietes wurde ein kleiner Bereich mit hoher Gefährdung infolge Spontanrutschung ausgeschieden.

Westlich der *Schützenmattstrasse* besteht durch Spontanrutschungen aus dem steilen Hang eine geringe Gefährdung.

Sturzgefahren

Steinschlaggefahr durch die Felsaufschlüsse im Steilhang hinter der Von Moos Stahl AG herrscht bis an die Rückseite der Fabrikgebäude (mittlere Gefährdung bis zur nördlichen Fabrikhalle, geringe Gefährdung bis zur südlichen Fabrikhalle).

Gefahren insgesamt

Grosse Teile von *Emmen* sowie *Emmenbrücke* sind durch Hochwasser mittel gefährdet; lokal werden jedoch auch einige Gebäude von erheblicher Gefährdung betroffen.

9 Ermittlung des Schutzdefizites

9.1 Zielsetzung und Methodik

Das Schutzdefizit entsteht als Ergebnis aus einer stark vereinfachten Risikobeurteilung und stellt dabei die Gefährdung eines Ortes dem entsprechenden Schadenspotenzial (Landnutzung) gegenüber. Dafür wird die Nutzung in grobe Kategorien unterteilt. Der Kanton hat pro Schadenpotenzialkategorie Schutzziele vorgegeben, welche die maximal erlaubte Intensität in Abhängigkeit der Jährlichkeit angibt. Ein Schutzdefizit ist dann gegeben, wenn die Intensität eines Prozesses grösser als das Schutzziel ist.

Das Schutzdefizit ist im Gegensatz zu einer vertieften Analyse nur eine grobe Darstellung des Risikos. Eine Auflistung der zu erwartenden Schadenwerte an einem einzelnen Objekt ist nicht möglich.

9.1.1 Erstellung und Verwendung einer Schutzdefizitkarte

Die Schutzdefizitkarte wird aus der Verschneidung aller Intensitätskarten mit dem Schadenspotenzial gewonnen. Dazu wird jede Datenebene (getrennt nach Häufigkeiten und Gefahrenquellen) einzeln mit dem Schutzziel (je nach Objektkategorie und Prozessart) verglichen. Es wird nur festgehalten, ob ein Schutzdefizit vorliegt sowie welche Hauptprozessarten daran beteiligt sind. Die Darstellung erfolgt nach den Vorgaben des Kt. Luzern getrennt nach den Objektkategorien (Richtlinien zur Erstellung digitaler Gefahrenkarten, Version 1.3, Januar 2006).

9.1.2 Schadenpotenzial

Zur Erstellung des Schadenspotenzials wurden folgende Datenebenen vom Kanton zur Verfügung gestellt:

- Aggregierter Zonenplan der Gemeinden
- Kantonaler Strassenplan
- Verlauf der Bahntrassen

Der Zonenplan wurde in die entsprechenden Objektkategorien eingeteilt. Die folgende Tabelle gibt die Zuordnung der einzelnen Klassen wieder:

Tabelle 16 Zonenplan und Objektkategorien.

Klasse Zonenplan	Erklärung	Objektkategorie
1000	Wohngebiet	Kategorie4
1500	Arbeitsgebiet	Kategorie4
2000	Mischgebiet	Kategorie4
3000	Gebiet f. öffentl. Zwecke	Kategorie3
6000	Weiler	Kategorie3

Die Strassen sind im aggregierten Zonenplan nicht als Flächen erfasst, sondern nur als Linien in einem Vektordatensatz vorhanden. Die Strassen wurden mit einem Puffer umgeben und so eine Flächeninformation gewonnen. Diese Flächen wurden dann nur dort in den Zonenplan integriert, wo keine andere Fläche vorhanden war. Die Strassen wurden nach folgender Tabelle eingeteilt:

Tabelle 17 Einteilung der Strassen in Objektkategorien.

Klasse Strassenplan	Erklärung	Objektkategorie
10	Kantonale Strasse	Kategorie3
20	Kommunale Strasse	Kategorie2
25	Kernzone Luzern	Kategorie2
30	Fahrwege 1. Kategorie	Kategorie1
40	Fahrwege 2. Kategorie	Kategorie1
60	Fahrweg	Kategorie1
65	Fahrweg untergeordnet	Kategorie1
70	Fussweg	Kategorie1

Analoges gilt für Verkehrslinie der SBB-Trasse. Diese wurde ebenfalls mit einem Puffer umgeben und in den Datensatz eingefügt. Die Trassen sind der Kategorie 3 zugeordnet.

9.1.3 Methodik der Schutzdefizitermittlung

Die Schutzziele sind vom Kanton vorgegeben. Je nach Häufigkeit der Prozesseinwirkung und der Objektkategorie muss das Schutzziel aus einer der folgenden Matrixtabellen entnommen werden (Richtlinien zur Erstellung digitaler Gefahrenkarten, Version 1.3, Januar 2006):

Tabelle 18 Matrixtabellen der Prozesseinwirkungen pro Objektkategorie.

Nr.	Sachwerte	Objektkategorie		Schutzziele	
		Infrastruktur	Naturwerte	Intensität	Häufigkeit
1	Standortgebundene Bauten, exkl. Sonderrisiken	Wanderwege* und Loipen* von kantonaler Bedeutung, Flurwege, Leitungen von kommunaler Bedeutung, Ski- und Bergtourenrouten (gemäss SAC-Karten usw.)*	Alpweiden, Ödland, Naturlandschaften		nicht tolerierte Einwirkung (red) akzeptierte Einwirkung (green)
2	Unbewohnte Gebäude (Remisen, Weid-scheunen usw.)	Verkehrswege von kommunaler Bedeutung, Leitungen von kantonaler Bedeutung	Wald mit erheblicher oder besonderer Schutzfunktion, landwirtschaftlich genutztes Land		
3	Zeitweise oder dauernd bewohnte Einzelgebäude und Weiler, Ställe	Verkehrswege von nationaler, kantonaler oder grosser kommunaler Bedeutung, Leitungen von nationaler Bedeutung, Bergbahnen*, Zonen für Skiabfahrten*, Skiübungsgebiete*			
4	Geschlossene Siedlungen, Gewerbe, Industrie, Bauzonen	Stationen diverser Beförderungsmittel*, Campingplätze*, Freizeit- und Sportanlagen, andere grosse Menschenansammlungen mit geringem Schutz gegen Gefahren-einwirkungen			
5	Sonderrisiken bezüglich besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden			wird fallweise festgelegt.	

9.2 Hinweise zu den Schutzdefizite

Der überwiegende Teil der Flächen mit Schutzdefiziten liegt in Siedlungsgebieten. Die Schutzdefizite geben an, ob gemessen an einer allgemeinen, übergeordneten Einschätzung ein nicht tolerierter Konflikt mit der dort vorrangigen Nutzung besteht; sie zeigen daher nicht ein Ausmass von Gefährdung an, sondern bezeichnen lediglich, ob ein Schutzdefizit gemäss der groben Einteilung der Objektkategorien existiert oder nicht. Das Schutzdefizit ist daher eine binäre Aussage: entweder liegt eines vor oder nicht.

Der überwiegende Teil der Schutzdefizite entsteht durch die Gefährdung durch Hochwasser. In Siedlungsgebieten gelten nur gerade schwache Intensitäten bei seltenen und sehr seltenen Ereignissen als tolerierbar.

9.3 Exkurs

Ungefähr ab den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts nahm die Nutzung von Flächen für empfindliche Nutzungen (Wohnen, Arbeiten, Verkehr) rasch zu. In den ersten Jahrzehnten dieser rasanten Entwicklung existierte keine steuernde Raumplanung, und Gefahrengrundlagen lagen noch in weiter Ferne. Es war daher von Interesse zu wissen, wie die Siedlungsentwicklung im untersuchten Gebiet vonstatten ging. Dazu haben wir die erste Landeskarte im Massstab 1 : 25'000 von 1954 mit den Gebäuden überlagert, welche in der jüngsten Landeskarte erfasst sind (vgl. Anhang 4).

Stellt man sich auf den hypothetischen Standpunkt, man hätte Mitte der 1950er Jahre um die Gefahrensituation gewusst und Strategien zur Meidung gefährdeter Räume verfolgt, so lässt sich abschätzen, welches Potenzial die Raumplanung zur Meidung von Konflikten zwischen Nutzung und Naturgefahren gehabt hätte. Zur Verdeutlichung dieser Aussage ist der oben erwähnten Karte das Schutzdefizit (gelb) überlagert worden. Wie in der Karte in Anhang 4 unschwer zu erkennen ist, dominieren in Schutzdefizitflächen Gebäude in roter Farbe, also solche, welche seit 1954 neu entstanden sind.

Wie das Ereignis vom August 2005 eindrücklich aufzeigte, hätte es in vielen Fällen genügt, wenn die exponierten Gebäude gegen die einwirkenden Naturgefahren besser geschützt gewesen wären. Nehmen die Intensitäten zu, so gewinnt die Strategie, der Gefährdung auszuweichen, an Bedeutung oder wird unerlässlich.

Man könnte nun einwenden, dass dazu die Gefahrengrundlagen nicht notwendig seien, sondern die Kenntnis vergangener Ereignisse genüge, um die Raumnutzung ausreichend gut zu steuern. Dass dem nicht so ist, kann im vorliegenden Fall ebenfalls deutlich gemacht werden. Zu den fünf grössten Ereignisse an der Kleinen Emme in den vergangenen knapp 100 Jahren gehören jene von 1910 und 1912. Aufgrund der vorliegenden Abklärungen kann zuverlässig ausgesagt werden, dass diese Ereignisse in den heute dicht besiedelten Gebieten zu Überflutungen führten, was jedoch nicht genügte, sehr exponierter Gebiete zur Besiedlung entweder zu meiden oder mit angepasster Bauweise für die Reduktion der Schäden zu sorgen.

Oft wird auch eingewendet, die Raumplanung könne erkannte Probleme nicht lösen, da viele der gefährdeten Gebiete bereits besiedelt seien. Auch diese Aussage trifft nur teilweise zu. Es liess sich nämlich in den vergangenen Jahren kein deutlicher Trend dahingehend erkennen, dass die Ausdehnung empfindlicher Nutzungen rückläufig wäre. Daher kann die Darstellung in Anhang 4 durchaus als Potenzial der heutigen Raumplanung verstanden werden, sofern der Zeithorizont der Entwicklung in ähnlicher Grössenordnung gesehen wird. Zudem werden Gebäude immer wieder total saniert oder neu erstellt, was einfache Gelegenheiten bietet, Objektschutzmassnahmen oder angepasste Bauweisen ohne erheblichen Mehraufwand zu realisieren. Trotzdem müssen die aufgedeckten Schutzdefizite in angemessener Weise auch mit anderen Mitteln, also baulichen Schutzmassnahmen an den Gefahrenquellen, gelöst werden.

10 Literatur

- ASF (1974): Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern. Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, EDMZ, Bern.
- BART, R., Borter, P., Egli, Th., Gächter, M. (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 107, Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Teil I 115 S., Teil II 129 S.
- BFF, EISLF (1984): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten.
- BÖLL, A. (1997): Wildbach- und Hangverbau, WSL Bericht 343.
- BAFU, UNI BERN: Digitaler hydrologischer Atlas der Schweiz. <http://hades.unibe.ch/>
- BUWAL (1991): Hochwasserabflüsse in schweizerischen Gewässern. Mitteilung Nr. 17, Band IV, Landeshydrologie und –geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, EDMZ, Bern.
- BUWAL (1996): Einzugsgebietskenngrössen der hydrologischen Untersuchungsgebiete der Schweiz. Hydrologische Mitteilung Nr. 23, Landeshydrologie und –geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, EDMZ, Bern.
- BWG (1992): Hydrologischer Atlas der Schweiz.
- BWG (2002): Naturgefahren, Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene (digital).
- BWG (2002): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten, Software zur Praxishilfe.
- BWW, BRP, BUWAL (1997): Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten.
- BWW, BUWAL (1995): Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene. Ausgabe 1995.
- BWW, BUWAL, BRP (1997): Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlung: Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Raumplanung, EDMZ Bern.
- EGLI, Th. (1996): Hochwasserschutz und Raumplanung – Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. ORL Mitteilung Nr. 100, vdf Hochschulverlag, ETH Zürich.
- EGLI, Th. (1999): Richtlinie Objektschutz gegen Naturgefahren.
- EISLF (1999): Neue Berechnungsmethoden in der Lawinengefahrenkartierung.
- FORSTER, F. (1992): Hochwasserabflüsse in kleinen Einzugsgebieten. Unterlagen zur Fortbildungsveranstaltung der Forstlichen Arbeitsgruppe für Wildbach-, Hang- und Runsenverbau.
- GÄCHTER, M. (1996): Analyse der Wildbachrisiken, dargestellt am Stadtbach von Altstätten – Beitrag zur Risikoanalyse bei Naturgefahren, Diplomarbeit ETH Zürich D-WAHO, unveröffentlicht.
- GEOTEST AG (2002) Gefahrenkarte Farnbüel-Roteflue, Bericht L0159.1a.
- GEOTEST AG (2000): Wolhusen, Rutschung Bahnhof, Ereignis- und Bauwerksdokumentation, Bericht L9932.2.
- GEOTEST AG (1993): Kantonsstrasse K10 Ruswil – Malter, Abschnitt Hasenwald-Schönenboden; Steinschlaggebiet hinter Aemmenberg, Geologische Vorabklärungen.
- GEOTEST AG (1999): Felssicherung und Steinschlagschutz Geisschachen, Malter.
- GEOTEST AG (2000): Gefahrenkarte Bauzonen Halde, Emmenberg, revidierter technischer Bericht.
- HANTKE, R. (1987): Die glazialen Formen und ihre Entstehung. Vorlesungsskript Geographisches Institut ETH Zürich.

- HARTLIEB, A./ Bezzola, G.R.. (2000): Ein Überblick zur Schwemmh Holzproblematik. In: wasser/energie/luft, 92. Jahrgang, Heft 1/2, S. 1-5, Baden.
- INGENIEURE BART AG (2006): Ereignisdokumentation Unwetter August 2005 – Fotodokumentation des Ereignis entlang Kleiner Emme (Emmen, Littau, Malters, Ruswil, Werthenstein, Wolhusen). Bericht an den Kanton Luzern, 23. März 2006.
- KANTONSFORSTAMT LUZERN (1999): Vorprojekt zum Sammelprojekt Wiederherstellung Schadenfälle Naturgefahren vom Frühling 1999.
- KAUFMANN, F.J. (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. Beitr. Geol. K. Schweiz, 11.
- KÖLLA, E. (1986): Zur Abschätzung von Hochwassern in Fließgewässern an Stellen ohne Direktmessung. Mitteilung Nr. 87 der Versuchsanstalt für Wasserbau, ETH Zürich.
- LEHMANN, Ch. (1993): Zur Abschätzung der Feststofffracht in Wildbächen. In: Geographica Bernensia G42, GIUB 1993.
- MANIAK, U. (1997): Hydrologie und Wasserwirtschaft, Springer-Verlag Berlin.
- MENGIS + LORENZ AG (2000): Steinschlag Muffehus, Ruswil, Geologischer Kurzbericht
- MENGIS + LORENZ AG (2001): Muffehus, Ruswil: Naturgefahren (Steinschlag und Blocksturz); Phänomene, Steinschlagsimulation sowie Beurteilung und Empfehlung.
- MENGIS + LORENZ AG (2003): Überbauung Neuhushalde, Malters, Geotechnisches Gutachten.
- OEKO-B AG AG. (1999): Gefahrenabklärung Aemsern, Projekt Nr. 171, mit Anhang.
- RICKENMANN, D. (1995): Beurteilung von Murgängen. In: SIA, Heft Nr. 48/1995 S. 4-8.
- RICKENMANN, D. (1997): Schwemmh Holz und Hochwasser. In: wasser/energie/luft, 89. Jahrgang, Heft 5/6, S. 115 – 119, Baden.
- VAW (1996): Reuss Luzern, Hochwasserstudie an der Reuss zwischen Spreuerbrücke und der Einmündung der Kleinen Emme.

11 Anhang

Die Anhänge sind aus Gründen des Umfangs separat gebunden.

Anhang 1: Fotodokumentationen A – E

Anhang 2: Diverse Tabellen

Anhang 3: Hydrologie

Anhang 4: Schutzdefizite im Vergleich mit der Besiedlung von 1954

Anhang 5: Gefahrenkartenperimeter und Untersuchungsperimeter

12 Beilagen

Für Gemeinden und Kanton

- 1 Karte der Phänomene (nach Gemeinden), Massstab 1:5'000
- 2 Synoptische Gefahrenkarte (nach Gemeinden), Massstab 1:5'000
- 3 Gefahrenkarte Wasser (nach Gemeinden), Massstab 1:5'000
- 4 Gefahrenkarte Rutschungen (nach Gemeinden), Massstab 1:5'000
- 5 Gefahrenkarte Sturz (nach Gemeinden), Massstab 1:5'000
- 6 Schutzdefizitkarte, Massstab 10'000
- 7 Skalierte Intensitätskarte häufige Ereignisse, Massstab 10'000

Nur für Kanton (bzw. nur auf CD)

- 8 Skalierte Intensitätskarte seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 9 Skalierte Intensitätskarte sehr seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 10 Skalierte Intensitätskarte EHQ, Massstab 10'000
- 11 Skalierte Intensitätskarte Kleine Emme, häufige Ereignisse, Massstab 10'000
- 12 Skalierte Intensitätskarte Kleine Emme seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 13 Skalierte Intensitätskarte Kl. Emme sehr seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 14 Skalierte Intensitätskarte Kleine Emme EHQ, Massstab 10'000
- 15 Intensitätskarte Sturz, häufige Ereignisse, Massstab 10'000
- 16 Intensitätskarte Sturz, seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 17 Intensitätskarte Sturz, sehr seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 18 Intensitätskarte Rutsch, häufige Ereignisse, Massstab 10'000
- 19 Intensitätskarte Rutsch, seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 20 Intensitätskarte Rutsch, sehr seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 21 Intensitätskarte Wasser, häufige Ereignisse, Massstab 10'000
- 22 Intensitätskarte Wasser, seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 23 Intensitätskarte Wasser, sehr seltene Ereignisse, Massstab 10'000
- 24 Schadenserhebung nach Unwetter 2005, Massstab 1:15'000
- 25 Szenarien Modellierung Hochwasser, Massstab 1:10'000
- 26 Gefahrenhinweis Karten aus Projekt und Kanton, Massstab 1:15'000

Kanton

Luzern

Gemeinden



Wolhusen, Werthenstein,
Ruswil, Malters, Littau, Emmen

Integrale Gefahrenkarte Kleine Emme

Anhang 1 - Fotodokumentation

Projekt 21024

Projektleitung:	Trägerschaft:	Bericht genehmigt:
Dienststellen Kanton Luzern: Landwirtschaft und Wald (lawa) Verkehr und Infrastruktur (vif)	Gemeinden Wolhusen, Werthenstein, Ruswil, Malters, Littau, Emmen	

Projektbearbeitung:			
 Ingenieure Bart AG Waisenhausstrasse 15 9000 St.Gallen Fon 071 228 01 70 Fax 071 228 01 71 Email info@bart.ch		 Louis Ingenieurgeologie GmbH Postfach 143 6353 Weggis Fon 041 391 01 91 Fax 041 391 01 92 Email info@louis-weggis.ch	
Datum:	Autoren:	Kontrolliert:	Eingesehen:
Dezember 2006	sf, klm, pb, mr, us	cr / rb / klm	

Rutschungen

20056404(15)



Foto Wo1: Bad
Mitsamt Bäumen abgerutschtes Lockergestein am Hangfuss lagert hinter dem Kinderspielplatz.

01170058



Foto Wo2: Kommetsrüti
Die bucklige Morphologie oberhalb Kommetsrüti weist auf Rutschanfälligkeit hin (Spontanrutschungen / Hangmuren).

01170051



Foto Wo3: Kommetsrüti
Spontanrutschungen oberhalb und neben der Terrassenüberbauung Kommetsrüti 62/ 66

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen

01170033



Foto Wo4: Kommetsrüti
Spontanrutschungen auf der S' Seite Kommetsrüti 66

01170036



Foto Wo5: Kommetsrüti
Risse im Lockergestein im S' Hang Kommetsrüti



Foto Wo6: Kommetsrüti
Unwetter 2005: Hangmure bei Hinter Kommetsrüti. Der Ausbruch ging bis auf den Fels hinunter. Als Notmassnahme wurde ein kleiner Ablenkdammer errichtet.



Foto Wo7: Kommetsrüti
Unwetter August 2005: Hinter den Terrassenhäusern wurden als Notmassnahme Bretterpallisaden zum Schutz vor den Hangmuren errichtet.



Foto Wo8: Kommetsrüti, Kote ca. 670
Unwetter August 2005: Hangmurenausbruch in einer Baumschule.



Foto Wo9: Hinter Kommetsrüti, Kote ca. 620
Unwetter August 2005: Eine Stall wurde durch eine Spontanrutschung getroffen

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen



Foto Wo10: Hinter Kommetsrüti, Kote ca. 620
Das abgerutschte Erdmaterial lagerte sich an der Rückseite des Stalles an



Foto Wo11: Hinter Kommetsrüti, Kote ca. 620
Das Murmaterial drückte teilweise durch die offenen Fenster in den Stall hinein.



Foto Wo12: Mittler Kommetsrüti
Unwetter August 2005: Grossflächige Spontanrutschungen mit Versätzen bis 2 m.



Foto Wo13: Mittler Kommetsrüti
Unwetter August 2005: Der ganze Hang ist von neune Rissen durchsetzt

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen

01170042



Foto Wo14: N' Kommetsrüti
Steiler Hang direkt hinter dem Siedlungsgebiet
(Kommetsrüti 8 - 22)

01170042



Foto Wo15: N' Kommetsrüti
Hinter den Häusern folgt direkt der steile bewaldete Hang.

01170043



Foto Wo16: N' Kommetsrüti
Risse im Hang oberhalb des Fuswegs.

0117042



Foto Wo17: N' Kommetsrüti, Kote ca. 580
Schutzbauten neben der Strasse, S' Kommetsrüti 6

01170036



Fotos Wo18: Geländemulde S' Widweidli, Kote ca. 590
Rutschungsphänomene in der Mulde unterhalb der Strasse

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen

01170019



Fotos Wo19: Geländemulde S' Wideweidli, Kote ca. 590
Rutschungsphänomene in der Mulde unterhalb der Strasse



Foto Wo20: Silo der Landi
Hinter dem Siloturm hat sich gemäss einem Anwohner vor ca. 25 Jahren eine Spontanrutschung ereignet. Die Rutschung ist auch heute noch aktiv (krummwüchsige Bäume)

01170028

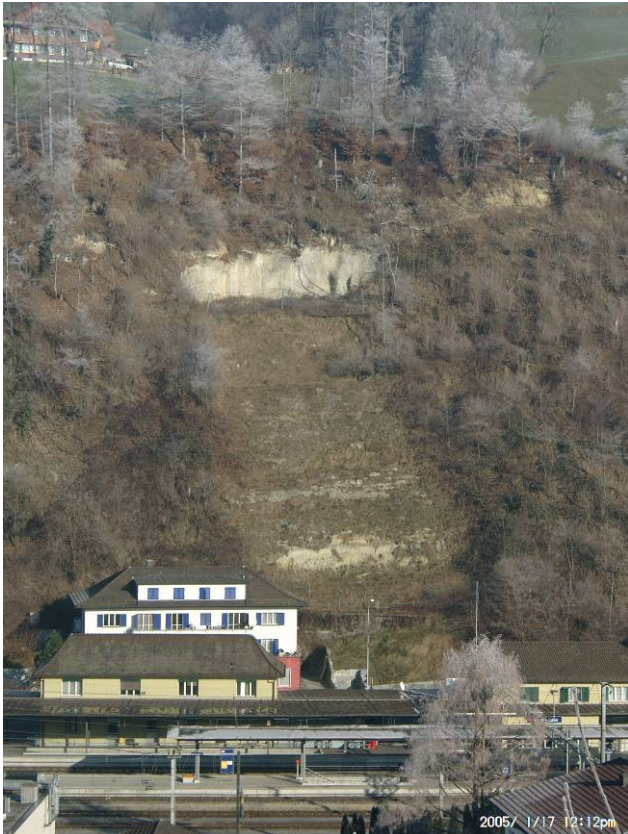


Foto Wo21: N' Bhf Wohlhusen, Kote ca. 610-560
Rutschung vom Mai 1999. Bei dem Ereignis wurde neben einem Parkplatz auch das Haus Roos (weiss) von den Gesteins- und Erdmassen getroffen. Auch das Bahnhofsgebäude war bedroht. Die Kantonsstrasse musste vorübergehend gesperrt werden.

01170019



Foto Wo22: N' Bhf Wohlhusen, Kote ca. 610-560
Die Rutschung von der Strasse aus

Steinschlag



Foto Wo23: Hotel Bad
Das Hotel steht direkt vor einem steilen Hang



Foto Wo24: Hotel Bad
Der zum Hotel/Restaurant gehörende Kinderspielplatz liegt im steinschlaggefährdeten Bereich.



Foto Wo25: Felswand N' Bad
Felswand mit massiven überhängenden Sandsteinbänken. Die Felswand steht am Westufer der Kleinen Emme. Abbrechende Gesteinsmassen stürzen in den Fluss. Als Restgefährdungsszenario wäre bei einem grossen Ausbruch (Felssturz) eine Aufstauung des Flusses denkbar.

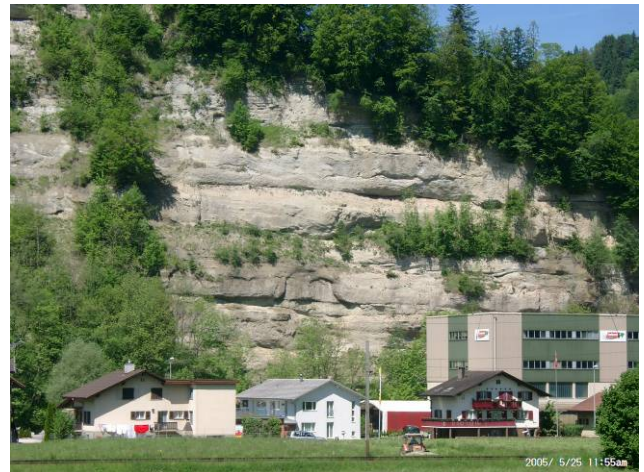


Foto Wo26: Felswand N' Bad
Nördliche Fortsetzung der Felswand.

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen

09270011



Foto Wo27: Felswände an der Kantonsstrasse, ca. 200m W' des Bahnhofs

Durch das zurückwittern von weichen Sandsteinlagen im Wandfussbereich entstanden mehrere Meter überhängende Nagelfluhpartien.

Zur Zeit sind Abklärungen bezüglich der Stabilität des Bereichs und der Gefährdung der Strasse durch Felssturz und Blockschlag im Gange.

0930011

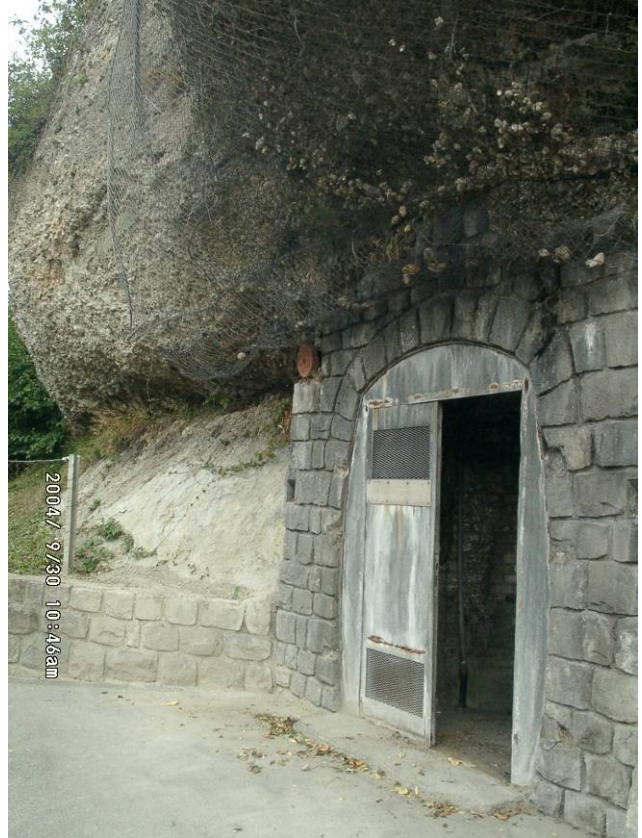


Foto Wo28: Felswände an der Kantonsstrasse, ca. 200m W' des Bahnhofs

Im Netz oberhalb des Eingangs befinden sich hunderte Steine. Das Netz wird jährlich geleert.

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen

01170070



Foto Wo29: Felswand S' Fleuweid
Steinschlag- und Eissturznefahr aus der Nagelfluhfelswand hinter dem Sanitargeschaft Renggli Jost AG

01170072



Foto Wo30: Felswand S' Fleuweid
Ein Warnschild mahnt vor Steinschlag und Eissturz.



Foto Wo31: Oberhalb Kirche Wolhusen
Ein Felsturm ist durch eine steil stehende, wandparallel verlaufende Kluft rückseitig vom Felsverband getrennt (Öffnungsweite ca. 30-40 cm).



Foto Wo32: Oberhalb Kirche Wolhusen
Blick von unten auf den Felsturm. Im Vordergrund ist eine abgeglittene Lockergesteinsscholle im Hang sichtbar.

Anhang 1A: Fotodokumentation Gemeinde Wolhusen



Foto Wo33: Oberhalb Josefshaus, Gütsch1
Der Kinderspielplatz hinter dem Verwaltungsgebäude ist durch Steinschlag aus den Felsbändern im steilen Hang gefährdet.

01170076



Foto Wo 35: Hackerrüti
Felsbänder hinter dem Industrieareal dienen als Steinschlagquelle



Foto Wo34: Oberhalb Josefshaus, Gütsch1
Steine liegen auf dem Kinderspielplatz.

01170081



Foto Wo36: E' Hackerrüti
E' Hackerrüti kommt die Bahnlinie direkt an die nackte Felswand heran. Steinschlag.

Rutschungen



Foto We1: Felswand im Langnauer Wald, W' Schofgrabe, Kote ca. 580 m ü. M.
Ober- und unterhalb der Felswand fanden in der jüngeren Vergangenheit schon grössere Rutschungen statt.



Foto We2: Langnauer Wald, Kote ca. 620 m ü. M.
Ausbruchsstelle einer grossen Hangmure vom Frühjahr 2004.



Foto We3: Langnauer Wald, Ängelgraben, Kote ca. 620 m ü. M.
Nach der Hangmure rutschten immer wieder einzelne Erdschollen nach (Kreis).



Foto We4: Langnauer Wald, Kote ca. 590 m ü. M.
Foto vom *Juni 2004*: Die Hangmure lagerte sich unter einer 10 m hohen Felswand ab.



Foto We5: Langnauer Wald, Ängelgraben, Kote ca. 590 m ü. M.
April 2005: Das abgelagerte Erdmaterial hat sich remobilisiert (vgl Foto We4)



Foto We6: Langnauer Wald, Ängelgraben, Kote ca. 580 m ü. M.
Die Bahnlinie verläuft am Hangfuss und ist durch das remobilisierte Erdmaterial bedroht.

Anlage 1B: Fotodokumentation Gemeinde Werthenstein



Foto We7: Langnauer Wald, Ängelgraben
Kote ca. 590 m ü. M.
 Im Mai 2005 wurde mit der Sanierung begonnen



Foto We8: Langnauer Wald, Ängelgraben
Kote ca. 590 m ü. M.
 Das mit einem Tecco- Netz überspannte Kokosmatte wurde in den Fels rückverankert. Auch nach den Unwettern vom August 2005 ist der Bereich stabil.

Steinschlag



Foto We9: Kurve auf Strasse W' Schwandehof,
Kote ca. 610
 Richtung Wolhusen. Entlang der Strasse sind Felspartien aufgeschlossen, die zu Steinschlag auf die Strasse führen.



Foto We10: Kurve auf Strasse W' Schwandehof,
Kote ca. 610
 Dünnbankige Mergelschichten wechsellagern mit knauerig herauswitternden Sandsteinbänken.



Foto We11: Guggeliberg
 Die steile Felswand ob. Entlebuecherstrasse 55



Foto We12: Guggeliberg
 Unter der Felswand verlaufen zwei Steinschlagnetze

Anlage 1B: Fotodokumentation Gemeinde Werthenstein



Foto We13: Guggeliberg
Der Felsbereich hinter dem Netz



Foto We14: Guggeliberg
Im Kopfbereich weist die Felswand überhängende Felspartien auf.



Foto We15: Guggeliberg
Der Fels wird von einer wandparallel verlaufenden Klüftungsschar durchzogen.



Foto We16: Guggeliberg
Das obere Netz ist mit etlichen Steinen hinterfüllt.



Foto We17: Guggeliberg



Foto We18: Guggeliberg

Anlage 1B: Fotodokumentation Gemeinde Werthenstein



Foto We19: Klosterkirche Werthenstein
Januar 2003: Steile Felswände unterhalb der Friedhofsmauern münden direkt in die Kleine Emme.



Foto We20: Klosterkirche Werthenstein
Januar 2003: Ausbruchsstelle eines Felsausbruches vom Januar 2003. Das im Fluss abgelagerte Sturzmaterial wurde bereits weggebaggert.



Foto We20a: Felswand unterhalb Klosterkirche
6.5.2006: Überhang unterhalb der Kirchenmauer



Foto We20a: Felswand unterhalb Klosterkirche
6.5.2006: Felsbereich unterhalb der Kirchenmauer

Anlage 1B: Fotodokumentation Gemeinde Werthenstein



Foto We21: Wanderweg S' Badhus
S' Bad verläuft der Wanderweg nahe an der hohen Felswand entlang.



Foto We22: Wanderweg S' Badhus
Der Fels besteht vorwiegend aus wechsellagernden Sandstein- und Nagelfluhbänken. Steinschlag- und Kleinblockschlag sind häufig zu erwarten.



Foto We23: Wanderweg S' Badhus
Ganze Wandbereiche sind wandparallel hinterklüftet.



Foto We24: Wanderweg S' Badhus
Die mächtige Nagelflugschicht im Kopfbereich der Wand stellt eine permanente Steinschlagquelle dar

Anlage 1B: Fotodokumentation Gemeinde Werthenstein



Foto We25: Wanderweg S' Badhus
Steinschlagzeugen zwischen Weg und Wandfuss.



Foto We26: W' Schachen
Felswand im Kopfbereich der steilen Böschung



Foto We27: W' Schachen
Ein rundlicher Sturzblock ist am Fuss des Hanges, ca. 50 m vor den Geleisen, liegen geblieben



Foto We28: W' Schachen
Ein weiterer, frischer Sturzblock, gelangte weit über den Rand des steilen bewaldeten Hanges hinaus.



Foto We29: W' Schachen
Der Standsteinblock (Ø 0.5-0.7m) hat ebenfalls eine gerundete, wagenradähnliche Form.

Gerinne und Bauwerke



Foto 05.01.05_75
Ängelgraben, südlich Langnau. Steil fallendes Gerinne und enger Durchlass

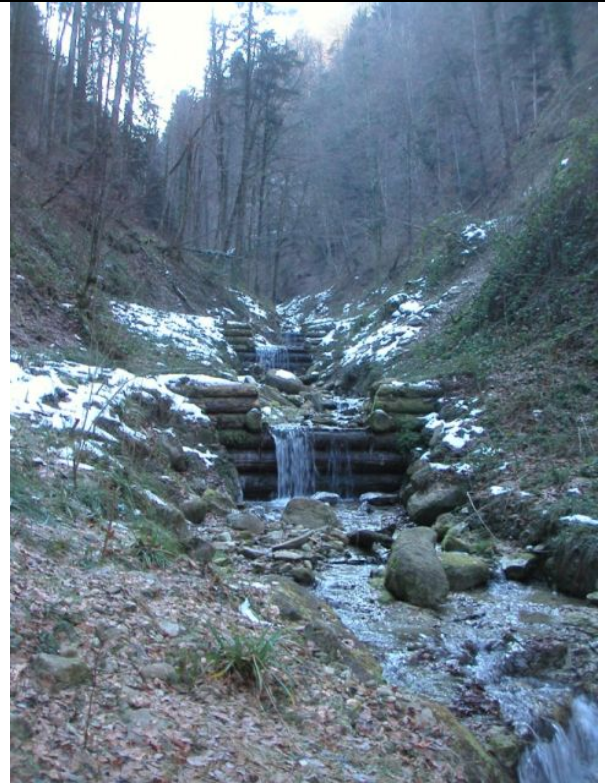


Foto 05.01.05_68
Schwellbauwerke aus Holz im oberen Teil des Schofgrabens



Foto 05.01.05_69
Murgangrechen, Wildholzrückhalt Bauwerk ID 127004, Schofgraben, südlich Langnau

Rutschungen



Foto R1: Hasenwald
Der die Bäume sind teilweise krummwüchsig, was auf Hangbewegungsprozesse hinweist.



Foto R2: Hasenwald
Ein aus Leitplanken erstelltes Bauwerk oberhalb der Güterstrasse ist komplett hinterfüllt.

Steinschlag



Foto R3: Hauptstrasse bei Werthenstein
Haus an der Hauptstrasse. Das Haus steht direkt an der Felswand.



Foto R4: Hauptstrasse bei Werthenstein
Haus an der Hauptstrasse. Das Haus steht direkt an der Felswand.

Anlage 1C : Fotodokumentation Gemeinde Ruswil



Foto R5: Werthenstein
Gegenüber der Klosterkirche: Die Bahnlinie verläuft direkt entlang den Nagelfluh- Felswänden. Blickrichtung Südost.



Foto R6: Werthenstein
Gegenüber der Klosterkirche: Die Bahnlinie verläuft direkt entlang den Nagelfluh- Felswänden. Blickrichtung Nordwest.



Foto R7: Werthenstein
Felswand hinter dem Gasthaus zur Emme. Ein Überhang wird mit zwei Betonpfeilern gestützt.



Foto R8: Dietenei
Steinschlagzeigen eines Sturzereignisses vom Herbst 2003.



Foto R9: Felswand Dietenei
Stumme Zeugen am Strassenrand



Foto R10: Felswand Dietenei
Blick vom gegenüberliegenden Ufer auf den E' Teil der Felswand Dietenei.



Foto R11: Felswand Dietenei
Bei der scharfen Rechtsbiegung der Kl. Emme steht ein hoher Felsturm an der Kurve der Hauptstrasse.



Foto R12: Felswand Dietenei
Die Mergelschichten am Fuss des Felsturms wittern rasch heraus, es entsteht ein Überhang. Eine steilstehende wandparallele Kluft hinterschneidet den Felsturm teilweise.



Foto R13: Felswand Dietenei
Die Kantonsstrasse verläuft sehr nahe am Felsbereich.



Foto R14: Felswand Dietenei
Frischer, über 1 m³ grosser Sturzblock unterhalb der Südlichen Felswand, wenige m von der Strasse entfernt.



Foto R15: Felswand W' Muffehus
Ein stark strukturiertes Felsband, bestehend aus wechsellagernden Sandsteinen und Mergeln, im oberen, steilen Hang direkt über der Kantonsstrasse. Aus einer Sandsteinlage hat sich im März 2005 ein Blockschlag ereignet



Foto R16: Felswand W' Muffehus
Ausbruchsstelle des Blockschlages vom März 2005



Foto R17: Steiler Hang unterhalb Felswand W' Muffehus
Baumtreffer.
Die meisten Steine und Blöcke des Ausbruchs sind auf der Transitstrecke liegen geblieben



Foto R18: Unterhalb Felswand W' Muffehus
Ein einzelner Kleinblock stürzte über die Wiesenböschung bis zur Strasse.
Die Einschlagtrichter haben Abstände von 2 bis 5 m.



Foto R19: Unterhalb Felswand W' Muffehus
Der Drahtmaschenzaun entlang dem Weg wurde durch den Block in 1 m Höhe getroffen und umgelegt. (Der Zaun wurde nachträglich wieder aufgestellt.)

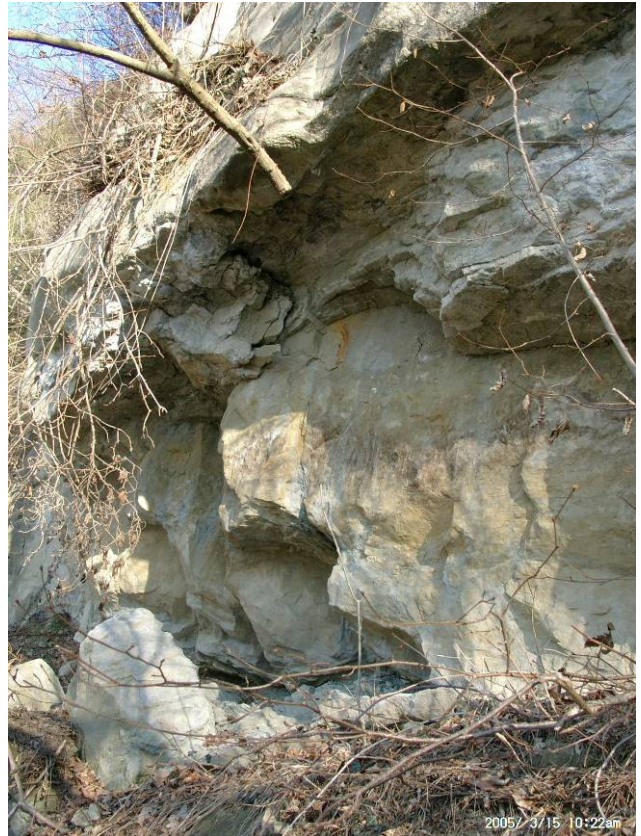


Foto R20: Felswand W' Muffehus
Unweit W' der Ausbruchsstelle vom März 2005 ist der Fels sehr zerrüttet. Grosse Überhänge, grosse abgebrochene Felspartien liegen instabil am Wandfuss. Unterhalb folgt direkt der steile Hang mit dem Weg und der Kantonsstrasse am Hangfuss. Sehr gefährlicher Bereich!

Gerinne und Bauwerke



Foto 04.12.15_66
Bauwerk 116001, Durchlass mit Stahlgitter, westlich Unter-Steigle, Unterführung Kantonstrasse



Foto 04.12.15_67
Eindolung mit Blick auf Rohrdurchlass 129003.

Anlage 1C : Fotodokumentation Gemeinde Ruswil



Foto 04.12.15_69

Blick auf Steilabfall südlich Grütweid, mit Blick auf die Kantonstrasse



Foto 04.12.15_70

Gerinne oberhalb des Steilabfalls Foto 04.12.15_69, östlich Grütweid.

Rutschungen



Foto M1: Mueshofhalde
Die nach Löchlihalde hinaufführende Strasse ist durch permanente Rutschprozesse aufgewellt.



Foto M2: Siedlungsgebiet Halde
Die Betonelemente wurden durch die Bodenbewegungen gegeneinander versetzt



Foto M3: Siedlungsgebiet Halde
Der Hang oberhalb der Häuser rutscht.



Foto M4: Siedlungsgebiet Halde
Januar 2005: Böschungsbruch an der neu angelegten Zufahrtsstrasse.



Foto M5: Siedlungsgebiet Halde
Im Anrissbereich der Rutschung wird ein Lattenzaun auseinandergezogen



Foto M6: Siedlungsgebiet Halde
Juni 2005: Die Böschung ist weiter abgesackt, Erdmaterial rutschte in die Strasse hinein.

Anhang 1D: Fotodokumentation Gemeinde Malters



Foto M7: Siedlungsgebiet Halde
Anriss im oberen Teil der Rutschung



Foto M8: Siedlungsgebiet Halde
Im oberen Teil wurden die Risse teilweise mit Sickerkies saniert.



Foto M9: Siedlungsgebiet Halde
Riss vor der Stallung, 16. April 2005



Foto M10: Siedlungsgebiet Halde
13. September 2005: Der Betonpfeiler ist abgebrochen und hat sich deutlich hangabwärts bewegt.



Foto M11: Luegetealtes
Zwei kleine Hangmuren nach den Starkniederschlägen vom August 2005 bei Luegene



Foto M12: Geissbühl, Malters
Frisch sanierter Hangausbruch der Strassenböschung bei Geissbühl nach den Starkniederschlägen August 2005.

Steinschlag



Foto M13: Schwyzerhüsli, Kote ca. 640
Frischer Sturzblock direkt hinter der Liegenschaft Schwyzerhüsli



Foto M14: Schwyzerhüsli, Kote ca. 620
Weitere frische Steinschlagzeugen am Hangfuss E' Schwyzerhüsli



Foto M15: Geisschachen
Felswand oberhalb der Liegenschaft Geisschachen.



Foto M16: Geisschachen
Eine absturzgefährdete Felsmasse mit ca. 300 m³ Volumen wurden im Jahre 2000 durch zwei mit Felsankern gesicherte Betonrippen gesichert. Zum permanenten Schutz der Liegenschaft sowie der T10 wurde ca. 35 m langes Steinschlagnetz angebracht. Die Felssicherung wird geotechnisch überwacht.



Fotos M17/18: Geisschachen

E' der Liegenschaft Geisschachen zeugt ein Haufen von Steinblöcken von einem vergangenen Ereignis.

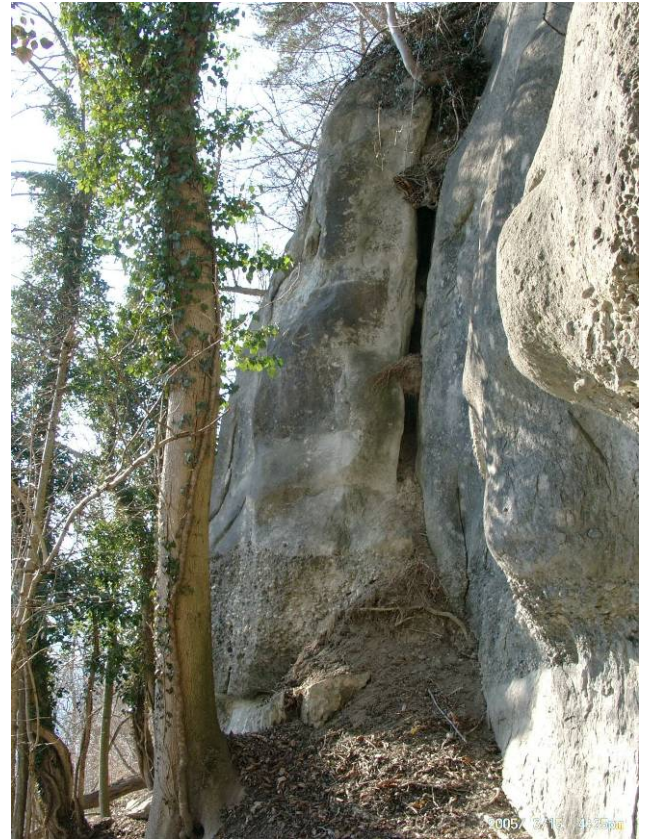


Foto M19: Geisschachen

Teilweise vom Felsverband getrennter Felsturm in der Felswand ob. Geisschachen



Foto M20: Geisschachen

Wandparallel hinterklüfteter Überhang in der Felswand oberhalb der Kantonsstrasse T10.



Foto M21: Stäghalde

Die Felswand am Kopf des Hangs N' der Kantonsstrasse ist eine Auslösequelle von Stein- und Kleinblockschlag.

Anhang 1D: Fotodokumentation Gemeinde Malters



Foto M22: Stäghalde
Der Hang ist ca. 45° steil



Foto M23: Stäghalde
Frischer "stummer Zeuge" am Fuss des Hangs

Gerinne und Bauwerke



Foto 04.12.14_14
Steilabfall und Gerinneverbau am Gscheidbach nördlich Ei.

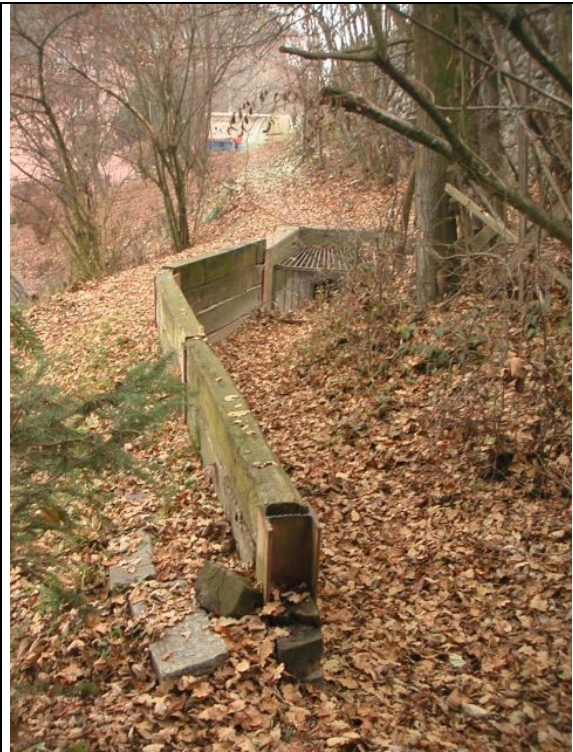


Foto 04.12.14_18
Einlass mit Wildholzsperr, Bauwerk 82004, Eischache

Anhang 1D: Fotodokumentation Gemeinde Malters



Foto 04.12.14_21
Ausbesserungsarbeiten an Schwellen im Bett der Kleinen Emme, nahe Hältbüelerbrugg (flussabwärts).



Foto 04.12.15_23
Ausbesserungsarbeiten an Uferbefestigung nahe Hältbüelerbrugg



Foto 04.12.15_26
Einlass Bauwerk 83016, Haldenhüslibach, Ober Ei

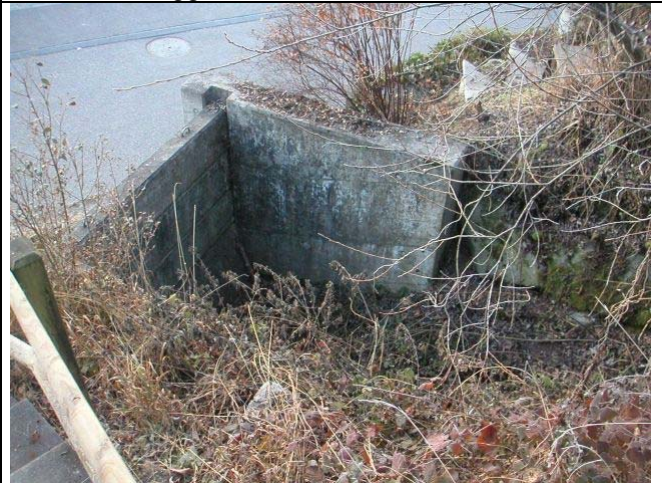


Foto 04.12.15_30
Einlass Bauwerk 83009, Haldenhüslibach, Ober Ei



Foto 04.12.15_31
Unterführung mit neu angelegtem Rohrdurchlass Bauwerk 83015, Haldenhüslibach

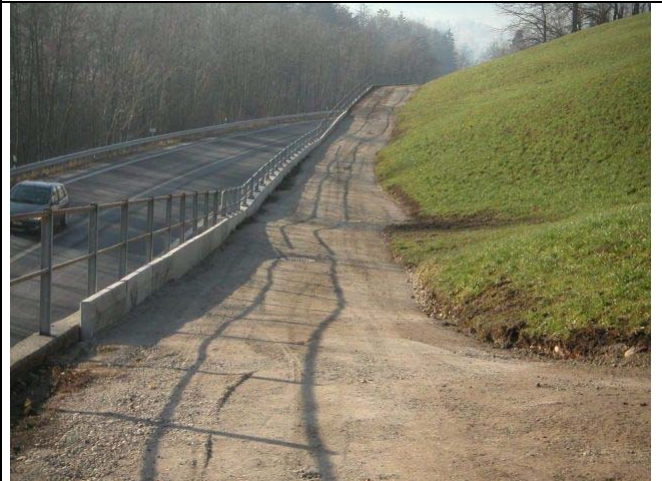


Foto 04.12.15_56
Nahe Löchlihaldebach, Regensammler an der Kantonstrasse und Einlass.

Anhang 1D: Fotodokumentation Gemeinde Malter



Foto 04.12.15_59
Eindolung und Einlass am Ammergreigebach,
westlich Schönebode. Bauwerk 103005



Foto 04.12.15_64
Rohrdurchlass unter der Kantonstrasse am
Birehüslibach, westlich Schönebode. Bauwerk 111002



Foto 04.12.16_04
Brücken über dem Chällerhofbach mit engem
Durchlass, Bauwerk 68004



Foto 04.12.16_18
Betonsperren im Malterbach

Anhang 1D: Fotodokumentation Gemeinde Malters



Foto 04.12.16_33
Steiler Einschnitt des Luegetebach im Vogelwald, südlich Malters. Der Untergrund ist sehr erosiv und das Gerinne Murgangfähig.



Foto 04.12.16_41
Kleinsammler im Vogelwaldbach, Bauwerk 73007



Foto 05.01.05_52
Kleinsammler am Rothärdtbach, nahe Hübeli. Bauwerk 77003



Foto 05.01.05_53
Unterführung mit Kleinschwellen, Luegeteweidbach. Bauwerk 74004



Foto 05.01.05_54
Eindolung und Einlass des Luegeteweidbachs unter die Strasse nach Schwarzenbach. Bauwerk 74005

Rutschungen



Foto L1: W' Elektrizitätswerk
Am Nordufer des Kanals ist die Lockergesteinsdecke der ca. 15 m hohen Böschung vollständig erodiert und der Mergel freigelegt.



Foto L2: W' Elektrizitätswerk
N' der freigelegten Hangfläche steht eine Eisenpalisade, die durch die Rutschbewegung des rückseitigen Lockergesteins stark nach vorne gedrückt wird.



Foto L3: W' Elektrizitätswerk
Steinkorbmauer am Fuss des Kanals, am W' Ende des freigelegten Hanges

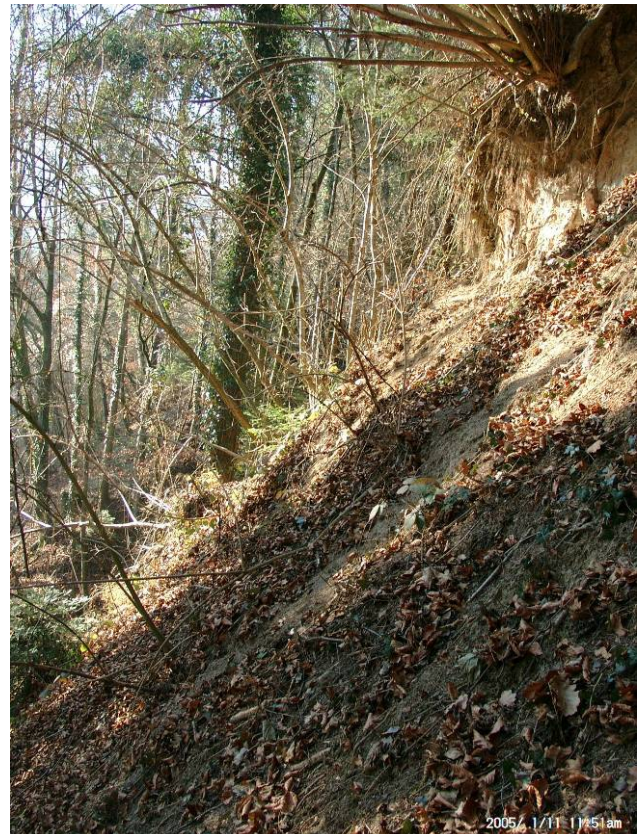


Foto L4: NW' Ufer Kl. Emme, E' Breitmatt
Steile bewaldete Böschung oberhalb des Kanals.



Foto L5: W' Ufer Kanal, Ämmenweid
Erosionsfläche in der steilen Böschung des Kanals.



**Foto L6: Hang NW' Fabrickgebäude
Von Moos Stahl**
Alte Stützbauwerke aus Beton im oberen Bereich der Böschung



Foto L7: Hang NW' Fabrickgebäude
Rutschung in der steilen Hangpartie.

Gerinne und Bauwerke



Foto 14.12.04_1:

Treppenbauwerk und Schale des Schooschäppelibach südlich Gerliswil (Vorder-Ämmeweid)

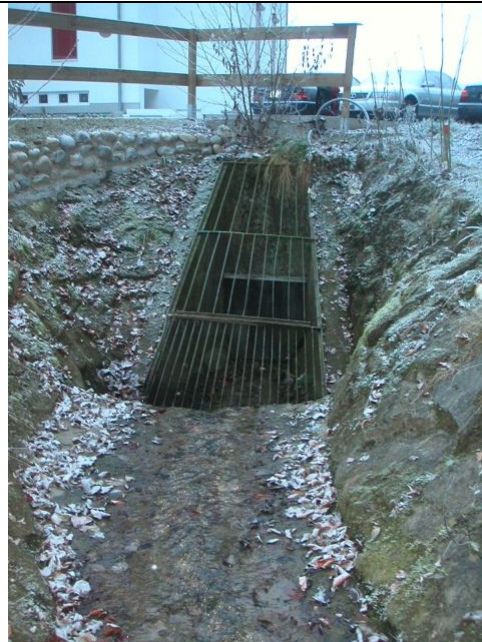


Foto 14.12.04_2:

Einlass mit Rechen im Schooschäppelibach südlich Gerliswil (Vorder-Ämmeweid). Bauwerk 11005.



Foto 14.12.04_5:

Einlass mit Gitter am Ämmeweidbach (Hinder-Ämmeweid). Bauwerk 15002

Kanton

Luzern

Gemeinden



Wolhusen, Werthenstein,
Ruswil, Malters, Littau, Emmen

Integrale Gefahrenkarte Kleine Emme

Anhang 2 – diverses Tabellen

Projekt 21024

Projektleitung:	Trägerschaft:	Bericht genehmigt:
Dienststellen Kanton Luzern: Landwirtschaft und Wald (lawa) Verkehr und Infrastruktur (vif)	Gemeinden Wolhusen, Werthenstein, Ruswil, Malters, Littau, Emmen	

Projektbearbeitung:			
 Ingenieure Bart AG Waisenhausstrasse 15 9000 St.Gallen Fon 071 228 01 70 Fax 071 228 01 71 Email info@bart.ch		 Louis Ingenieurgeologie GmbH Postfach 143 6353 Weggis Fon 041 391 01 91 Fax 041 391 01 92 Email info@louis-weggis.ch	
Datum:	Autoren:	Kontrolliert:	Eingesehen:
Dezember 2006	sf, klm, pb, mr, us	cr / rb / klm	

Inhaltsverzeichnis

1 Liste aller Gefahrenquellen (Steuertabelle)	1
2 Bauwerke	6
3 Gefahrenquellen Ufererosion	10
4 Murgangkubaturen	11
5 Liste der Verklauungswahrscheinlichkeiten an Brücken und Durchlässen	12

1 Liste aller Gefahrenquellen (Steuertabelle)

Der Identifikator (ID_GQ) bezieht sich auf die gleichen Identifikatoren der Gefahrenquellen, wie sie in der GIS-Modellierung verwendet werden.

Nummer der Gefahrenquelle (ID_GQ)	Name der Gefahrenquelle	Hauptprozessart	Prozessart	Code Hauptprozessart	Code Prozessart
1	Kleine Emme	W	HF	1	11
4	Rotewaldbach	W	HF	1	11
11	Schooschaepfelbach	W	HF	1	11
14	Erlebach	W	HF	1	11
15	Aemmeweidbach N	W	HF	1	11
18	Aemmeweidbach S	W	HF	1	11
19	Haldeweidbach	W	HF	1	11
20	Winzigebach	W	HF	1	11
21	Winterbueelbach	W	HF	1	11
22	Breitmattbach	W	HF	1	11
23	Grudligebach	W	HF	1	11
24	Bleikebach	W	HF	1	11
25	Torebergkanal	W	HF	1	11
35	Ruetibach	W	HF	1	11
36	Fluckbaechli	W	HF	1	11
37	Gansensbach	W	HF	1	11
38	Kelsigenbach	W	HF	1	11
39	Bleimattbach	W	HF	1	11
40	Buggenringerwaldbaechli E	W	HF	1	11
41	Weidbaechli	W	HF	1	11
42	Buggenringerwaldbaechli M	W	HF	1	11
43	Buggenringerwaldbaechli W	W	HF	1	11
44	Feldmattbach E	W	HF	1	11
45	Schachebach	W	HF	1	11
46	Raenggbach	W	HF	1	11
47	Blattenbach	W	HF	1	11
48	Brunnenhusbach W	W	HF	1	11
49	Brunnenhusbach E	W	HF	1	11
50	Paradisli	W	HF	1	11
51	Stiereweidbach	W	HF	1	11
52	Feldmattbach W	W	HF	1	11
53	Brunauerhofbach E	W	HF	1	11
54	Stegmaettlibach	W	HF	1	11
55	Brunauerhofbach W	W	HF	1	11
56	Witentorbach	W	HF	1	11
57	Eibach E	W	HF	1	11
58	Lehnbaechli	W	HF	1	11
59	Haselholzbach	W	HF	1	11
60	Fuchsmaettlibach	W	HF	1	11
61	Hofbach	W	HF	1	11
62	Eibach W	W	HF	1	11
63	Ruetiwegenbach	W	HF	1	11
64	Hofhaldenbaechli	W	HF	1	11

ANHANG 2 – STEUERTABELLE GEFAHRENQUELLEN

69	Oberkellerhofbaechli	W	HF	1	11
70	Dorfbach	W	HF	1	11
71	Frohofbach	W	HF	1	11
72	Luegetebach	W	HF	1	11
73	Dangelbach	W	HF	1	11
80	Neumattbach	W	HF	1	11
81	Chesselbach	W	HF	1	11
82	Haldenbach E	W	HF	1	11
83	Haldenbach M	W	HF	1	11
84	Haldenbach W1	W	HF	1	11
85	Haldenbach W	W	HF	1	11
87	Sigrsthaldenbach	W	HF	1	11
88	Haldenhueslibach	W	HF	1	11
89	Schlangenbach	W	HF	1	11
90	Urnishaldenbach	W	HF	1	11
91	Ruetihaldenbach	W	HF	1	11
92	Ruetihaldenbach 2	W	HF	1	11
93	Hirzlihaldenbach	W	HF	1	11
94	Mettlenhaldenbach	W	HF	1	11
95	Loechlihaldenbach E	W	HF	1	11
96	Loechlihaldenbach W	W	HF	1	11
97	Steinhaldenbach	W	HF	1	11
98	Buchenhaldenbach W	W	HF	1	11
99	Buchenhaldenbach E	W	HF	1	11
100	Ennigerbach	W	HF	1	11
102	Schoenenbodenbach	W	HF	1	11
103	Vorderstegenhaldenbach	W	HF	1	11
104	Tschaeperslehnbach	W	HF	1	11
105	Ruemlig	W	HF	1	11
106	Hitzruetibach	W	HF	1	11
107	Traeschhuetlibach	W	HF	1	11
109	Stampfelibach	W	HF	1	11
111	Schlieferhueslibach	W	HF	1	11
112	Chesslerhueslibach	W	HF	1	11
113	Chuderhueslibach	W	HF	1	11
114	Steiglenbach	W	HF	1	11
115	Muffenhusbach	W	HF	1	11
116	Hasehusbach	W	HF	1	11
117	Egglibach	W	HF	1	11
120	Mittlerlangnaubach	W	HF	1	11
123	Baerenweidbach	W	HF	1	11
124	Hasenwaldbach	W	HF	1	11
125	Hinterlangnaubach	W	HF	1	11
126	Naebdefluebach	W	HF	1	11
127	Schofgrabebach	W	HF	1	11
128	Duetschebergbach	W	HF	1	11
129	Vorderlangnaubach	W	HF	1	11
130	Tribschwandebaechli	W	HF	1	11
131	Tribschwandebaechli E	W	HF	1	11
132	Aengelgrabebaechli E	W	HF	1	11

ANHANG 2 – STEUERTABELLE GEFAHRENQUELLEN

133	Schwaendibaechli W	W	HF	1	11
134	Schwaendibaechli E	W	HF	1	11
135	Staeubligbach	W	HF	1	11
136	Staldigbaechli E	W	HF	1	11
137	Staldigbaechli	W	HF	1	11
138	Sulzmattbach	W	HF	1	11
139	Ringgeibaechli	W	HF	1	11
140	Pfischerweidbach	W	HF	1	11
141	Wandelebach	W	HF	1	11
142	Haldebach	W	HF	1	11
143	Bielbach	W	HF	1	11
144	Sulzigbach	W	HF	1	11
145	Schwandewidlibach	W	HF	1	11
146	Schwarzenbach	W	HF	1	11
147	Sonnebuelbach	W	HF	1	11
148	Fluweidbach	W	HF	1	11
149	Widewidlibach	W	HF	1	11
152	Chilebach	W	HF	1	11
153	Wigger	W	HF	1	11
154	Schmittelibach	W	HF	1	11
155	Guggernellbach	W	HF	1	11
156	Stampfigraben	W	HF	1	11
157	Muergenbach	W	HF	1	11
158	Schmittenweidlibach	W	HF	1	11
159	Badtobelbach	W	HF	1	11
160	Straehlhueslibach	W	HF	1	11
161	Maederslehnbach	W	HF	1	11
162	Schachlibach N	W	HF	1	11
163	Schachlibach S	W	HF	1	11
164	Chlungeliseischachen S	W	HF	1	11
165	Schwanderholzbach	W	HF	1	11
166	Chlungeliseibach N	W	HF	1	11
167	Chappelbodebach	W	HF	1	11
168	Chlungeliseibach S1	W	HF	1	11
169	Chlungeliseibach S2	W	HF	1	11
170	Sagilibach	W	HF	1	11
171	Hinterstegenhaldenbach	W	HF	1	11
172	Oberschlieferhueslibach	W	HF	1	11
246	Raenggbach	W	M	1	13
248	Brunnenhusbach W	W	M	1	13
249	Brunnenhusbach E	W	M	1	13
251	Stierweidbach	W	M	1	13
270	Dorfbach	W	M	1	13
291	Ruetihaldenbach	W	M	1	13
292	Ruetihaldenbach 2	W	M	1	13
303	Vorderstegenhaldenbach	W	M	1	13
309	Stampfelibach	W	M	1	13
311	Schlieferhueslibach	W	M	1	13
314	Steiglenbach	W	M	1	13
315	Muffenhusbach	W	M	1	13

ANHANG 2 – STEUERTABELLE GEFAHRENQUELLEN

320	Mittlerlangnaubach	W	M	1	13
321	Langnaubach W	W	M	1	13
322	Langnaubach	W	M	1	13
327	Schofgrabebach	W	M	1	13
328	Duetschebergbach	W	M	1	13
330	Tribschwandebaechli	W	M	1	13
332	Aengelgrabebaechli E	W	M	1	13
336	Staldigbaechli E	W	M	1	13
337	Staldigbaechli	W	M	1	13
359	Badtobelbach	W	M	1	13
361	Maederslehnbach	W	M	1	13
701	Kleine Emme	W	UE	1	14
715	Aemmeweidbach N	W	UE	1	14
718	Aemmeweidbach S	W	UE	1	14
738	Kelsigenbach	W	UE	1	14
746	Raenggbach	W	UE	1	14
756	Witentorbach	W	UE	1	14
759	Haselholzbach	W	UE	1	14
760	Fuchsmaettlibach	W	UE	1	14
761	Hofbach	W	UE	1	14
768	Kellenhofbach	W	UE	1	14
770	Dorfbach	W	UE	1	14
771	Frohofbach	W	UE	1	14
772	Luegetebach	W	UE	1	14
773	Dangelbach	W	UE	1	14
776	Dangelbach M	W	UE	1	14
777	Dangelbach W	W	UE	1	14
778	Kellenbach	W	UE	1	14
779	Kellenbach W	W	UE	1	14
780	Neumattbach	W	UE	1	14
781	Chesselbach	W	UE	1	14
787	Sigrishaldenbach	W	UE	1	14
788	Haldenhueslibach	W	UE	1	14
789	Sch lenggenbach	W	UE	1	14
790	Urnishaldenbach	W	UE	1	14
791	Ruetihaldenbach	W	UE	1	14
792	Ruetihaldenbach 2	W	UE	1	14
793	Hirzlihaldenbach	W	UE	1	14
794	Mettlenhaldenbach	W	UE	1	14
796	Loechlihaldenbach W	W	UE	1	14
797	Steinhaldenbach	W	UE	1	14
802	Schoenenbodenbach	W	UE	1	14
805	Ruemlig	W	UE	1	14
807	Traeschhuetlibach	W	UE	1	14
809	Stampfelibach	W	UE	1	14
820	Mittlerlangnaubach	W	UE	1	14
827	Schofgrabebach	W	UE	1	14
831	Tribschwandebaechli E	W	UE	1	14
836	Staldigbaechli E	W	UE	1	14
838	Sulzmattbach	W	UE	1	14

ANHANG 2 – STEUERTABELLE GEFAHRENQUELLEN

844	Sulzigbach	W	UE	1	14
845	Schwandewidlibach	W	UE	1	14
846	Schwarzenbach	W	UE	1	14
849	Widewidlibach	W	UE	1	14
860	Straehlheslibach	W	UE	1	14
861	Maederslehnbach	W	UE	1	14
864	Chlungeliseischachen S	W	UE	1	14
865	Schwanderholzbach	W	UE	1	14
866	Chlungeliseibach N	W	UE	1	14
867	Chappelbodebach	W	UE	1	14
870	Sagilibach	W	UE	1	14
500	Kommetsrueti_Gummi	R	HM	3	33
501	Strittenmatt	R	HM	3	33
502	Guetsch	R	HM	3	33
503	Wolhusen2	R	HM	3	33
504	Wolhusen Ost	R	HM	3	33
505	Chlungelisei_Maederslehn_Bad	R	HM	3	33
506	Schoenebode_Neuweg	R	HM	3	33
507	Aemseren	R	HM	3	33
508	Burst_Leime:Blindei_Sandbode	R	HM	3	33
509	Kloster Werthenstein	R	HM	3	33
510	Werthenstein N	R	HM	3	33
511	Badhus	R	HM	3	33
512	Langnauerwald_Malters	R	HM	3	33
513	Dietenei	R	HM	3	33
514	Muffehuus_Malters N_Littau	R	HM	3	33
520	Malters_Urnishalden	R	PR	3	31
521	Chappelbode	R	PR	3	31
587	Gueggeliberg	S	SS	2	21
588	Oberraengg	S	SS	2	21
589	Ober Langnau_Muffehus_Steghalde	S	SS	2	21
590	Langnauer Wald	S	SS	2	21
591	Werthenstein N	S	SS	2	21
592	Badhus_Langnauerwald	S	SS	2	21
593	Dietenei	S	SS	2	21
594	Kloster Werthenstein	S	SS	2	21
595	Wolhusen S	S	SS	2	21
596	Wolhusen N	S	SS	2	21
597	Kommetsrueti_Wiggern	S	SS	2	21
598	Chappelbode_Aemsere	S	SS	2	21
599	Chlungelisei_Maederslehn	S	SS	2	21

2 Bauwerke

Bauwerke ohne wesentliche Mängel

ID	Name	Zustand	Bemerkungen	Länge
1	B-Sw	Sperren in Ordnung		23.5
2	B-Sw	Sperren in Ordnung		25.3
3	B-Sw	Sperren in Ordnung		32.5
4	B-Sw	Sperren in Ordnung		33.4
5	B-Sw	Sperren in Ordnung		31.6
6	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		156.1
7	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		123.6
8	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		607.7
9	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		331.0
10	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		268.5
11	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		222.5
12	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		902.2
13	B-Sw	Sperren in Ordnung	Wehr	29.4
14	B-Sw	Sperren in Ordnung	Wehr	32.6
15	B-Sw	Sperren in Ordnung		23.4
16	B-Sw	Sperren in Ordnung		29.2
17	B-Sw	Sperren in Ordnung		29.8
18	B-Sw	Sperren in Ordnung		33.2
19	B-Sw	Sperren in Ordnung		32.6
20	B-Sw	Sperren in Ordnung		30.2
21	B-Sw	Sperren in Ordnung		27.2
22	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung	Einzelne rausgelöste Steinquader, ca. 40x30 cm	802.2
23	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		208.6
24	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		64.1
25	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		406.7
26	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		335.9
27	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		69.5
28	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		80.1
29	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		29.0
30	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung	Unterhalt: Ev. erneuern/erhöhen	245.8
31	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		78.5
32	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung	Wehr rechts: Mechanikhäuschen zerstört	22.6
33	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		14.2
34	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		133.3
35	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		216.5
36	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		415.2
37	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		225.7
38	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		210.3
39	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung	Unterhalt!	291.4
40	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		298.0
41	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		136.6
42	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		94.7
43	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		118.6
44	B-Sw	Sperren in Ordnung		29.2
45	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		159.4

ANHANG 2 – BAUWERKE

ID	Name	Zustand	Bemerkungen	Länge
46	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		65.5
47	B-Sw	Sperren in Ordnung		28.6
48	B-Sw	Sperren in Ordnung		24.8
49	B-Sw	Sperren in Ordnung		24.7
50	B-Sw	Sperren in Ordnung		27.1
51	B-Sw	Sperren in Ordnung		38.4
52	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung	Leicht beschaedigt: Unterhalt, Instandstellen 1. Prioritaet	297.7
53	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung	Leicht beschaedigt: Unterhalt, Instandstellen 1. Prioritaet	265.4
54	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		261.2
55	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		262.9
56	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		27.7
57	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		270.7
58	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		33.3
59	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		65.3
60	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		705.7
61	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		78.3
62	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		395.3
63	B-St-flex	Uferbefestigung in Ordnung		558.3
64	B-St-flex	Uferbefestigung in Ordnung		459.3
65	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		551.9
66	B-Sw	Sperren in Ordnung		29.0
67	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		217.5
68	B-Sw	Sperren in Ordnung		30.6
69	B-Sw	Sperren in Ordnung		25.5
70	B-Sw	Sperren in Ordnung		30.7
71	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		516.0
72	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		66.2
73	B-Sw	Sperren in Ordnung		30.3
74	B-Sw	Sperren in Ordnung		24.7
75	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		439.0
76	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		1089.4
77	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		38.9
78	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		39.8
79	B-St-flex	Uferbefestigung in Ordnung		319.2
80	B-St-flex	Blocksatz in Ordnung		117.6
81	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		63.8
82	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		22.3
83	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung	mögliche Unterkolkung nicht erkennbar	1019.4
84	B-Sw	Sperren in Ordnung		26.7
85	B-Sw	Sperren in Ordnung		30.7
86	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		273.5
87	B-St-hart	Uferbefestigung in Ordnung		268.2

Bauwerke beschädigt

ID	Name	Zustand	Massnahme	Prioritaet	Bemerkungen	Länge
101	B-St-flex	Blocksatz beschädigt	Instandstellen	2		143.5
102	B-St-flex	Blocksatz beschädigt	Instandstellen	3		140.8
103	B-Sw	Sperren beschädigt			Massnahme ist noch abzuklären	33.2
104	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	3	Südwestlich Kanaleinmündung	9.0
105	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	3		48.5
106	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	3		32.4
107	B-St-flex	Blocksatz beschädigt	Erneuern	3		97.1
108	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Instandstellen	2		21.1
109	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	3	Abflussektion beschädigt	29.3
110	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	1		108.5
111	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Instandstellen	2		119.3
112	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Instandstellen	2		26.6
113	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	2		55.8
114	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	2		31.5
115	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	2		56.8
116	B-Sw	Sperren beschädigt	Erneuern	1	Flügel kaputt, erneuern	26.6
117	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Instandstellen	2	Nur z.T. beschaedigt	182.6
118	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	2		77.9
119	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	2		145.6
120	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	1	Abflussmessstation eingekiest	32.4
121	B-St-flex	Uferbefestigung Krone beschädigt			1 Woche nach Ereignis bereits ausgebessert	70.9
122	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	2		32.8
123	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	2		75.4
124	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	2	Steine herausgelöst	30.0
125	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	2	Steine herausgelöst	31.5
126	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	2	Steine herausgelöst	27.0
127	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	2	Steine herausgelöst	30.0

ANHANG 2 – BAUWERKE

ID	Name	Zustand	Massnahme	Prioritaet	Bemerkungen	Länge
128	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	2		152.1
129		Böschung beschädigt	Erneuern	1	durch Seitenerosion droht Strasse abzurutschen	103.9
130	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Instandstellen	2		240.5
131		Böschung beschädigt	Erneuern	1	durch Seitenerosion droht Strasse abzurutschen	77.4
132	B-St-hart	Uferbefestigung Krone beschädigt	Instandstellen	2		83.0
133	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	2		73.4
134	B-St-hart	Uferbefestigung unterkolkt	Erneuern	2		135.4
135	B-Sw	Sperren beschädigt	Instandstellen	2		24.8
201	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	1		71.5
202	B-Sw	Sperren zerstört			Ev. erneuern	32.0
203	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	1		98.3
204	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	2		23.4
205	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	2		39.5
206	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	1	durch Seitenerosion komplett zerstört	167.9
207	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	2	durch Seitenerosion zerstört	157.5
208	B-St-hart	Uferbefestigung zerstört	Erneuern	1		188.3

3 Gefahrenquellen Ufererosion

Der Indentifikator der Gefahrenquellen „Ufererosion“ (Gefahrenquellen-ID) entspricht demjenigen der Überflutung plus 700.

Gefahrenquellen-ID	Abschnittlänge	Gefahrenquellen-ID	Abschnittlänge
701	23828.2	788	135.1
715	151.7	788	124.2
715	37.4	789	27.3
718	16.6	790	19.2
738	170.1	791	33.3
746	128.6	792	17.8
746	568.4	793	53.1
756	43.2	794	48.0
759	86.6	796	56.1
760	262.6	797	78.9
761	33.0	802	16.7
768	90.3	805	762.7
770	44.2	807	159.7
771	171.8	809	281.5
772	55.0	820	48.1
772	98.8	827	39.3
773	96.2	831	20.4
776	29.5	836	10.7
777	182.9	838	19.7
777	26.5	844	28.7
777	100.3	844	20.0
777	146.8	845	19.6
778	126.2	846	56.7
778	274.1	849	22.3
779	350.2	860	144.5
780	63.5	861	13.0
780	328.6	864	19.6
780	66.6	865	138.9
781	60.8	866	29.4
781	121.6	867	70.6
781	29.6	870	63.9
787	113.8		

4 Murgangkubaturen

Der Identifikator (GQ_ID) entspricht jener der Überflutung plus 200 (vgl. Anhang 6)

GQ_ID	Gerinnenname	EZG [km ²]	K ₃₀ [m ³]	K ₁₀₀ [m ³]	K ₃₀₀ [m ³]
246	Ränggbach	9.500		47'500	85'500
247	Blattenbach	0.069			600
248	Althusbach	0.096		500	900
249	Brunnehusbach	0.101			900
250	Charehusbach	0.013			100
254	Gspannbach	0.728		3'600	6'600
270	Dorfbach	0.739			6'600
272	Luegetebach	0.171			1'500
273	Vogelwaldbach	0.223		1'100	2'000
277	Rothärbach	0.300		1'500	2'700
291	Urnishaldebach	0.111	300	600	1'000
292	Rüthhaldebach	0.056		300	500
303	Ammergerigebach	0.114			1'000
309	Ärdbrüstbach	0.271		1'400	2'400
311	Birehüslibach	0.153		800	1'400
312	Berghaldebach	0.147		700	1'300
314	Steiglebach	0.151		800	1'400
315	Muffehusbach	0.128		600	1'200
320	Möslweidbach	0.104		500	900
321	innere Rotefluebach	0.041		200	400
322	Rotefluebach	0.051	200	300	500
325	Langnauerwaldbach	0.198		1'000	1'800
326	Näbdefluebach	0.173		900	1'600
327	Mülibach	1.608		8'000	14'500
330	Tribschwandebach	0.015		100	100
331	Ängelgrabeberglibach	0.043			400
332	Ängelgrabe	0.024		100	200
336	Usserchlisteibach	0.198		1'000	1'800
337	Badhusbach	0.357		1'800	3'200
359	Badtobelbach	0.833			7'500
361	Mäderslehnbach	0.187	600	900	1'700
251	Weierhusbach	0.133		700	1'200
328	Düütschebergbach	0.032	100	200	300

5 Liste der Verklausungswahrscheinlichkeiten an Brücken und Durchlässen

Erläuterung zur Kolonne „Szenario“:

1. Stelle: Szenario Q30
2. Stelle: Szenario Q100
3. Stelle: Szenario Q300
4. Stelle: Szenario EHQ

Zahlenwerte:

- 0: keine Verklausung
- 5: Verklausung mit 50% Wahrscheinlichkeit
- 1: Verklausung mit 100% Wahrscheinlichkeit

b = Breite, h = Höhe, P = Plattendicke, G = Geländerhöhe, A = Randsteinhöhe

Name Symbol	ID Bauwerk	Bautyp	Geometrie	Bemerkungen	Kapa- zität m ³ /s	Szenario
B-Bruecke	1001		b 28.0 h 4.0m	P 1.7 G 1.0 A 0.2	560.0	0555
B-Bruecke	1003	Holzbrücke_überdacht	b 28.3 h 4.4m	P+G 3.0 (Palisaden)	625.0	5511
B-Bruecke	1004		b 34.0 h 3.7m	P 1.8 G 1.0 A 0.2	630.0	0055
B-Bruecke	1005		b 26.8 h 4.5m	P 1.4 G 1.0	605.0	0055
B-Bruecke	1008		b 30.0 h 4.0m	P 1.3 G 1.1	600.0	0555
B-Bruecke	1012	Bogenbrücke (Beton)	b 33.0 hr 3.8m	P 0.85 G 1.0 Bogendicke 0.6	625.0	0555
B-Bruecke	1013		b 28.0 h 5.5m	P 1.9 G 1.3	770.0	0055
B-Bruecke	1015	Holzbrücke_überdacht	b 32.0 h 3.8m	P+G > 2.5m	610.0	5111
B-Bruecke	1017	Bogenbrücke (Beton)	b 32.0 hmax 3.9m	Prand 1.7 Pmitte 0.8 G 1.0	625.0	1111
B-Bruecke	1018		b 36.0 h 5.0m	P 0.5 G 1.1	900.0	0055
B-Bruecke	1019		b 36.0 h 5.0m	P+G 2.5	900.0	0055
B-Bruecke	1020		b 36.0 h 4.8m	P 1.0 G 1.0	865.0	0555
B-Bruecke	1021	Bogenbrücke (Beton)	b 36.0 hm 4.8m	Prand 2.1 Pmitte 1.4 G 1.0	865.0	1111
B-Rohrdurchl	45005		d 0.6m		0.6	1111
B-Rohrdurchl	62007	Durchlass	1.2		2.2	5511
B-Bruecke	67011	Brücke	b 2.5 h 1.1		16.8	5111
B-Rohrdurchl	8001	Eindolung_Anfang	0.3		0.2	1111
B-Rohrdurchl	83009	Durchlass	0.8		1.0	5111
B-Rohrdurchl	85003	Durchlass	1.0		1.6	0511
B-Rohrdurchl	85005	Durchlass	1.0		1.6	0555
B-Rohrdurchl	93001	Eindolung_Anfang	1.5		3.6	0551
B-Rohrdurchl	97003	Schacht	1.8		5.0	0051
B-Rohrdurchl	103006	Eindolung_Anfang	0.7		0.8	5111
B-Bruecke	105002	Bogenbrücke (Beton)	b 18.0m hmax 3.9m	P 0.8m G 1.0m	421.2	0005
B-Bruecke	105003		b 18.0m h 3.9m	P 1.8m	421.2	0005
B-Rohrdurchl	112001	Eindolung_Anfang	1.8		5.0	0551
B-Rohrdurchl	114001	Eindolung_Anfang	1.8		5.0	0551
B-Rechteck	115001		b 0.9 h 1.0m		1.8	5111
B-Bruecke	115002	Brücke	ca. 1.0 x 1.0m		6.0	0055
B-Rohrdurchl	116001	Eindolung_Anfang	1.8		5.0	0055
B-Rohrdurchl	120001	Durchlass	0.5		0.4	1111
B-Rohrdurchl	121001	Eindolung_Anfang	0.6		0.6	1111
B-Bruecke	127001	Brücke	b 2.7 h 1.3m		21.0	5511

ANHANG 2 – VERKLAUSUNGSWAHRSCHEINLICHKEITEN AN BRÜCKEN UND DURCHLÄSSEN

Name Symbol	ID Bauwerk	Bautyp	Geometrie	Bemerkungen	Kapa- zität m3/s	Szenario
B-Bruecke	127002	Brücke	b 3.5 h 1.4m		29.4	0551
B-Rohrdurchl	129002	Eindolung_Anfang	1.0		1.6	55
B-Rohrdurchl	129003		d 1.0m		1.6	5511
B-Rohrdurchl	132002	Durchlass	0.8		1.0	511
B-Rohrdurchl	133001	Durchlass	0.6		0.6	1111
B-Bruecke	135001		b 3.5 h 1.9m	P 0.7 G 1.0	40.2	511
B-Rohrdurchl	137001	Durchlass	1.0		1.6	1111
B-Rechteck	138001	Durchlass	b 1.6 h 0.5m		1.6	5111
B-Rohrdurchl	139001		d 1.0m		1.6	5511
B-Rohrdurchl	141001	Durchlass	0.5		0.4	5511
B-Rohrdurchl	141002	Durchlass	0.5		0.4	5511
B-Bruecke	143001		b 5.0 h 2.9m	P 0.5m G 1.0m	87.0	55
B-Bruecke	143002		b 5.0 h 2.9m	P 0.5m G 1.0m (direkt davor: Ueberfall 0.5m)	87.0	55
B-Bruecke	146001		b 3.0m h 1.5m	P 0.4m	27.0	551
B-Rohrdurchl	146002		d 1.3m		2.6	5111
B-Bruecke	153006	Trapezprofil	bm 3.8 h 1.7m	P 0.8 G 0.6 A 0.3	39.0	55
B-Rohrdurchl	157003		d 0.5m		0.4	5555
B-Rohrdurchl	157004		d 0.8m		1.0	5555
B-Rohrdurchl	160001		b 2.5m h 2.0m	P 1.2m (eifoermiges Profil)	10.0	5555
B-Rohrdurchl	160002		b 1.8m h 2.5m	P 1.7m (eifoermiges Profil)	9.0	5551
B-Rechteck	161001		b 1.1 h 1.2m		2.6	5511
B-Rohrdurchl	161002		d 1.0m		1.6	5511
B-Rechteck	163001		b 1.0 h 0.8m	P 0.2m	1.6	5511
B-Rechteck	167001		b 1.1 h 0.9m	P 0.6m	2.0	511
B-Rohrdurchl	170002		b 4.5 h 6.0m		54.0	55
B-Rohrdurchl	172001	Eindolung_Anfang	1.0		1.6	51

Kanton

Luzern

Gemeinden



Wolhusen, Werthenstein,
Ruswil, Malters, Littau, Emmen

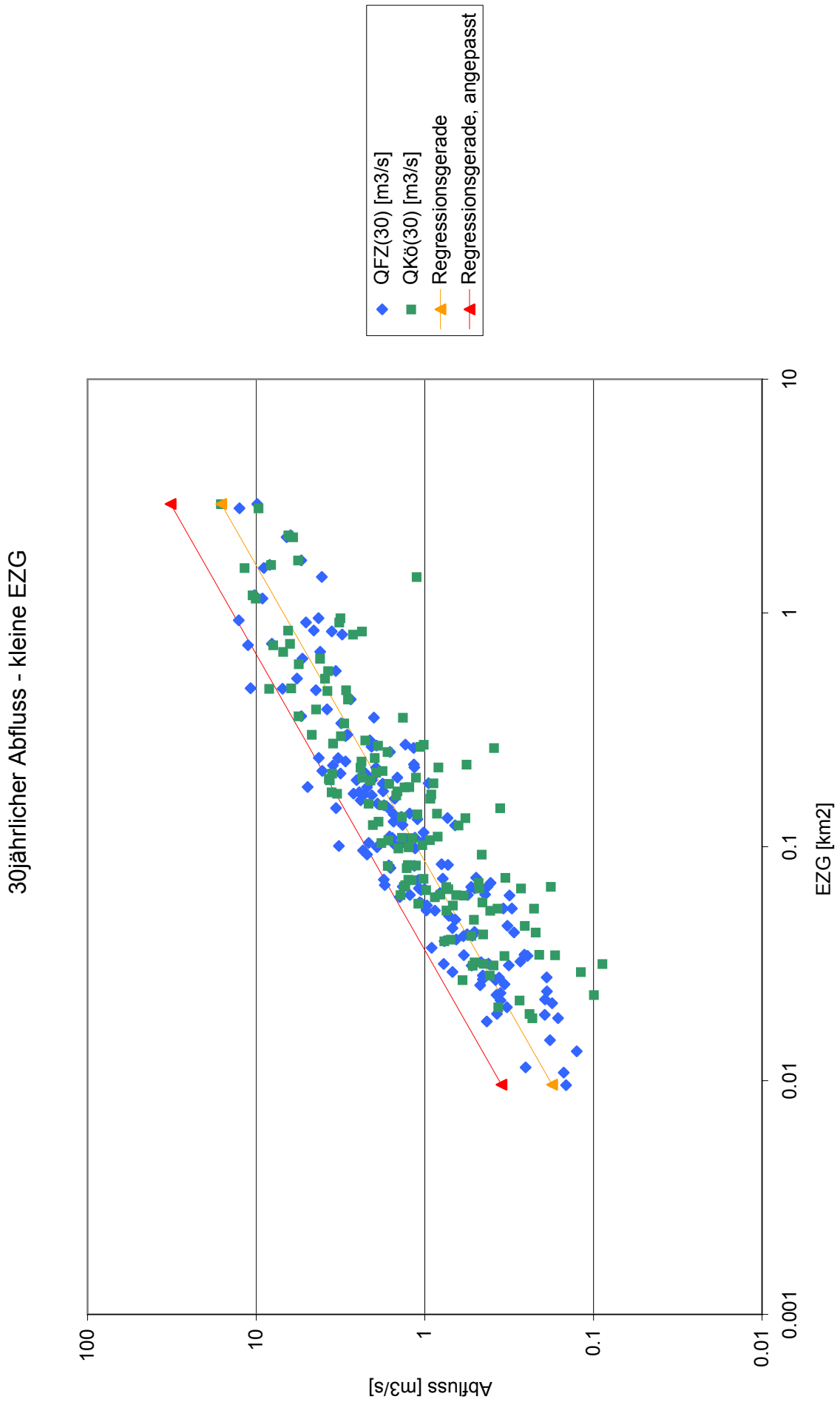
Integrale Gefahrenkarte Kleine Emme

Anhang 3 - Hydrologie

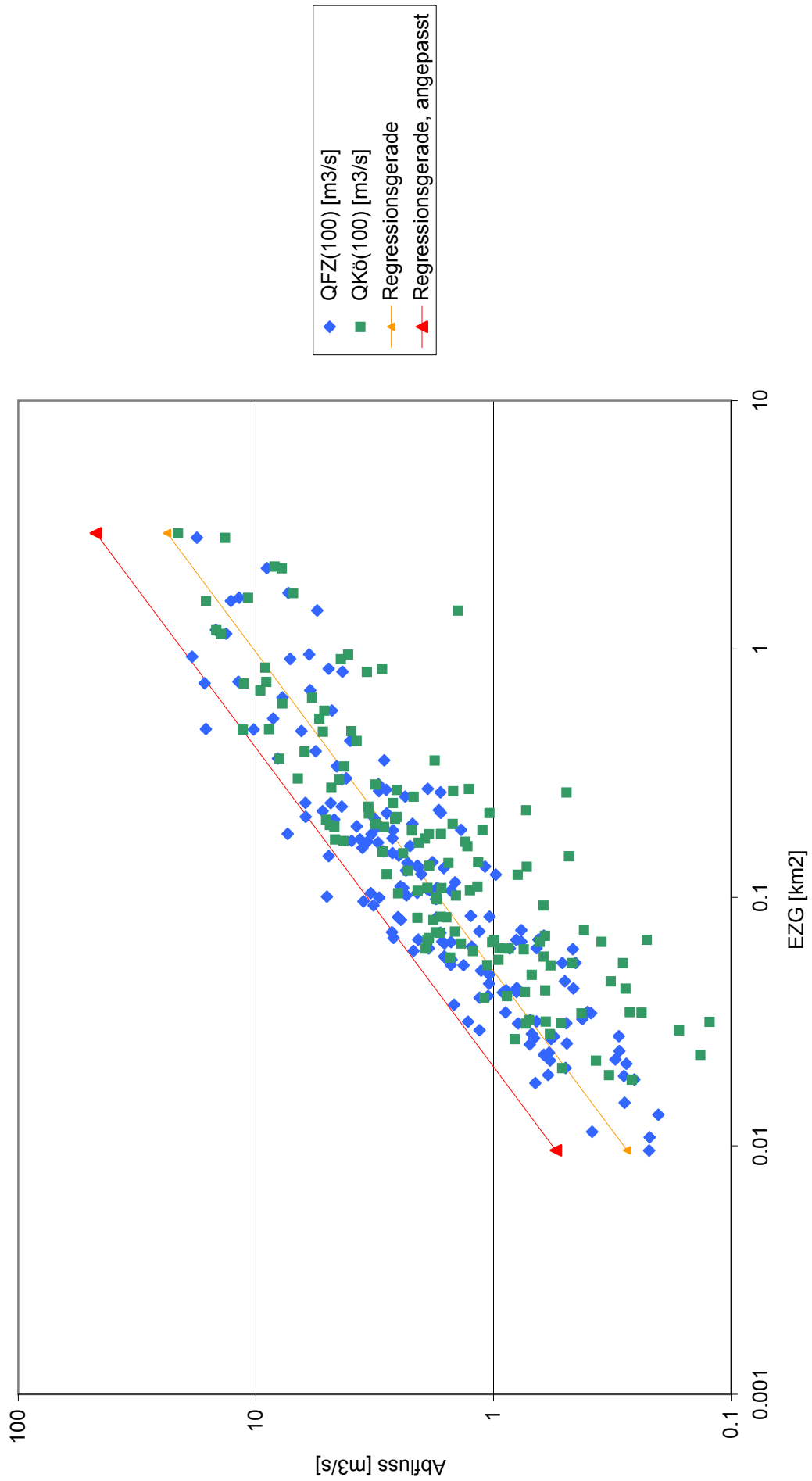
Projekt 21024

Projektleitung:	Trägerschaft:	Bericht genehmigt:
Dienststellen Kanton Luzern: Landwirtschaft und Wald (lawa) Verkehr und Infrastruktur (vif)	Gemeinden Wolhusen, Werthenstein, Ruswil, Malters, Littau, Emmen	

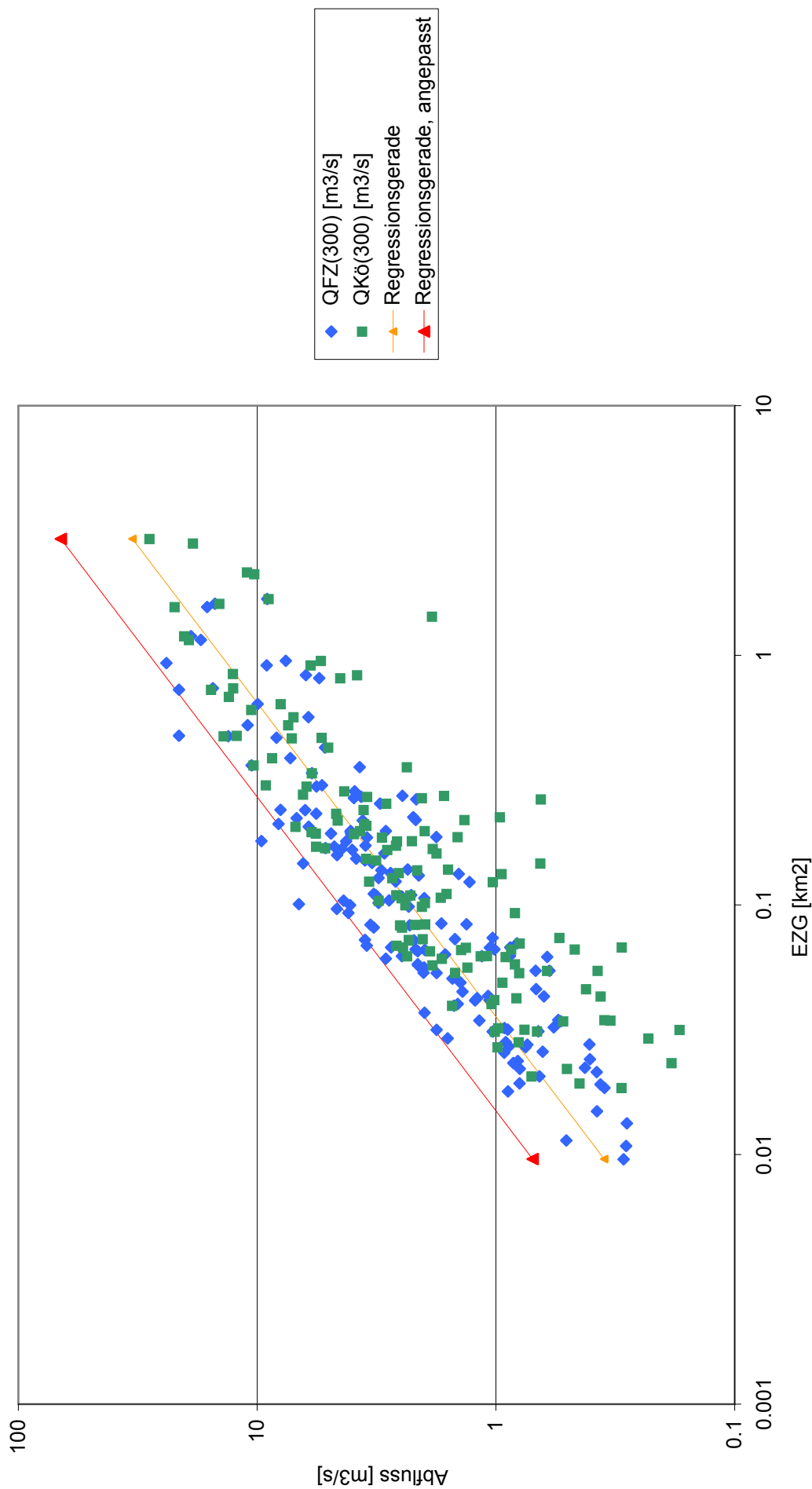
Projektbearbeitung:			
 Ingenieure Bart AG Waisenhausstrasse 15 9000 St.Gallen Fon 071 228 01 70 Fax 071 228 01 71 Email info@bart.ch		 Louis Ingenieurgeologie GmbH Postfach 143 6353 Weggis Fon 041 391 01 91 Fax 041 391 01 92 Email info@louis-weggis.ch	
Datum:	Autoren:	Kontrolliert:	Eingesehen:
Dezember 2006	sf, klm, pb, mr, us	cr / rb / klm	

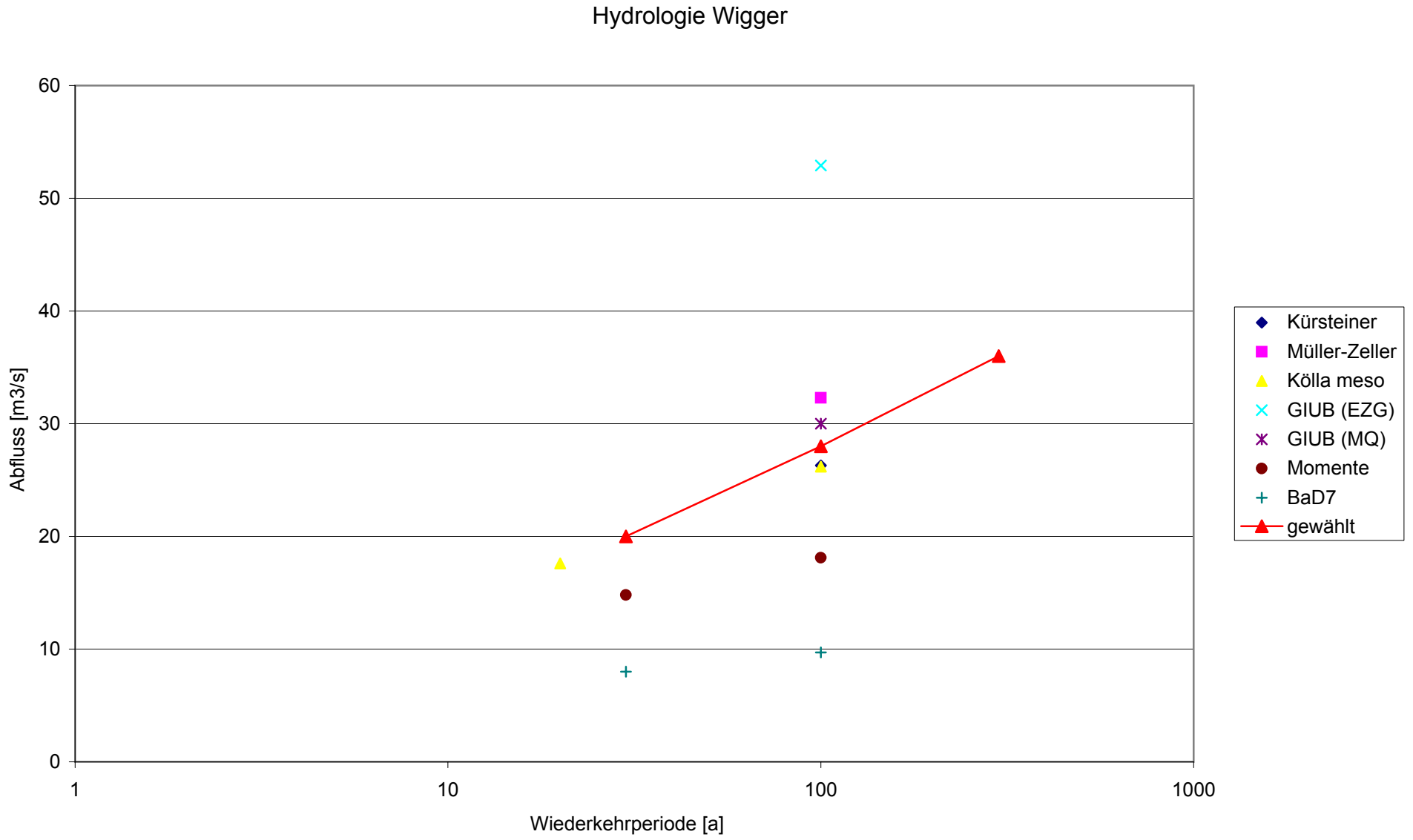


100jähriger Abfluss - kleine EZG

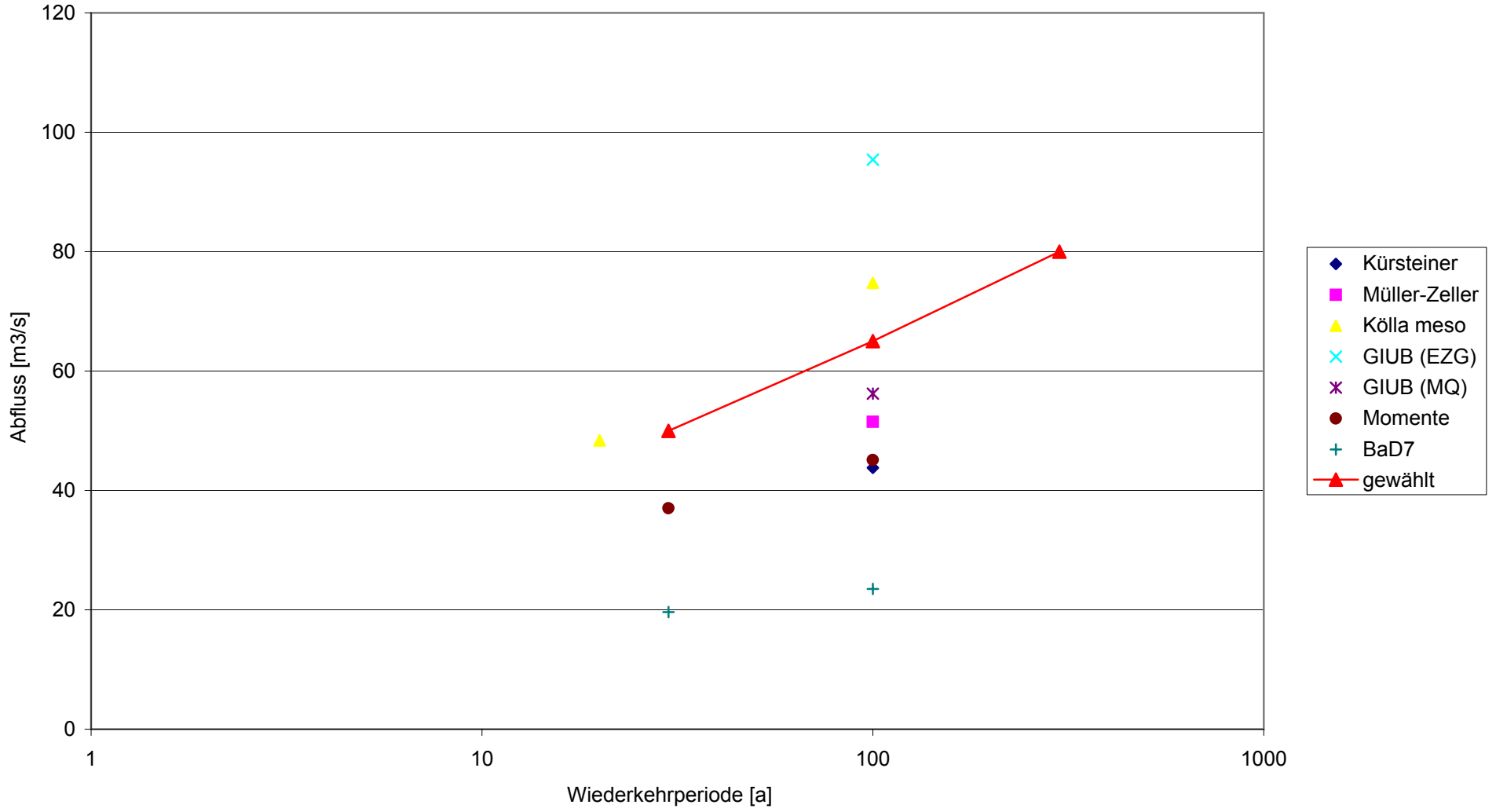


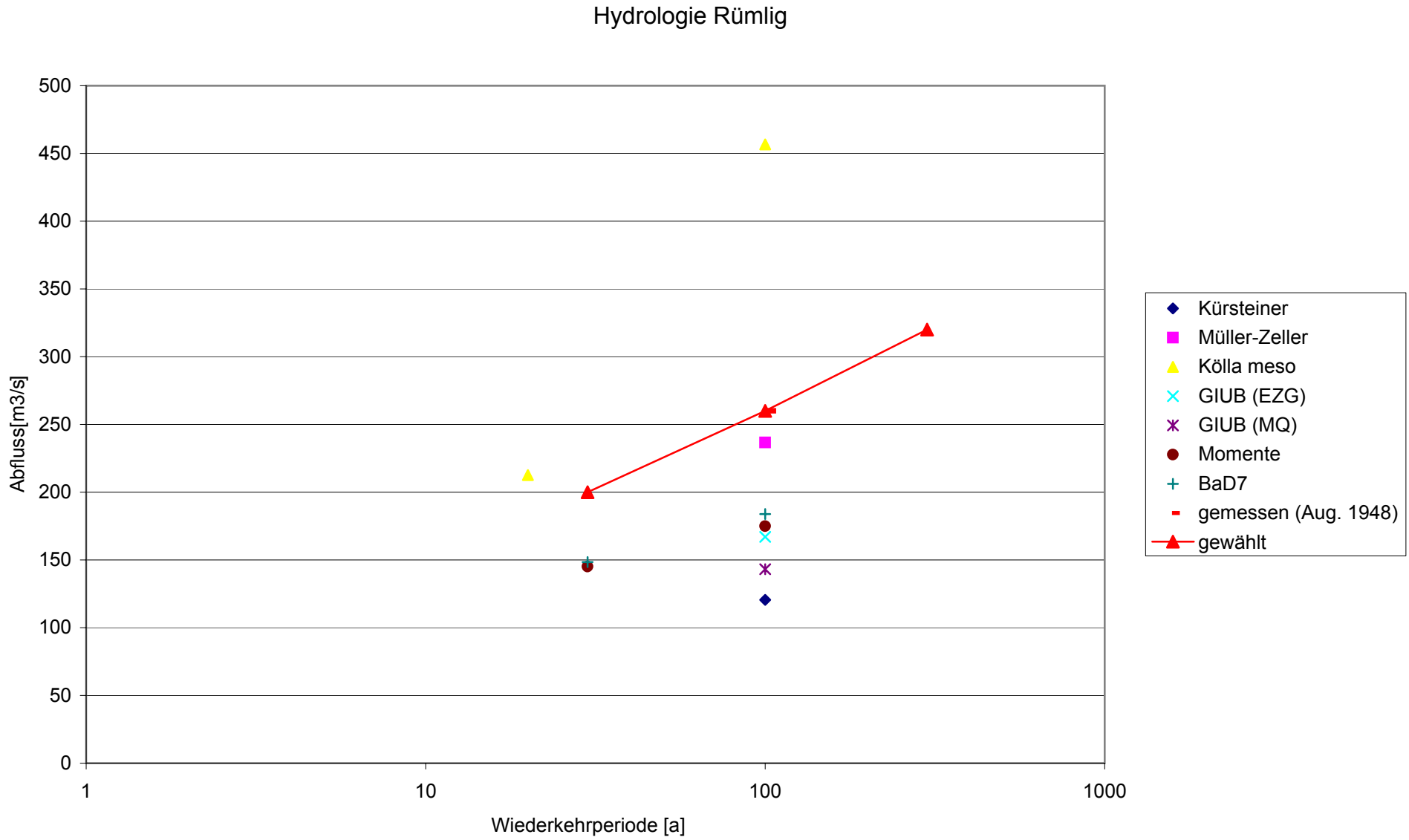
300jähriger Abfluss - kleine EZG

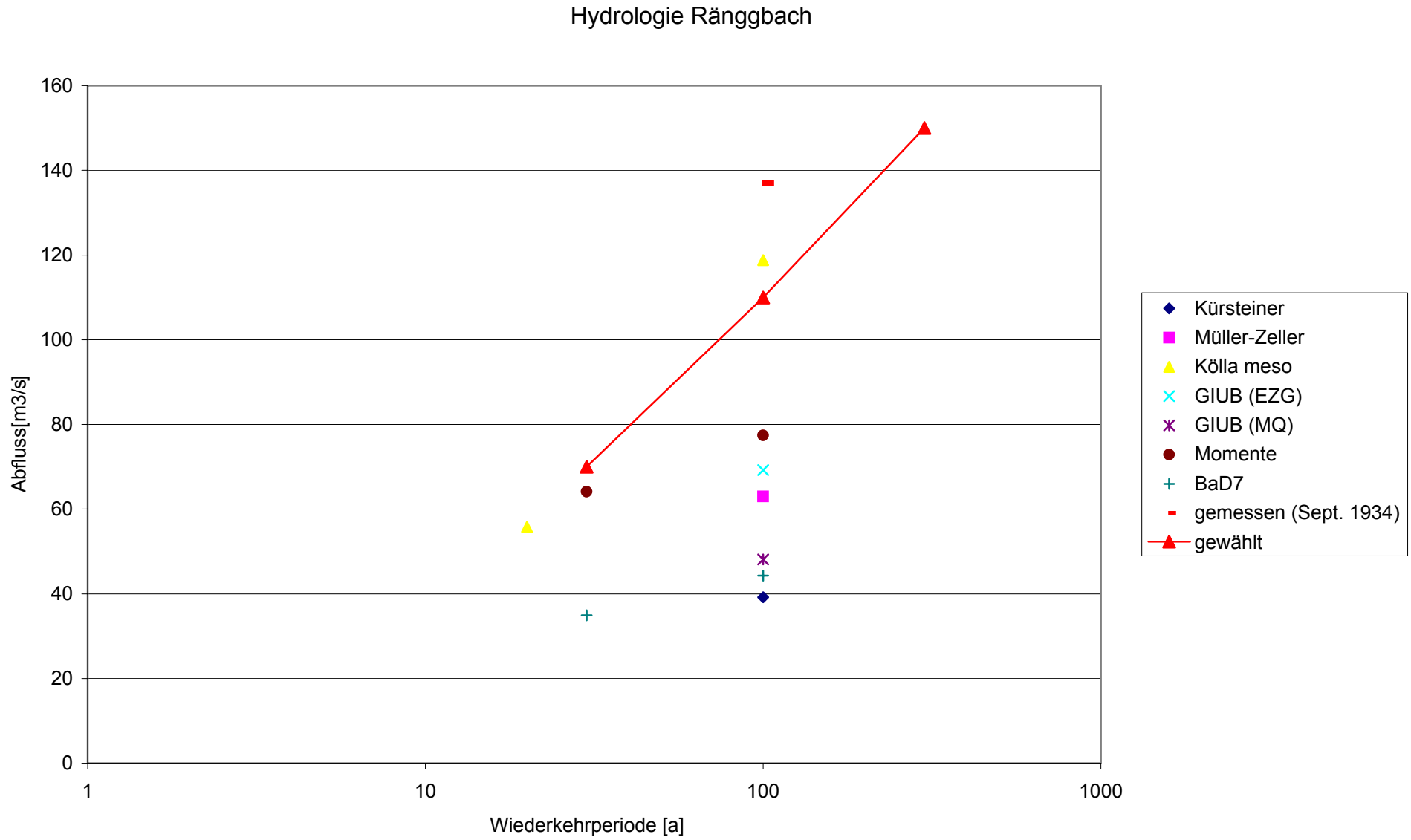




Hydrologie Bielbach







			EZG	HQ30	t P	HQ100	t P	HQ300	t P	EHQ	t P	Bemerkungen
Gefahrenquellennr.	Gewässername	Gemeinde	[km2]	[m3/s]	[h]	[m3/s]	[h]	[m3/s]	[h]	[m3/s]	[h]	
1	Kleine Emme	alle										
4	Rotewaldbach	lit	0.066	1.62	0.38	2.47	0.28	3.27	0.20	4.25	0.20	
11	Schooschäppelbach	emm	0.093	2.10	0.41	3.20	0.30	4.26	0.22	5.54	0.22	
14	Erlebach	emm	0.147	3.02	0.45	4.57	0.34	6.14	0.24	7.98	0.24	
15	Ämmweidbach Nord	emm	0.208	3.98	0.48	6.00	0.37	8.10	0.26	10.53	0.26	
18	Ämmweidbach Süd	emm	0.058	1.45	0.37	2.22	0.27	2.93	0.20	3.81	0.20	
19	Haldeweidbach	emm, lit	0.240	4.46	0.50	6.72	0.38	9.09	0.27	11.81	0.27	
20	Winzigebach	lit	0.084	1.94	0.40	2.96	0.30	3.93	0.22	5.11	0.22	
21	Winterbüelbach	lit	0.467	7.55	0.56	11.30	0.43	15.45	0.30	20.08	0.30	
22	Breitmattbach	lit	0.139	2.89	0.45	4.38	0.34	5.87	0.24	7.64	0.24	
23	Grudligebach	lit	0.911	12.78	0.62	19.00	0.48	26.26	0.34	34.14	0.34	
24	Bleikebach	lit, mal	0.277	4.99	0.51	7.51	0.39	10.18	0.28	13.23	0.28	
35	Rütibach	mal	0.565	8.76	0.58	13.09	0.44	17.95	0.31	23.34	0.31	
GQ36 Punkt 1: 3601	Fluckbächli	mal	0.010	0.36	0.20	0.56	0.13	0.72	0.11	0.94	0.11	zwei Quellen
GQ36 Punkt 1: 3602			0.010	0.36	0.20	0.56	0.13	0.72	0.11	0.94	0.11	
37	Gansensbach	mal	0.465	7.52	0.56	11.25	0.43	15.38	0.30	19.99	0.30	
38	Kelsigenbach	mal	0.604	9.25	0.58	13.80	0.45	18.95	0.32	24.63	0.32	
GQ39 Punkt 1: 3901	Bleimattbach	mal	0.026	0.76	0.29	1.17	0.20	1.53	0.15	1.99	0.15	drei Quellen
GQ39 Punkt 2: 3902			0.011	0.39	0.21	0.60	0.14	0.77	0.11	1.00	0.11	
GQ39 Punkt 3: 3903			0.031	0.89	0.31	1.36	0.22	1.79	0.16	2.32	0.16	
40	Buggenringerwaldbächli	mal	0.026	0.77	0.29	1.18	0.21	1.54	0.15	2.00	0.15	
41	Weidbächli	mal	0.011	0.40	0.21	0.62	0.14	0.80	0.11	1.04	0.11	
42	Buggenringerwaldbächli	mal	0.027	0.80	0.30	1.23	0.21	1.60	0.16	2.08	0.16	
43	Buggenringerwaldbächli	mal	0.115	2.49	0.43	3.79	0.32	5.06	0.23	6.58	0.23	
44	Feldmattbach Ost	mal	0.218	4.13	0.49	6.23	0.37	8.42	0.26	10.94	0.26	
45	Schachebach	lit	0.058	1.45	0.37	2.22	0.27	2.93	0.20	3.81	0.20	
46	Ränggbach	lit, mal	10.600	70.00	0.85	110.00	0.67	150.00	0.47	195.00	0.47	
47	Blattenbach	mal	0.069	1.66	0.38	2.53	0.28	3.36	0.21	4.36	0.21	
48	Brunnenhusbach West	mal	0.096	2.17	0.41	3.30	0.31	4.39	0.22	5.71	0.22	
49	Brunnenhusbach Ost	mal	0.101	2.25	0.42	3.41	0.31	4.55	0.22	5.92	0.22	
50	Paradisli	mal	0.013	0.45	0.23	0.69	0.15	0.89	0.12	1.16	0.12	
51	Stiereweidbach	mal	0.476	7.66	0.56	11.46	0.43	15.67	0.31	20.38	0.31	
52	Feldmattbach West	mal	0.525	8.27	0.57	12.36	0.44	16.93	0.31	22.01	0.31	
GQ 53 Punkt 1: 5301	Brunauerhofbach Ost	mal	0.053	1.36	0.36	2.08	0.26	2.74	0.19	3.57	0.19	zwei Quellen
GQ 53 Punkt 2: 5302			0.072	1.72	0.39	2.63	0.29	3.49	0.21	4.54	0.21	
54	Stegmättlibach	mal	0.728	10.72	0.60	15.97	0.46	21.99	0.33	28.58	0.33	
55	Brunauerhofbach West	mal	0.166	3.33	0.46	5.04	0.35	6.78	0.25	8.81	0.25	
56	Witentorbach	mal	0.682	10.17	0.59	15.17	0.46	20.86	0.32	27.12	0.32	
57	Eibach Ost	mal	0.638	9.65	0.59	14.40	0.45	19.79	0.32	25.72	0.32	
58	Lehnbächli	mal	0.028	0.82	0.30	1.26	0.21	1.65	0.16	2.15	0.16	

			EZG	HQ30	t P	HQ100	t P	HQ300	t P	EHQ	t P	Bemerkungen
Gefahrenquellennr.	Gewässername	Gemeinde	[km ²]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	
59	Haselholzbach	mal	0.474	7.64	0.56	11.43	0.43	15.63	0.30	20.32	0.30	
60	Fuchsmättlibach	mal	0.206	3.95	0.48	5.96	0.37	8.04	0.26	10.45	0.26	
61	Hofbach	mal	0.158	3.21	0.46	4.85	0.35	6.52	0.25	8.47	0.25	
62	Eibach West	mal	0.285	5.11	0.51	7.69	0.39	10.43	0.28	13.56	0.28	
63	Rütiwegenbach	mal	0.108	2.37	0.42	3.60	0.32	4.81	0.23	6.25	0.23	
64	Hofhaldenbächli	mal	0.168	3.36	0.46	5.08	0.35	6.83	0.25	8.88	0.25	
GQ70 Punkt 1: 6801	Dorfbach	mal	0.302	5.34	0.52	8.03	0.40	10.90	0.28	14.18	0.28	zwei Quellen
69	Oberkellerhofbächli	mal	0.073	1.74	0.39	2.66	0.29	3.52	0.21	4.58	0.21	
GQ70 Punkt 2: 7002	Dorfbach	mal	0.842	12.02	0.61	17.88	0.48	24.67	0.33	32.08	0.33	
71	Frohofbach	mal	0.211	4.03	0.49	6.08	0.37	8.21	0.26	10.67	0.26	
72	Luegetebach	mal	0.171	3.41	0.47	5.16	0.35	6.94	0.25	9.02	0.25	
GQ73 Punkt 1: 7301	Dangelbach	mal	0.223	4.20	0.49	6.34	0.37	8.56	0.27	11.13	0.27	vier Quellen
GQ73 Punkt 2: 7501		mal	0.068	1.64	0.38	2.50	0.28	3.31	0.20	4.31	0.20	
GQ73 Punkt 3: 7601		mal	0.053	1.36	0.36	2.08	0.26	2.75	0.19	3.58	0.19	
GQ73 Punkt 4: 7701		mal	0.362	6.17	0.54	9.26	0.41	12.60	0.29	16.38	0.29	
GQ80 Punkt 1: 8001	Neumattbach	mal	0.337	5.83	0.53	8.76	0.40	11.91	0.29	15.49	0.29	drei Quellen
GQ80 Punkt 2: 8002		mal	1.152	15.40	0.64	22.83	0.50	31.67	0.35	41.18	0.35	
GQ80 Punkt 3: 78 & 79		mal	0.685	11.79	0.59	17.70	0.46	24.08	0.32	31.30	0.32	
81	Chesselbach	mal	2.808	31.12	0.72	45.72	0.57	64.35	0.40	83.65	0.40	
82	Haldenbach Ost	mal	0.081	1.89	0.40	2.88	0.29	3.83	0.21	4.98	0.21	
83	Haldenbach Mitte	mal	0.061	1.51	0.37	2.31	0.27	3.05	0.20	3.97	0.20	
84	Haldenbach West 1	mal	0.027	0.79	0.29	1.22	0.21	1.59	0.16	2.07	0.16	
85	Haldenbach West	mal	0.010	0.35	0.20	0.54	0.13	0.70	0.10	0.91	0.10	
GQ87 Punkt 1: 8601		mal	0.034	0.96	0.32	1.48	0.23	1.94	0.17	2.52	0.17	zwei Quellen
GQ87 Punkt 2: 8701	Sigristhaldenbach	mal	0.057	1.44	0.36	2.20	0.27	2.90	0.20	3.78	0.20	
88	Haldenhüslibach	mal	0.083	1.93	0.40	2.95	0.30	3.92	0.22	5.09	0.22	
89	Schlenggenbach	mal	0.045	1.19	0.34	1.82	0.25	2.39	0.18	3.11	0.18	
90	Urnishaldenbach	mal	0.083	1.93	0.40	2.93	0.30	3.90	0.21	5.07	0.21	
91	Rütihaldenbach	mal	0.111	2.42	0.43	3.67	0.32	4.91	0.23	6.38	0.23	
92	Rütihaldenbach 2	mal	0.056	1.42	0.36	2.17	0.27	2.86	0.19	3.72	0.19	
93	Hirzlihaldenbach	mal	0.100	2.23	0.42	3.39	0.31	4.52	0.22	5.87	0.22	
94	Mettlenhaldenbach	mal	0.124	2.65	0.44	4.02	0.33	5.38	0.24	6.99	0.24	
95	Löchlhaldenbach Ost	mal	0.028	0.81	0.30	1.24	0.21	1.62	0.16	2.11	0.16	
96	Löchlhaldenbach West	mal	0.109	2.39	0.42	3.64	0.32	4.86	0.23	6.31	0.23	
97	Steinhaldenbach	mal	0.132	2.78	0.44	4.22	0.33	5.65	0.24	7.34	0.24	
98	Buchhaldenbach West	mal	0.110	2.40	0.42	3.64	0.32	4.87	0.23	6.33	0.23	
99	Buchhaldenbach Ost	mal	0.138	2.88	0.45	4.36	0.34	5.84	0.24	7.60	0.24	
100	Ennigerbach	mal	0.268	4.86	0.51	7.32	0.39	9.91	0.28	12.89	0.28	
102	Schönenbodenbach	mal	0.161	3.25	0.46	4.92	0.35	6.61	0.25	8.59	0.25	
103	Vorderstegenhaldenbach	mal	0.063	1.56	0.37	2.38	0.28	3.15	0.20	4.09	0.20	

			EZG	HQ30	t P	HQ100	t P	HQ300	t P	EHQ	t P	Bemerkungen
Gefahrenquellennr.	Gewässername	Gemeinde	[km ²]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	
104	Tschäpperslehnbach	mal	0.192	3.74	0.48	5.65	0.36	7.62	0.26	9.91	0.26	
105	Rümlig	mal, wer	41.100	200.00	0.97	260.00	0.78	320.00	0.54	420.00	0.54	
106	Hitzrütibach	wer	0.134	2.82	0.44	4.27	0.33	5.73	0.24	7.44	0.24	
GQ107 Punkt 1: 10701		wer	0.107	2.35	0.42	3.57	0.32	4.76	0.23	6.19	0.23	
GQ107 Punkt 2: 108		wer	0.022	0.68	0.28	1.04	0.19	1.36	0.15	1.76	0.15	
GQ109 Punkt 1: 10901		wer	0.271	4.90	0.51	7.38	0.39	10.00	0.28	13.00	0.28	
GQ109 Punkt 2: 11001		wer	0.040	1.08	0.33	1.67	0.24	2.19	0.18	2.84	0.18	
111	Schlieferhüslibach	mal	0.153	3.13	0.46	4.73	0.34	6.36	0.25	8.26	0.25	
112	Chesslerhüslibach	mal	0.147	3.03	0.45	4.59	0.34	6.16	0.24	8.01	0.24	
113	Chuderhüslibach	mal	0.186	3.65	0.47	5.51	0.36	7.42	0.26	9.65	0.26	
114	Steiglenbach	mal	0.151	3.09	0.45	4.67	0.34	6.27	0.25	8.16	0.25	
115	Muffenhusbach	mal, rus	0.128	2.72	0.44	4.12	0.33	5.51	0.24	7.17	0.24	
116	Hasehusbach	rus	0.107	2.35	0.42	3.58	0.32	4.77	0.23	6.21	0.23	
117	Egglibach	rus	0.049	1.27	0.35	1.94	0.25	2.56	0.19	3.33	0.19	
GQ120 Punkt 3: 12001	Mittlerlangnaubach	wer	0.104	2.31	0.42	3.51	0.31	4.68	0.23	6.08	0.23	drei Quellen
GQ120 Punkt 1: 12101			0.041	1.11	0.33	1.71	0.24	2.25	0.18	2.92	0.18	
GQ120 Punkt 2: 12201			0.051	1.31	0.35	2.00	0.26	2.64	0.19	3.43	0.19	
123	Bärenweidbach	rus	0.042	1.13	0.34	1.74	0.24	2.28	0.18	2.97	0.18	
124	Hasenwaldbach	rus	0.098	2.20	0.41	3.35	0.31	4.47	0.22	5.81	0.22	
125	Hinterlangnaubach	wer	0.198	3.83	0.48	5.78	0.36	7.79	0.26	10.13	0.26	
126	Näbdefluebach	rus	0.173	3.44	0.47	5.20	0.35	6.99	0.25	9.09	0.25	
127	Schofgrabebach	wer	1.608	20.03	0.67	29.61	0.53	41.29	0.37	53.68	0.37	
128	Dütschebergbach	wer	0.032	0.90	0.31	1.38	0.22	1.81	0.16	2.36	0.16	
129	Vorderlangnaubach	rus	0.131	2.77	0.44	4.19	0.33	5.62	0.24	7.30	0.24	
GQ130: Punkt 1	Tribschwandebächli	wer	0.067	1.63	0.38	2.50	0.28	3.31	0.20	4.30	0.20	zwei Quellen
GQ130: Punkt 2			0.015	0.50	0.24	0.77	0.16	1.00	0.13	1.29	0.13	
13101	Tribschwandebächli Ost	wer	0.043	1.15	0.34	1.76	0.25	2.32	0.18	3.02	0.18	
GQ132: Punkt 1			0.024	0.72	0.28	1.11	0.20	1.44	0.15	1.87	0.15	
GQ132: Punkt 2			0.427	7.03	0.55	10.53	0.42	14.37	0.30	18.69	0.30	
13301			0.062	1.54	0.37	2.35	0.27	3.11	0.20	4.04	0.20	
13401			0.031	0.89	0.31	1.37	0.22	1.79	0.16	2.32	0.16	
13501			2.924	32.12	0.73	47.18	0.57	66.44	0.40	86.38	0.40	
13601			0.198	3.82	0.48	5.78	0.36	7.79	0.26	10.12	0.26	
13701			0.357	6.09	0.53	9.15	0.41	12.45	0.29	16.19	0.29	
13801			0.084	1.95	0.40	2.97	0.30	3.95	0.22	5.14	0.22	
13901			0.255	4.67	0.50	7.04	0.38	9.52	0.27	12.38	0.27	
14001			0.032	0.91	0.31	1.41	0.22	1.84	0.17	2.39	0.17	
14101			0.066	1.61	0.38	2.47	0.28	3.27	0.20	4.25	0.20	
14201			0.063	1.54	0.37	2.35	0.27	3.11	0.20	4.05	0.20	
143: Bielbach			22.700	50.00	0.92	65.00	0.73	80.00	0.50	105.00	0.50	

			EZG	HQ30	t P	HQ100	t P	HQ300	t P	EHQ	t P	Bemerkungen
Gefahrenquellennr.	Gewässername	Gemeinde	[km ²]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]	[h]	
14401			2.148	25.18	0.70	37.10	0.55	51.99	0.38	67.58	0.38	
14501			0.225	4.23	0.49	6.38	0.37	8.62	0.27	11.21	0.27	
14601			1.428	18.24	0.66	26.99	0.52	37.56	0.36	48.83	0.36	
14701			0.035	0.96	0.32	1.48	0.23	1.94	0.17	2.53	0.17	
14801			0.070	1.69	0.38	2.57	0.28	3.41	0.21	4.44	0.21	
14901			0.265	4.82	0.51	7.26	0.39	9.83	0.27	12.78	0.27	
15001			0.034	0.96	0.32	1.47	0.23	1.93	0.17	2.50	0.17	
15202			0.054	1.38	0.36	2.11	0.26	2.79	0.19	3.63	0.19	
153: Wigger			7.600	20.00	0.82	28.00	0.65	36.00	0.45	47.00	0.45	
15401			0.074	1.76	0.39	2.68	0.29	3.55	0.21	4.62	0.21	
15501			0.273	4.94	0.51	7.43	0.39	10.08	0.28	13.10	0.28	
15601			1.681	20.74	0.68	30.64	0.53	42.77	0.37	55.60	0.37	
15703			0.133	2.79	0.44	4.24	0.33	5.68	0.24	7.38	0.24	
15801			0.028	0.81	0.30	1.24	0.21	1.63	0.16	2.11	0.16	
15901			0.833	11.92	0.61	17.73	0.48	24.47	0.33	31.81	0.33	
16001			0.809	11.64	0.61	17.32	0.47	23.90	0.33	31.06	0.33	
16101			0.187	3.66	0.47	5.53	0.36	7.45	0.26	9.69	0.26	
16201			0.013	0.45	0.23	0.71	0.15	0.91	0.12	1.18	0.12	
16301			0.219	4.15	0.49	6.25	0.37	8.45	0.26	10.98	0.26	
16401			0.123	2.64	0.44	4.00	0.33	5.35	0.24	6.96	0.24	
16501			0.949	13.21	0.62	19.63	0.49	27.15	0.34	35.29	0.34	
16601			0.046	1.21	0.34	1.85	0.25	2.44	0.18	3.17	0.18	
16701			0.062	1.53	0.37	2.34	0.27	3.09	0.20	4.02	0.20	
16801			0.024	0.73	0.28	1.12	0.20	1.46	0.15	1.90	0.15	
16901			0.019	0.59	0.26	0.91	0.18	1.18	0.14	1.54	0.14	
17001			2.113	24.85	0.70	36.62	0.55	51.31	0.38	66.70	0.38	
171	Hinterstegenhaldenbach	mal	0.029	0.84	0.30	1.30	0.21	1.70	0.16	2.21	0.16	
172	Oberschlieferhüslibach	mal	0.032	0.90	0.31	1.38	0.22	1.81	0.16	2.35	0.16	

Jahresmaxima Kleine Emme

Messstation Nr. 944

Kleine Emme - Littau, Reussbühl

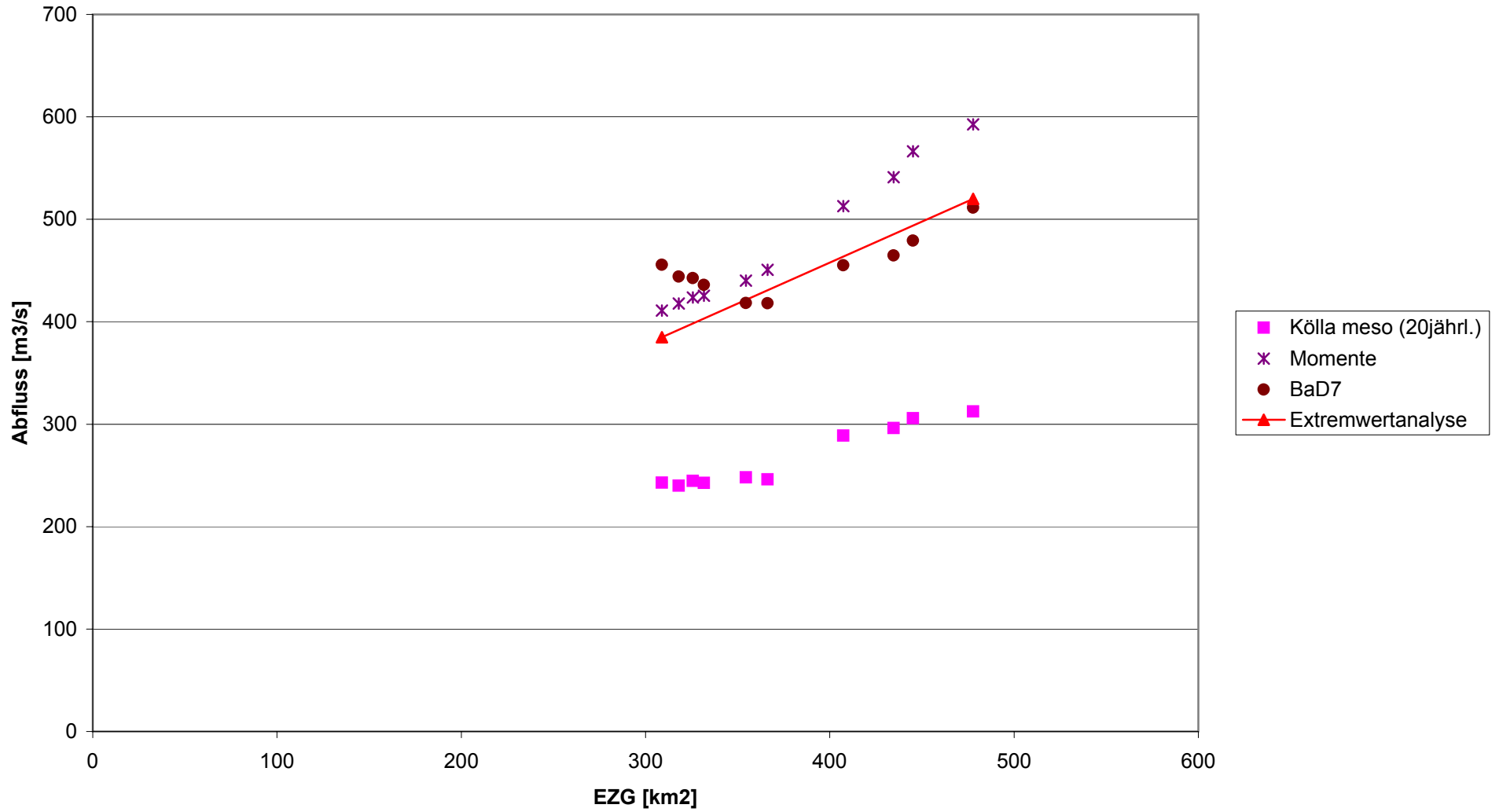
Rang	Jahr	Maximum [m ³ /s]	Datum
1	2003	135	06.06.2003
2	1998	160	10.11.1998
3	1989	230	10.07.1989
4	1979	240	17.06.1979
5	1982	257.5	25.07.1982
6	1991	260	22.12.1991
7	1980	270	05.02.1980
8	1986	270	04.06.1986
9	1988	270	10.10.1988
10	1987	280	19.12.1987
11	1992	280	21.07.1992
12	1995	290	26.12.1995
13	1981	295	19.07.1981
14	1985	295	15.06.1985
15	1993	300	11.07.1993
16	1996	300	02.08.1996
17	1999	340	13.05.1999
18	2004	343	02.06.2004
19	2001	350	16.07.2001
20	1994	370	19.05.1994
21	1983	380	27.11.1983
22	2000	380	06.08.2000
23	1990	430	25.05.1990
24	1978	470	08.08.1978
25	1997	500	12.06.1997
26	1984	535	10.08.1984
27	2002	570	16.07.2002
28	2005	650	22.08.2005

Messstation Nr. 1152

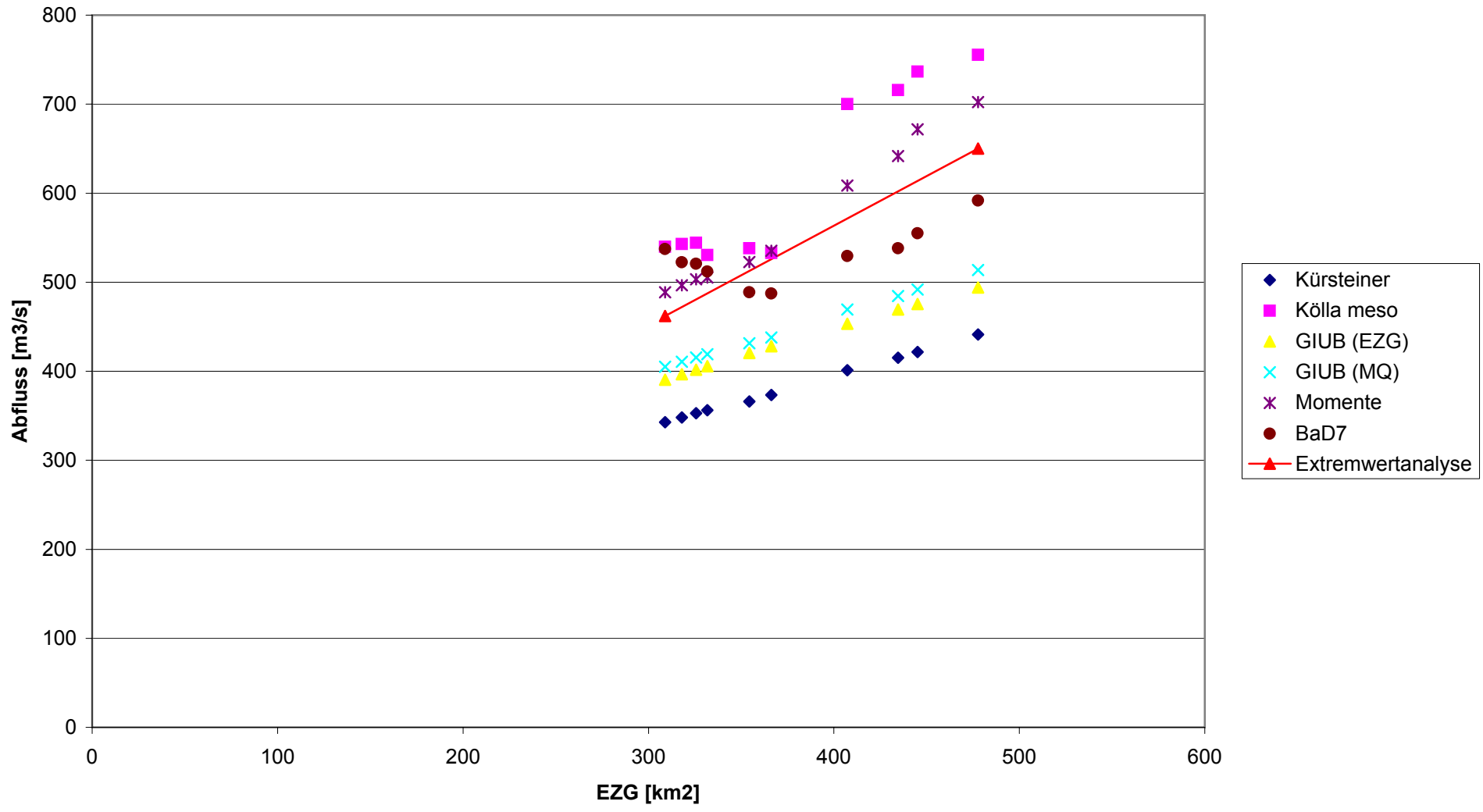
Kleine Emme - Werthenstein, Chappelboden

Rang	Jahr	Maximum [m ³ /s]	Datum
1	1998	120	23.08.1998
2	2003	120	06.06.2003
3	1999	155	12.05.1999
4	1989	157.5	10.07.1989
5	1985	160	15.06.1985
6	1986	175	04.06.1986
7	1993	175	11.07.1993
8	1995	175	26.12.1995
9	1991	180	22.12.1991
10	1988	195	10.10.1988
11	2001	195	16.07.2001
12	1994	200	19.05.1994
13	1987	205	19.12.1987
14	1990	205	25.05.1990
15	1992	215	21.07.1992
16	2000	220	06.08.2000
17	1996	225	02.08.1996
18	2004	266	02.06.2004
19	1997	340	12.06.1997
20	2002	400	16.07.2002
21	2005	470	22.08.2005

Abfluss Kleine Emme, 30jährlich



Abfluss Kleine Emme, 100jährlich



Gewässername: Kleine Emme
 Pegelname: Littau
 Beobachtungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der Fehljahre: 0
 Berechnungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der berücksichtigten Jahres-HQ: 98

Abfluß [m3/s]

Verteilungs- funktion	Schätz- methode	Wiederkehrintervalle [Jahre]									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
E1	MM	276.	360.	416.	470.	487.	539.	591.	643.	711.	763.
	MLM	276.	364.	422.	478.	495.	550.	604.	657.	728.	782.
	WGM	276.	359.	415.	468.	484.	536.	588.	639.	706.	757.
AE	MM	276.	361.	417.	469.	486.	537.	588.	638.	703.	752.
	MLM	278.	363.	418.	469.	485.	534.	582.	629.	689.	733.
	WGM	277.	361.	415.	465.	481.	529.	577.	623.	682.	726.
ME	MLM	277.	363.	421.	476.	494.	548.	601.	654.	725.	778.
LN3	MM	276.	361.	417.	469.	486.	537.	588.	639.	706.	758.
	MLM	279.	363.	415.	463.	478.	524.	568.	612.	669.	712.
	WGM	277.	361.	414.	464.	480.	528.	575.	622.	684.	731.
P3	MM	273.	362.	420.	474.	491.	542.	592.	640.	703.	750.
	MLM	280.	364.	416.	462.	476.	519.	559.	597.	647.	683.
	WGM	277.	363.	416.	465.	480.	525.	568.	610.	664.	704.
WB3	MM	272.	364.	422.	475.	491.	539.	585.	628.	683.	722.
	MLM	279.	368.	419.	461.	474.	511.	544.	575.	612.	639.
	WGM	279.	366.	417.	460.	473.	511.	546.	579.	619.	648.

Gewässername: Kleine Emme
 Pegelname: Littau
 Beobachtungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der Fehljahre: 0
 Berechnungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der berücksichtigten Jahres-HQ: 98

Abfluß [m3/s]

Verteilungs- funktion	Schätz- methode	Wiederkehrintervalle [Jahre]									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
E1	MM	276.	363.	421.	476.	494.	548.	602.	655.	726.	779.
	MLM	277.	365.	423.	479.	497.	552.	606.	660.	731.	785.
	WGM	276.	361.	417.	471.	488.	541.	593.	645.	713.	765.
AE	MM	274.	360.	419.	477.	495.	554.	614.	675.	758.	823.
	MLM	277.	364.	421.	476.	493.	546.	599.	651.	719.	770.
	WGM	277.	362.	417.	470.	487.	539.	590.	641.	707.	757.
ME	MLM	277.	364.	422.	478.	495.	550.	603.	657.	728.	781.
LN3	MM	273.	361.	420.	478.	496.	554.	613.	673.	754.	817.
	MLM	278.	364.	418.	468.	484.	532.	579.	625.	686.	732.
	WGM	277.	362.	417.	470.	486.	537.	587.	638.	705.	756.
P3	MM	269.	361.	424.	484.	504.	562.	620.	676.	750.	805.
	MLM	280.	366.	419.	467.	482.	526.	568.	608.	660.	697.
	WGM	277.	364.	419.	470.	486.	533.	579.	623.	680.	723.
WB3	MM	268.	363.	426.	486.	504.	560.	613.	665.	731.	779.
	MLM	282.	375.	427.	472.	485.	524.	559.	592.	632.	660.
	WGM	279.	368.	420.	465.	479.	519.	556.	590.	633.	663.

Diagramm der Verteilungsfunktionen

LITTAU.HQR
28.12.106 16:48

Gewässername: Kleine Emme
 Pegelname: Littau
 Beobachtungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der Fehljahre: 0
 Berechnungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der berücksichtigten Jahres-HQ: 98
 Einzugsgebiet [km²]: 478.0

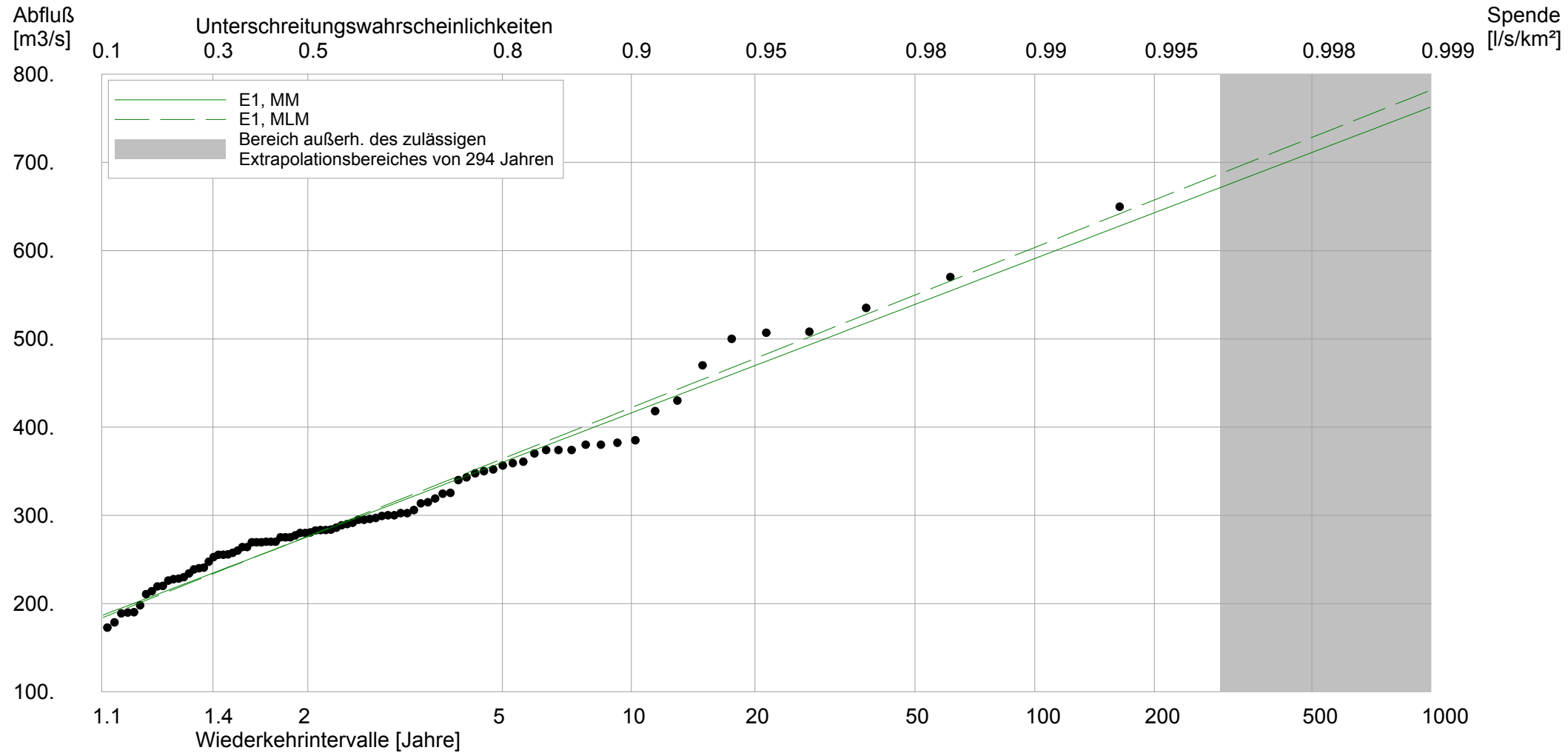
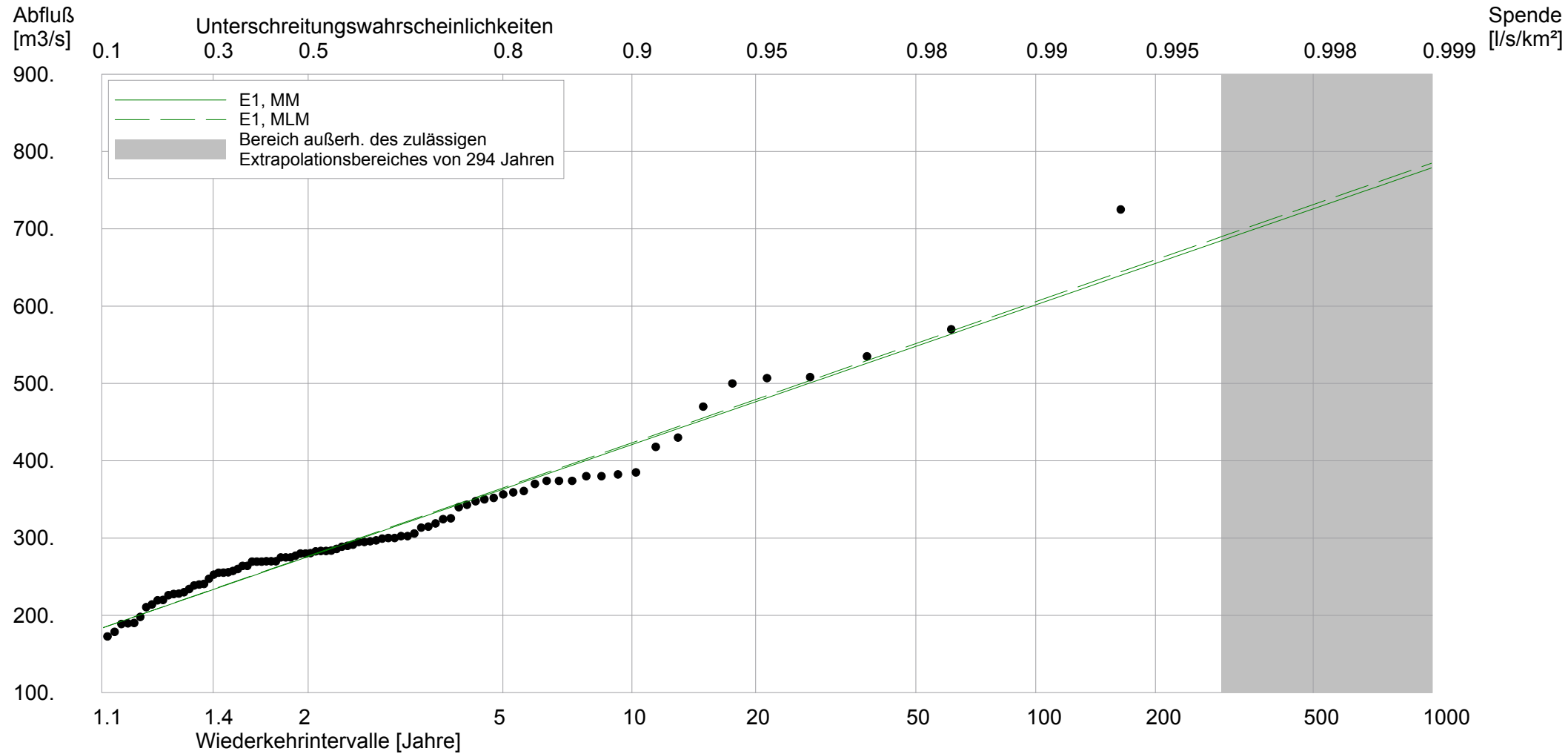


Diagramm der Verteilungsfunktionen

LITTAU.HQR
28.12.106 16:50

Gewässername: Kleine Emme
 Pegelname: Littau
 Beobachtungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der Fehljahre: 0
 Berechnungszeitraum: 1908 - 2005 Anzahl der berücksichtigten Jahres-HQ: 98
 Einzugsgebiet [km²]: 478.0



Jahresmaxima Kleine Emme

Verlängerte Messreihe, Station Littau (944)

Rang	Jahr	Maximum m3/S	Werte in kurzer Reihe enthalten	Die 28 höchsten Werte
1	1911	107.73		
2	2003	135		
3	1913	154.014		
4	1974	159.5		
5	1998	160		
6	1943	162.8		
7	1949	162.8		
8	1925	166.25		
9	1929	167.58		
10	1941	171.6		
11	1909	172.767		
12	1952	178.75		
13	1926	188.86		
14	1959	189.75		
15	1933	190.19		
16	1969	198		
17	1919	210.672		
18	1922	214.13		
19	1914	219.45		
20	1976	220		
21	1924	226.1		
22	1942	227.7		
23	1966	228.25		
24	1989	230		
25	1927	234.08		
26	1947	238.7		
27	1979	240		
28	1921	240.73		
29	1934	247.38		
30	1928	252.7		
31	1948	255.2		
32	1923	255.36		
33	1970	255.75		
34	1982	257.5		
35	1991	260		
36	1960	264		
37	1963	264		
38	1967	269.5		
39	1972	269.5		
40	1975	269.5		
41	1980	270		
42	1986	270		
43	1988	270		
44	1937	275		
45	1962	275		
46	1964	275		
47	1945	277.2		
48	1987	280		
49	1992	280		
50	1965	280.5		
51	1908	282.758		
52	1973	283.25		

Rang	Jahr	Maximum m3/S	Werte in kurzer Reihe enthalten	Die 28 höchsten Werte
53	1930	283.29		
54	1946	283.8		
55	1931	285.95		
56	1939	288.75		
57	1995	290		
58	1961	291.5		
59	1981	295		
60	1985	295		
61	1956	295.9		
62	1915	296.989		
63	1920	299.25		
64	1993	300		
65	1996	300		
66	1971	302.5		
67	1977	302.5		
68	1935	305.9		
69	1968	313.5		
70	1916	314.811		
71	1955	319		
72	1951	324.5		
73	1918	325.451		
74	1999	340		
75	2004	343		
76	1950	347.6		
77	2001	350		
78	1958	352		
79	1944	356.4		
80	1932	359.1		
81	1940	360.8		
82	1994	370		
83	1936	374		
84	1938	374		
85	1957	374		
86	1983	380		
87	2000	380		
88	1917	382.242		
89	1953	385		
90	1954	418		
91	1990	430		
92	1978	470		
93	1997	500		
94	1912	506.863		
95	1910	508.06		
96	1984	535		
97	2002	570		
98	2005	760		
Anzahl der Abflüsse, aus der kurzen Reihe (28 Jahre), die in den 28 grössten Abflüssen vorkommen			12	
Anzahl der Abflüsse, aus der kurzen Reihe (28 Jahre), die in den 70 kleinsten Abflüssen vorkommen			16	



Anhang 4
Schadenspotenzial im Vergleich mit der Besiedelung von 1954

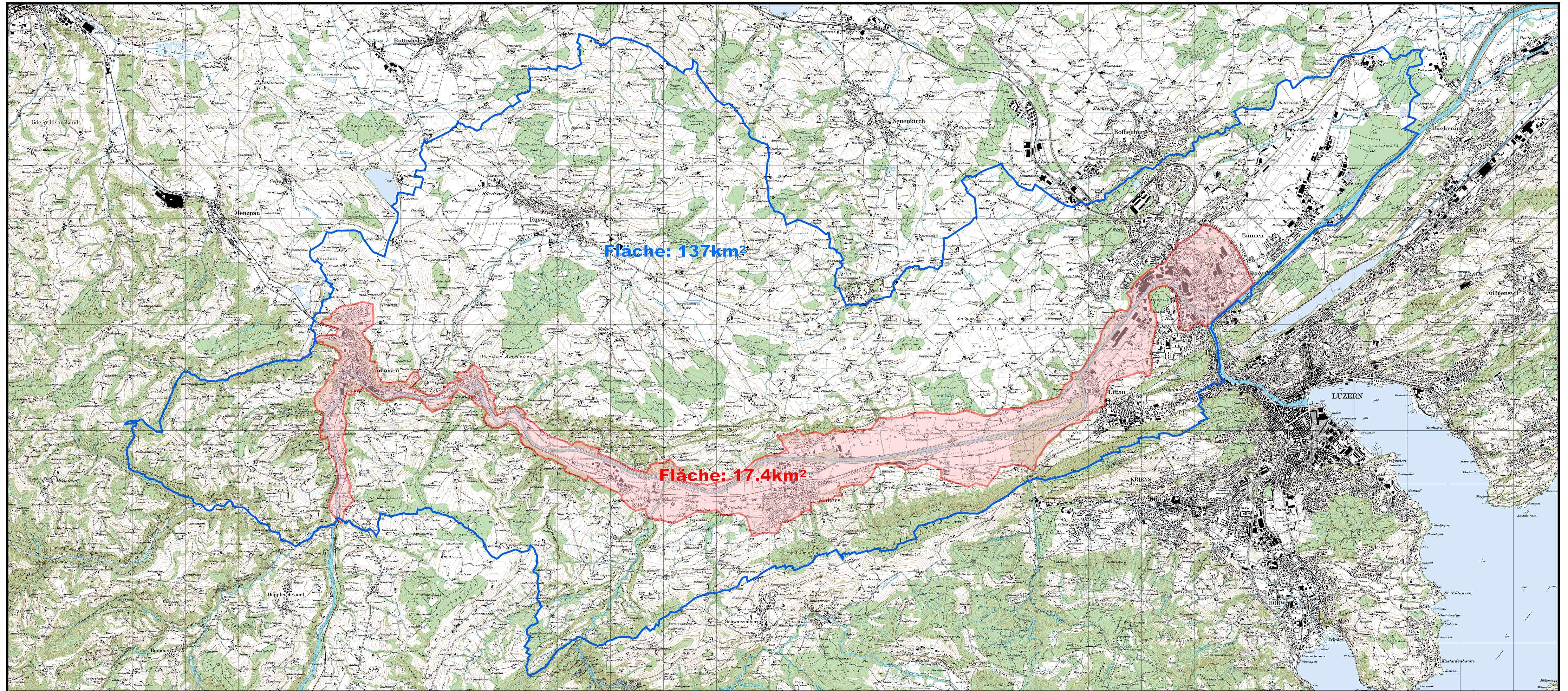
M 1:25'000

Hintergrund LK25 Erstausgabe (1954)
mit Überlagerung der aktuellen LK25

  Perimeter Gefahrenkarte

 Situation aktuelle LK25

Ingenieure Bart AG, Dezember 2006



Anhang 5:
Gefahrenkartenperimeter und Untersuchungsperimeter

- Legende
- Untersuchungsperimeter
 - Perimeter Gefahrenkarte

