

Vorwort zur Grundlage Ereignisbewältigung Risch-Rotkreuz

Im Rahmen der Ereignisaufarbeitung wurde das Hochwasserereignis vom 25. Juli 2021 dokumentiert, analysiert und basierend auf diesen Erkenntnissen mögliche Auswirkungen auf die erarbeiteten Massnahmen des Hochwasserschutzprojekts beschrieben. Die folgende Kurzdokumentation (Holinger AG, Feb. 2022) wird der Bevölkerung zur Information zur Verfügung gestellt und ist in die folgenden vier Hauptkapitel unterteilt:

- Kapitel 1
Erläutert die Ausgangslage und die Grundlagen.
- Kapitel 2
Dokumentiert die aufgetretenen Prozesse und Überschwemmungsflächen, welche während des Unwetterereignis im Sommer 2021 aufgetreten sind. Insbesondere die Kartenbeilagen (S. 33 - 35) geben einen guten Überblick über die aufgetretenen Prozesse (Gerinneaustritt und Oberflächenabfluss).
- Kapitel 3
Hydrologische Einordnung des Ereignisses und Plausibilisierung der Hydrologie, welche dem Hochwasserschutzprojekt und der Gefahrenkarte zu Grunde liegt. Dieses Kapitel ist u.a. aufgrund der Anwendung verschiedener spezifischer Methoden zur Ermittlung der Hochwasserabflüsse sehr komplex.
- Kapitel 4
Erste Schlussfolgerungen für die Massnahmen des Hochwasserschutzprojektes werden basierend auf den Erkenntnissen des Ereignisses gezogen. Diese Inputs sind als Hinweise für eine mögliche Optimierung des Projekts zu verstehen. Der Beschrieb der Auswirkungen gilt nicht als abschliessende Beurteilung.

Für weitere Auskünfte stehen Ihnen zur Verfügung:

André Keusch, Projektleiter Hochwasserschutz, Tel 041 798 18 20 oder

Patrick Wahl, Vorsteher Planung/Bau/Sicherheit, Tel 041 798 18 45

EREIGNISBEWÄLTIGUNG RISCH-ROTKREUZ

KURZDOKUMENTATION



Hünenberg, 09.02.2022

Gemeinde Risch

HOLINGER AG

Bösch 53, CH-6331 Hünenberg (ZG)

Telefon +41 41 785 40 60

zug@holinger.com

Version	Datum	Sachbearbeitung	Kontrolle	Verteiler
Entwurf	01.11.2021	BUQ, ARS, SMH	RIA	
1.0	12.11.2021	BUQ, ARS, SMH	RIA	Sebastian Heinrichs, Tiefbauamt Gemeinde Risch
2.0	09.02.2022	BUQ	RIA	Sebastian Heinrichs, Tiefbauamt Gemeinde Risch

20220209_T1157_Dokumentation_Ereignisbewältigung_v2.docx

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	7
1.1	AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG	7
1.2	GRUNDLAGEN	7
2	EREIGNISDOKUMENTATION	8
2.1	BEOBACHTETE UND KARTIERTE EREIGNISPROZESSE	8
2.1.1	Rutschungen / Hangmuren	8
2.1.2	Oberflächenabfluss	8
2.1.3	Schwemmholz / Verklausungen	9
2.1.4	Geschiebe und Auflandung	10
2.1.5	Überschwemmung / Übersarung	10
2.2	GEFAHRENKARTE WASSERPROZESSE	11
2.2.1	Analyse Schwachstellen Gefahrenkarte	11
2.3	FAZIT	13
3	VERIFIKATION HYDROLOGIE - HOCHWASSERABFLUSS	14
3.1	EINORDNUNG EREIGNIS VOM 25. JULI 2021	14
3.1.1	Ereignisablauf	14
3.1.2	Analyse Niederschlagsdaten	15
3.1.3	Fazit	16
3.2	HOCHWASSERABFLÜSSE	17
3.2.1	Annahmen im Hochwasserschutzprojekt der IG RIRO	17
3.2.2	Plausibilisierung Hakesch Chüntwilerbach	18
3.2.3	SCS-Methode	18
3.3	HYDRAULISCHE NACHRECHNUNG EREIGNIS	21
3.3.1	Steintobelbach Weiermatt	21
3.3.2	Steintobelbach Sagi	22
3.3.3	Chüntwilerbach Waldhof	23
3.4	FAZIT	23
4	AUSWIRKUNGEN DER EREIGNISANALYSE AUFS HOCHWASSERSCHUTZPROJEKT	25
4.1	MASSGEBLICHE PROJEKTANNAHMEN – BEMESSUNGSKONZEPT	25
4.1.1	Dimensionierungsabfluss	25
4.1.2	Geschiebehaushalt	26
4.1.3	Schwemmholz	26
4.1.4	Freibord	28
4.1.5	Überlastfall	28
4.2	UMGANG MIT OBERFLÄCHENABFLUSS HANGMASSNAHMEN STEINTOBELBACH	28

4.3	TECHNISCHE MACHBARKEIT – NOTWENDIGKEIT	29
4.3.1	Böschungsneigungen	29
4.3.2	Materialisierung	29
4.4	WEITERE ASPEKTE	30
4.4.1	Revitalisierung Waldbach	30

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Rutschung im Gebiet Ibikon (Quelle Foto Kt. ZG, Luftbild [5])	8
Abbildung 2:	Fliesswege des Oberflächenwassers gemäss der Oberflächenabflusskarte des Bundes [7] (map.geo.admin.ch)	9
Abbildung 3:	"Holzdepot" bei der Eindolung Waldhof. Grosse Mengen Schwemmholz wurden ins Siedlungsgebiet transportiert. (Foto: HOLINGER AG)	10
Abbildung 4:	Geschiebeablagerung und Verringerung des Gerinnequerschnitts vor dem Durchlass Weidstrasse am Steintobelbach (SS_3010_5) (Quelle Foto: Kt. ZG)	10
Abbildung 5:	Links oben: Geschwemmseispuren im Maschendrahtzaun im Gebiet Obere Weid / Weihermatt; Rechts oben: Ablagerung von Feinmaterial in der Alten Sagi neben dem Durchlass Küntwilerstrasse; Links unten: Schlammablagerung und Spuren von stehendem Wasser an der Haldenstrasse; Rechts unten: Spuren von ca. 1m stehendem Wasser im Kellerdes Camaro-Block. (Foto: HOLINGER AG)	11
Abbildung 6:	Rechen vor dem Durchlass Jungwacht /Sportplatz	13
Abbildung 7:	Standorte der Niederschlagsmessstationen in Root und Honau	14
Abbildung 8:	Screenshots der Radardaten aus GIN [6] mit den beiden Stationen Root und Honau und dem Untersuchungsgebiet Rotkreuz (rot). Zeitlicher Ablauf des Ereignisses von links oben (12:40 Uhr) nach rechts unten (13:30 Uhr). Orange entspricht einer Niederschlagsmenge von 25-40 mm [6]	15
Abbildung 9:	Berechnete Isozonen am Chüntwilerbach. Der Neiderschlag, der auf die braune Fläche (Isozone 1) fällt, erreicht den Waldhof in den ersten 10 Minuten, das Wasser der gelben Fläche nach 11-20 Minuten und die blaue Fläche entwässert erst nach 21-30 Minuten.	19
Abbildung 10:	Abflussganglinie des Chüntwilerbachs basierend auf den drei Isozonen mit je einer Fliesszeit von 10 Minuten.	20
Abbildung 11:	Abflussganglinie des Steintobelbachs basierend auf den zwei Isozonen mit je einer Fliesszeit von 10 Minuten.	20
Abbildung 12:	Steintobelbach Blick bachaufwärts (Quelle: Anwohner)	21
Abbildung 13:	Berechnung des Fliessquerschnitts bei einem 100-jährlichen Abfluss von 8.4 m³/s [2] und mit 13.5 m³/s gemäss SCS-Verfahren mit Isozonierung.	22
Abbildung 14:	Links: Überschwemmung durch den Steintobelbach bei der Sagi (Quelle: Anwohner); Rechts: Fliessquerschnitt rund 45 m vor dem Durchlass.	22
Abbildung 15:	Abflussganglinien (gemäss SCS-Verfahren und Isozonierung) des Chüntwilerbachs und Steintobelbachs summiert mit einem Konfidenzintervall von 10%	24
Abbildung 16:	Skizze des neuen Rechens mit Neigungswinkel 30° (Plangrundlage [10])	27
Abbildung 17:	Planausschnitt Rechen beim Sammler Waldhof (Plangrundlage [10])	27
Abbildung 18:	Definierte Freibordhöhen für die Bemessungswassermenge HQ ₁₀₀ je Gerinne gemäss [2]	28
Abbildung 19:	Links: Ausschnitt der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss des BAFU [7] und der Fliesswegkarte (Landwirtschaftsgebiet) des BLW [12] (Quelle: map.geo.admin.ch); Rechts: Ausschnitt aus dem Übersichtsplan des HWS-Projekts [2].	28
Abbildung 20:	Planausschnitt QP 332.50 Offenlegung Steintobelbach (S.05) [2]	29
Abbildung 21:	Planausschnitte QP 578.18 und QP 1010 am Chüntwilerbach [2]	30

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Auszug aus den Niederschlagsdaten der Stationen Root und Honau [6] für den Zeitpunkt des Unwetters vom 25.07.2021 in mm pro 10 min und summiert in mm pro h.	16
Tabelle 2:	Werte des 10 min Niederschlags der Wiederkehrperiode 100 Jahre [8]	16
Tabelle 3:	Hochwasserabflüsse HQ_{100} gemäss [2]. *blau hinterlegt die Abflussmengen vor und nach dem Zusammenfluss von Chüntwilerbach und Steintobelbach.	17
Tabelle 4:	Hochwasserabflüsse HQ_{100} für den Chüntwilerbach vor dem Zusammenfluss Steintobelbach (1.1 km ²), abgeschätzt mit dem Programm HAKESCH	18
Tabelle 5:	Spitzenabflüsse je Isozone für Chüntwilerbach und Steintobelbach	20
Tabelle 6:	Abschätzung der Spitzenabflüsse für ein HQ_{100} . * Abflussschätzung anteilmässig an berechnetem Spitzenabfluss (SCS-Verfahren)	24
Tabelle 7:	Abflusswerte HQ_{100} gemäss Hochwasserschutzprojekt [2] und basierend auf den hydrologischen Abschätzungen in Kapitel 3.	25

KARTENBEILAGEN

- T1157.001 Kartierung Gerinneprozesse
- T1157.002 Kartierung Oberflächenabfluss
- T1157.003 Kartierung alle Prozesse

1 EINLEITUNG

1.1 AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG

Im Rahmen der Ereignisaufarbeitung wurde die HOLINGER AG von der Gemeinde Risch beauftragt, das Hochwasserereignis vom 25. Juli 2021 zu dokumentieren, analysieren und basierend auf diesen Erkenntnissen mögliche Auswirkungen auf die erarbeiteten Massnahmen des HWS-Projekts [2] zu beschreiben. Die Dokumentation ist in drei Teile gegliedert und enthält im ersten Teil eine kurze Dokumentation der im Unwetterereignis aufgetretenen Prozesse und Überschwemmungsflächen. Der zweite Teil umfasst die hydrologische Einordnung des Ereignisses und eine Plausibilisierung der Hydrologie, welche dem Hochwasserschutzprojekt und der Gefahrenkarte zu Grunde liegt. Im Kapitel 4 werden basierend auf den Erkenntnissen des Ereignisses erste Schlussfolgerungen für das Hochwasserschutzprojekt gezogen.

1.2 GRUNDLAGEN

- [1] HOLINGER AG 2021, Kartierung Überschwemmung Ereignis 25.07.2021
- [2] IG RIRO, CSD Ingenieure AG, 2021: Hochwasserschutzprojekt Rotkreuz, inkl. Planunterlagen
- [3] HOLINGER AG 2020: Gefahrenkarte Wasserprozesse Gemeinde Risch
- [4] ARP Ingenieure und Berater AG 2013: Hochwasserschutzkonzept Rotkreuz
- [5] PP Unwetter Risch, Luftbilder Befliegung, Kanton Zug, 27.07.2021
- [6] Bundesamt für Umwelt BAFU, Meteo Schweiz, SED und SLF, Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren (GIN)
- [7] BAFU 2018: Gefährdungskarte Oberflächenabfluss
- [8] MeteoSchweiz 2020: Extremwertanalysen, Standardperiode 1961 – 2020
- [9] Bundesamt für Umwelt BAFU, Universität Bern Geographisches Institut, Hydrologischer Atlas der Schweiz HADES
- [10] André Rotzetter + Partner 2004: Hochwasserschutz Küntwilerbach Rotkreuz, Rückhalteweiher Waldhof, PAW 1847 – 112
- [11] KOHS 2013, Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen, Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS)
- [12] Bundesamt für Landwirtschaft BLW 2019: Fliesswegkarte zum Erosionsrisiko

2 EREIGNISDOKUMENTATION

Im folgenden Kapitel werden die beobachteten Prozesse kurz beschrieben und kartiert. Die Fliesswege und von Überschwemmung betroffenen Flächen sind in den Kartenbeilagen dargestellt. Es wurde wo möglich eine Unterscheidung zwischen Oberflächenabfluss und Wasseraustritt aus den Gerinnen vorgenommen (vgl. Kartenbeilagen).

2.1 BEOBACHTETE UND KARTIERTE EREIGNISPROZESSE

2.1.1 Rutschungen / Hangmuren

In Ibikon oberhalb der Meierskappelerstrasse ist an einer steilen Geländekante eine flachgründige Rutschung mit einer Anrissbreite von 14 m aufgetreten (Abbildung 1, links). Dabei ist es zum Abgleiten des Ober- und Unterbodens gekommen.



Abbildung 1: Rutschung im Gebiet Ibikon (Quelle Foto Kt. ZG, Luftbild [5])

2.1.2 Oberflächenabfluss

Auf den Feldern und Wiesen oberhalb des Siedlungsgebiets im Bereich Grossweid, Oberbachtalen und Bachtalen floss viel Wasser oberflächlich ab und schliesslich über die Küntwilerstrasse ins Dorfzentrum. Auch im Bereich zwischen Steintobel und Ibikon floss viel Oberflächenwasser ab und weiter in das Wohngebiet im Bereich der oberen Weidtrasse. Die Meierskappelerstrasse diente wie die Küntwilerstrasse als Fliessweg und brachte Wasser ins Dorfzentrum. Am Waldbach und im Bereich der neuen Überbauung führte ebenfalls Oberflächenabfluss zu Problemen. Der Damm oberhalb der neuen Überbauung Feldhof erfüllte seine Funktion für die unterliegenden Häuser, bis zur Überlastung fehlte gemäss Aussagen von Anwohnern jedoch nicht viel. Das Wasser floss dem Damm entlang bis zur Liegenschaft Föhrenweg 9 und weiter ins Dorfzentrum.

Ein Blick auf die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss des BAFU (Abbildung 2) zeigt die zu erwartenden und auch beobachteten Fliesswege (vgl. Kartenbeilagen). Das Wasser suchte sich den Weg über die Felder und Geländemulden (Sonderibach, Mulden östlich des Steintobelbachs, Waldbach) und über die Meierskappeler- sowie die Küntwilerstrasse ins Dorfzentrum. Spuren des grossflächigen Oberflächenabflusses lassen sich ebenso auf dem Luftbild, geflogen am 27.07.2021 gut erkennen (vgl. Kartenbeilage Oberflächenabfluss).

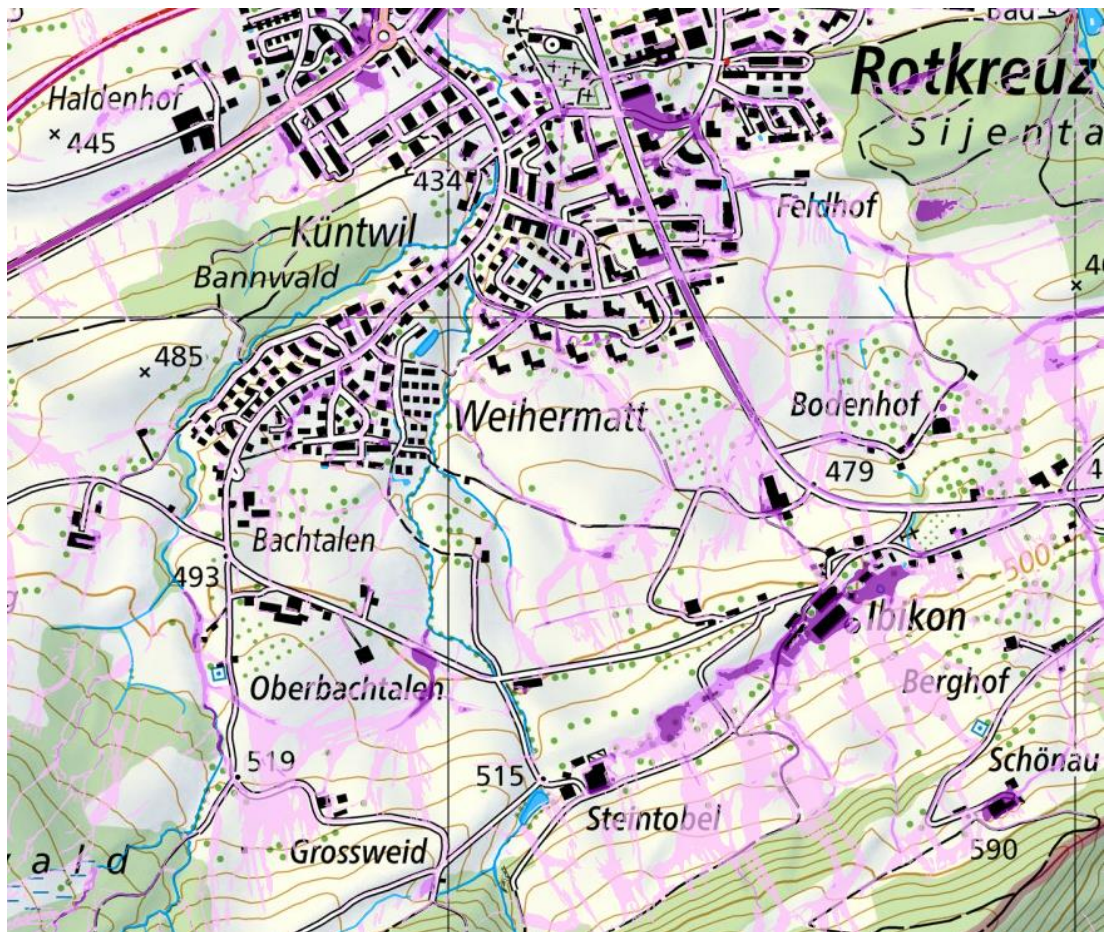


Abbildung 2: Fliesswege des Oberflächenwassers gemäss der Oberflächenabflusskarte des Bundes [7] (map.geo.admin.ch)

2.1.3 Schwemmhholz / Verklausungen

Aus dem Wald beim Sonderibachs (ca. Kote 526 m ü. M.) sind grossen Mengen an Schwemmhholz mobilisiert worden. Frisch gefallenes oder bereits vorhandenes Totholz wurde während dem Ereignis mobilisiert und führte an diversen Durchlässen zu Verklausungen.

Am Chüntwilerbach kam es zu Verklausungen am Durchlass Höhe Mattenhof (ca. Kote 486 m ü. M.), beim Durchlass auf der Höhe des Eichmattquartiers (ca. Kote 458 m ü. M.) sowie bei der Eindolung Waldhof.

Am Steintobelbach kam es an den Durchlässen unterhalb der Weihermatt und bei der Sagi ebenfalls zu Verklausungen, die zu grossen Ausuferungen führten.



Abbildung 3: "Holzdepot" bei der Eindolung Waldhof. Grosse Mengen Schwemmholz wurden ins Siedlungsgebiet transportiert. (Foto: HOLINGER AG)

2.1.4 Geschiebe und Auflandung

Vor dem Durchlass Weidstrasse am Steintobelbach (SS_3010_5) war der Rechen komplett mit Schwemmholz verlegt. Der bescheidene Rückhalteraum wurde mit Geschiebe aufgefüllt (Abbildung 4). Durch die Auflandung im Rückhaltebereich wurde der Gerinnequerschnitt massiv verkleinert und es kam zu Ausuferungen. In Kombination mit grossen Mengen an Oberflächenabfluss aus dem Gebiet östlich des Steintobelbachs und oberhalb des Siedlungsgebiets, flossen beträchtliche Wassermengen über den Fussweg und die Weidstrasse direkt ins Siedlungsgebiet.

Auch der Geschiebesammler Waldhof am Chüntwilerbach war innert kürzester Zeit vollkommen gefüllt und wurde überflossen.



Abbildung 4: Geschiebeablagerung und Verringerung des Gerinnequerschnitts vor dem Durchlass Weidstrasse am Steintobelbach (SS_3010_5) (Quelle Foto: Kt. ZG)

2.1.5 Überschwemmung / Übersarung

Am Steintobelbach kam es ab der Schwachstelle SS_3010_2 (Kote 499 m ü M.) praktisch bei jedem Durchlass zu Ausuferungen, teilweise in Kombination mit Verklausungen durch Schwemmholz. Das austretende Wasser führte ab dem Eintritt ins Siedlungsgebiet nach dem Durchlass Weihermatt zu grossflächigen Überschwemmungen. Das austretende Wasser vermischte sich zusätzlich mit Oberflächenwasser und viel Feinstoffmaterial sowie Geschwemmsel, welches ins Siedlungsgebiet transportiert wurde.

Unterhalb der Eindolung Waldhof befand sich zum Zeitpunkt des Ereignisses eine offene Baustelle (Sanierung Küntwilerstrasse), an dieser Stelle wurde viel Material ausgewaschen. Dieses kiesige Material wurde ins Dorfzentrum transportiert und auf der Luzernerstrasse abgelagert.

Auf der Südseite des Camaro-Blocks nach dem SBB-Durchlasses und an der Haldenstrasse stand das Wasser beinahe einen Meter hoch.



Abbildung 5: Links oben: Geschwemmte Äste im Maschendrahtzaun im Gebiet Obere Weid / Weihermatt; Rechts oben: Ablagerung von Feinmaterial in der Alten Sagi neben dem Durchlass Küntwilerstrasse; Links unten: Schlammablagerung und Spuren von stehendem Wasser an der Haldenstrasse; Rechts unten: Spuren von ca. 1m stehendem Wasser im Keller des Camaro-Block. (Foto: HOLINGER AG)

2.2 GEFAHRENKARTE WASSERPROZESSE

Im Dezember 2018 wurde die HOLINGER AG vom Kanton Zug mit der Erarbeitung der Gefahrenkarte Wasserprozesse für die Gemeinde Risch beauftragt. Da die Planungsarbeiten am Hochwasserschutzprojekt Rotkreuz zu diesem Zeitpunkt bereits fortgeschritten waren, wurden in Absprache mit dem Kanton Zug die hydrologischen Annahmen des Hochwasserschutzprojekts als Grundlage für die Gefahrenkartierung übernommen. Auch die Geschiebe- und Schwemmholzabschätzungen wurden aus dem Hochwasserschutzprojekt [2] übernommen, somit bestand der Auftrag der HOLINGER AG daraus, die Wirkungsanalyse auf den bereits definierten Szenarien zu erarbeiten.

2.2.1 Analyse Schwachstellen Gefahrenkarte

Die Analyse und der Vergleich des Ereignis 2021 mit der Gefahrenkarte erfolgt pro Bach und in Fliessrichtung. Die Nummerierung der Schwachstellen basiert auf der Nummerierung der Gefahrenkarte [3] (vgl. Kartenbeilagen).

Chüntwilerbach

Eindolung Waldhof (SS_3008_1): Gemäss Gefahrenkarte wird im Ereignisfall davon ausgegangen, dass der Geschiebesammler und der Schwemmholzrechen rund 50 m vor der Eindolung wirksam sind und es bis zu einem HQ₁₀₀ nicht zu Ausuferungen kommt. Ab einem HQ₃₀₀ wird mit Ausuferungen aufgrund zu geringer Kapazität der Eindolung gerechnet, nicht

aber aufgrund von Verklausung [3]. Diese Szenariendefinitionen stimmen nicht mit den Beobachtungen während dem Ereignis überein.

Eindolung SBB (SS_2008_2): An der Eindolung SBB Durchlass kam es aufgrund von Schwemmholz mindestens zu einer Teilverklausung. Auch bei diesem Durchlass wird gemäss Gefahrenkarte in keinem Szenario eine Verklausung angenommen. Hingegen wird mit einer Ausuferung aufgrund zu geringer Gerinnekapazität bereits ab einem HQ_{30} gerechnet [3]. Wie erwartet hat sich das Wasser in der vorhandenen Senke vor (in Fliessrichtung) dem Camaro-Block aufgestaut.

Zusätzlich kam es zu Ausuferungen im Abschnitt Waldeten vor dem Zusammenfluss mit dem Waldbach. Der Chüntwilerbach wird dort offen geführt und die Ausuferung an dieser Stelle lässt auf ein Kapazitätsdefizit schliessen. Diese Stelle ist in der Gefahrenkarte nicht als Schwachstelle bezeichnet.

Steintobelbach

Durchlass Weidstrasse (SS_3010_5): Der Rechen war voll verlegt und der bescheidene Rückhalteraum wurde vollständig aufgefüllt. Dies führte zu einer starken Reduktion des Gerinnequerschnittes und anschliessend zu Ausuferungen. Gemäss Gefahrenkarte wird bei keinem Szenario von einer Verklausung oder einer Auflandung ausgegangen [3]. Ausuferungen werden aufgrund zu geringer Kapazität ab einem HQ_{30} ausgewiesen. Die beobachteten Fliesswege stimmen gut mit den Annahmen der Gefahrenkarte überein. Das Gebäude bei der Weidstrasse 18 wurde gar umflossen und Wasser floss auch in die Tiefgarage. Dies aber insbesondere in Kombination mit Oberflächenabfluss aus dem Gebiet Obere Weid. Der Prozess Oberflächenabfluss wird in der Gefahrenkarte nicht berücksichtigt [3]. Eine Unterscheidung zwischen Ausuferung aus dem Steintobelbach und dem Oberflächenwasser ist aber hier kaum möglich. Der Abfluss über die Weidstrasse und die obere Weidstrasse konnte gemäss Gefährdungskarte Oberflächenabfluss erwartet werden [7].

Durchlass Küntwilerstrasse (SS_3010_6): Der Durchlass bei der Sagi verklaute und es kam zu Ausuferungen. Das Wasser floss wie in der Gefahrenkarte ausgewiesen auf die Küntwilerstrasse, in die angrenzenden Liegenschaften und teilweise wieder in den Chüntwilerbach. Gemäss Gefahrenkarte in keinem Szenario mit einer Verklausung gerechnet, sondern mit Ausuferungen aufgrund zu geringer Kapazität bereits ab einem 30-jährlichen Ereignis. Anders als in der Gefahrenkarte ausgewiesen, floss eine beträchtliche Wassermenge über die Küntwilerstrasse weiter in Richtung Dorfzentrum. Dies ist ebenfalls auf die Kombination von Gerinneaustritt und Oberflächenwasser, sowohl aus dem Gebiet Obere Weid als auch von der Küntwilerstrasse, zurückzuführen.

Waldbach

Eindolung Bodenhof (SS_3009_2): Die Eindolung weist nur eine Kapazität von $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ auf und es kam erwartungsgemäss zu Ausuferung. In der Gefahrenkarte sind für diese Schwachstelle keine Überschwemmungsflächen ausgewiesen, da sich die Schwachstelle ausserhalb des Siedlungsgebietes befindet.

Eindolung Feldhof (SS_3009_3): Dass die Eindolung Feldhof an ihre Kapazitätsgrenzen stiess überrascht nicht. Die Kapazität ist mit $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ gemäss Gefahrenkarte bei weitem nicht ausreichend und es muss bereits bei sehr häufigen Ereignissen mit Ausuferungen gerechnet werden. Die beobachteten Fliesswege im Unwetterereignis stimmen gut mit der Gefahrenkarte überein.

Sijentalbach

Am Durchlass an der Buonaserstrasse (SS_1009_2) ist kein Wasser ausgetreten. Generell wurde das Wirkungsgebiet des Sijentalbachs deutlich weniger getroffen durch das Unwetterereignis als die anderen drei Bäche.

Durchlass Sportplatz (SS_1009_3): An Durchlass beim Sportplatz kam es zu einer Verklausung des Rechen. Der enganliegende Rechen ohne Basisdurchlass ist diesbezüglich nicht ideal und entsprechend wird in der Gefahrenkarte bereits ab dem 30-jährlichen Ereignis von einer Verklausung ausgegangen [3]. Mit Ausuferung aufgrund der Verklausung muss ab dem HQ_{100} gerechnet werden.



Abbildung 6: Rechen vor dem Durchlass Jungwacht /Sportplatz

2.3 FAZIT

Die überschwemmten und/oder übersarten Flächen stimmen nicht überall mit der Gefahrenkarte überein. Dies liegt einerseits an den festgelegten Szenarien (entgegen den Annahmen der IG RIRO c/o CSD Ingenieure AG) traten an vielen Stellen Verklausungen auf und andererseits trat zusätzlich Oberflächenabfluss auf, welcher sich mit den ausufernden Wassermengen aus dem Gerinne vermischte. In der Gefahrenkarte ist der Prozess Oberflächenabfluss nicht mitberücksichtigt [3]. Eine exakte Trennung der Prozesse Überschwemmung durch ausgefertes Bachwasser und Oberflächenabfluss ist im Siedlungsgebiet praktisch nicht möglich.

Ausgehend von den bekannten und in der Gefahrenkarte dokumentierten Schwachstellen stimmen die beobachteten Fliesswege und Überschwemmungsflächen relativ gut mit den Intensitätskarten (alle Jährlichkeiten) überein. Im Bereich der Küntwilerstrasse ab dem Zusammenfluss von Chüntwilerbach und Steintobelbach ist die Ausdehnung der Überschwemmungsflächen grösser als in der Intensitätskarte HQ_{300} . Dies ist auf das Zusammenspiel mit dem Oberflächenabfluss zurückzuführen.

Die mittleren Intensitäten der Intensitätskarten (bereits ab HQ_{30}) im Bereich des SBB-Durchlasses, der Haldenstrasse und im Gebiet des Kindergartens/Waldegg wurden durch die hohen Fliesstiefen respektive stehenden Wassermengen während dem Ereignis bestätigt.

In der Gefahrenkarte wurde im Siedlungsgebiet nicht mit einem grösseren Schwemmholzaufkommen gerechnet. [2] [3]. Das Ereignis hat jedoch gezeigt, dass grössere Mengen an Schwemmholz bis ins Siedlungsgebiet und sogar bis zur Schwachstelle am Waldhof (SS_3010_2) gelangen können. Als Konsequenz sollte im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts an den betroffenen Stellen der projektierte Schwemmholzurückhalt überprüft und wenn nötig verbessert oder ergänzt werden (vgl. Kapitel 4.1.3).

3

Im folgenden Kapitel werden die in der Region Rotkreuz gemessenen Niederschlagswerte während dem Ereignis vom 25. Juli 2021 analysiert und das Niederschlagsereignis bezüglich seiner Wiederkehrperiode eingeordnet. Basierend auf der Ereigniskartierung und Beobachtungen während dem Ereignis werden für einzelne Gerinneabschnitte die Hochwasserabflüsse berechnet.

Im zweiten Teil wird eine Plausibilisierung der hydrologischen Annahmen im Hochwasserschutzprojekt [2] vorgenommen. Die Plausibilisierung erfolgt mit dem Programm HAKESCH, welches auch für die hydrologischen Annahmen des Hochwasserschutzprojekts verwendet wurde. Zusätzlich wird eine Abschätzung der Hochwasserabflüsse mittels SCS-Methode vorgenommen. Die SCS-Methode ist geeignet für die Abschätzung von Spitzenabflüssen aus Starkniederschlagsereignissen bei kleinen Einzugsgebieten, die schnell auf ein Regenereignis reagieren. Gemäss Erkenntnissen aus dem Hochwasserereignis vom 25. Juli 2021 treffen diese Eigenschaften auf das Untersuchungsgebiet Rotkreuz zu.

3.1

3.1.1

In Rotkreuz gibt es keine Niederschlagsmessstation. Die nächstgelegenen Stationen liegen in Root und Honau (Abbildung 7). Die Analyse des Niederschlagsradars vom Ereigniszeitpunkt zeigt, dass die Gewitterfront von West nach Ost via Root, Honau und Rotkreuz über den Zugersee zog (vgl. Abbildung 8).

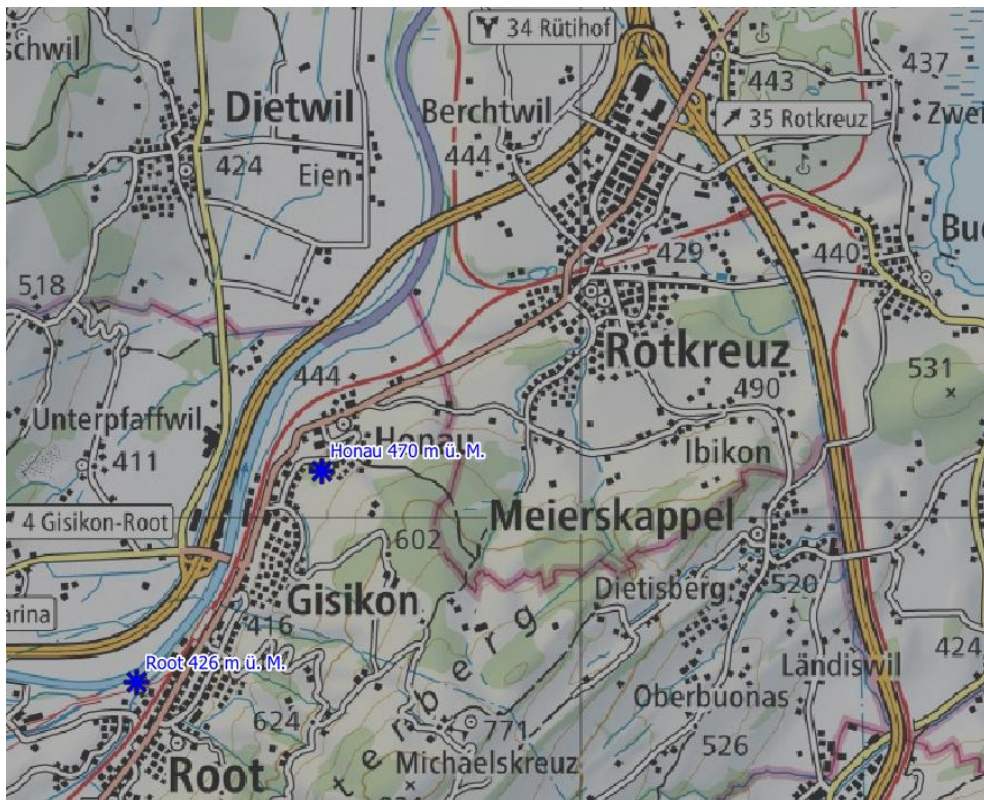


Abbildung 7: Standorte der Niederschlagsmessstationen in Root und Honau

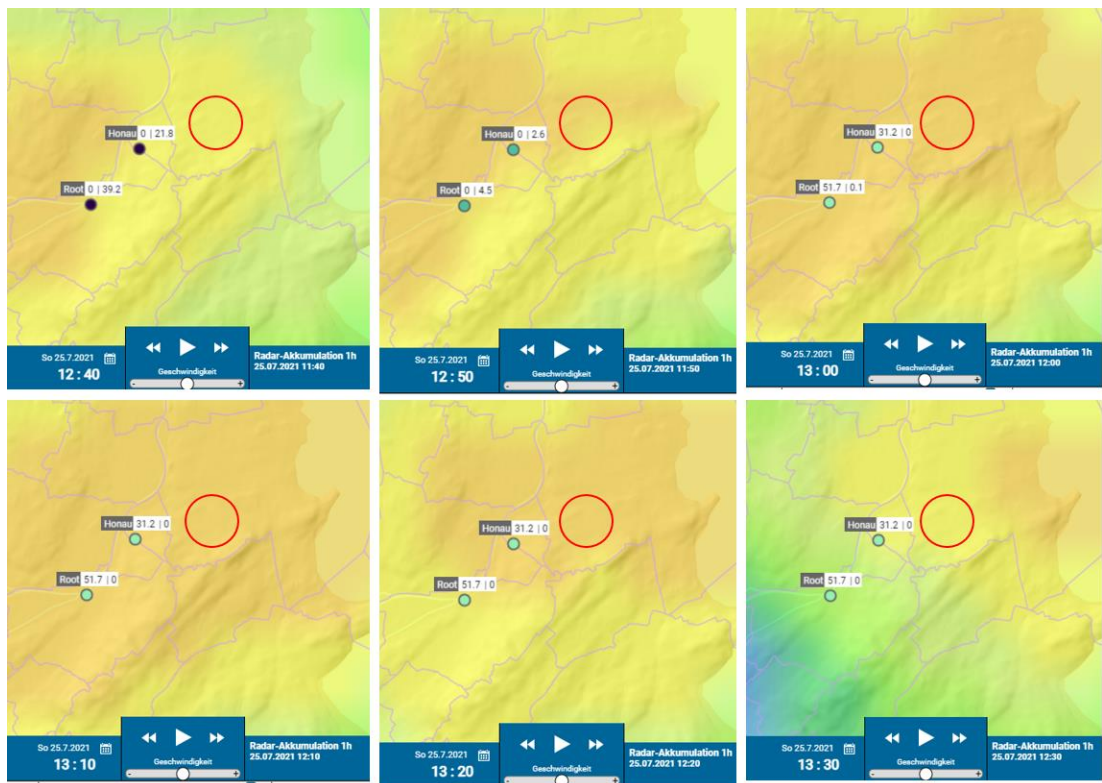


Abbildung 8: Screenshots der Radardaten aus GIN [6] mit den beiden Stationen Root und Honau und dem Untersuchungsgebiet Rotkreuz (rot). Zeitlicher Ablauf des Ereignisses von links oben (12:40 Uhr) nach rechts unten (13:30 Uhr). Orange entspricht einer Niederschlagsmenge von 25-40 mm [6]

3.1.2 Analyse Niederschlagsdaten

Aufgrund der beobachteten Zugbahn der Gewitterfront wurden die Niederschlagsdaten der Stationen Root und Honau genauer analysiert.

Die Niederschlagsdaten der Stationen Root und Honau liegen in 10 min Intervallen vor und sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Der höchste gemessene Niederschlagswert (in 10 min) beträgt 39.2 mm bei der Station Root. Die Niederschlagsdaten werden stündlich aufsummiert, woraus sich die Stundensummen von 51.7 mm in Root und 31.2 mm in Honau ergeben. Es ist deutlich ersichtlich, dass der grösste Teil des gemessenen stündlichen Niederschlages in nur 10 Minuten gefallen ist zwischen 12:40 und 12:50 Uhr. Die Ereignisdauer (Niederschlag) beschränkt sich auf ca. 20 – 30 Minuten.

Bereits kleinräumig sind grosse Unterschiede erkennbar, die Stationen Root und Honau weisen auf die stündlichen Werte bezogen 20 mm Unterschied auf. Die Station Root liegt in der Ebene auf 426 m ü. M. und die Station in Honau etwas höher auf 470 m ü. M. Die lokalen Unterschiede machen deutlich, dass diese Zahlen nicht einfach auf Rotkreuz übertragbar sind. Zusammen mit den Radardaten in Abbildung 8, die auch Werte um die 25 - 40 mm zeigen, lässt sich jedoch die Grössenordnung der gefallenen Niederschlagsmengen und die Dauer des Ereignisses eruieren.

Gemäss den Niederschlagsszenarien des Hydrologischen Atlas der Schweiz [9] beträgt der stündliche 100-jährliche Niederschlag für die Region Rotkreuz 60. Die Station Root bewegt sich mit knapp 52 mm in der Stunde etwa in diesem Bereich, die gefallenen 39 mm in 10 min machen aber deutlich, dass es sich hier um ein 10-Minuten Starkniederschlagsereignis und nicht um ein Stundenergebnis handelte.

Tabelle 1: Auszug aus den Niederschlagsdaten der Stationen Root und Honau [6] für den Zeitpunkt des Unwetters vom 25.07.2021 in mm pro 10 min und summiert in mm pro h.

Datum & Zeit	Root		Honau	
	mm h	mm 10 min	mm h	mm 10 min
2021-07-25 T 12:00	0	0	0	0
2021-07-25 T 12:10	-	0.4	-	0.2
2021-07-25 T 12:20	-	2.4	-	1
2021-07-25 T 12:30	-	5.1	-	5.6
2021-07-25 T 12:40	-	39.2	-	21.8
2021-07-25 T 12:50	-	4.5	-	2.6
2021-07-25 T 13:00	51.7	0.1	31.2	0
2021-07-25 T 13:10	-	0	-	0

In der Extremwertstatistik von Meteo Schweiz sind leider keine Daten für die Stationen Honau und Root enthalten. Die geographisch nächste Station mit Daten in 10 min Summen ist die Station Luzern. Ein 100-jährlicher 10 min Niederschlag wird in Luzern mit 18.4 – 38.8 mm/10 min (95% Konfidenzintervall) angegeben [8]. Gemäss Meteo Schweiz beträgt die beste Schätzung für den 100-jährlicher 10 min Niederschlag in Luzern 24.1 mm/10 min. Zum Vergleich sind die Werte der Stationen Pilatus und Wädenswil in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Werte des 10 min Niederschlags der Wiederkehrperiode 100 Jahre [8]

Station	Beste Schätzung [mm/10 min]	Werte im 95% Konfidenzintervall [mm/10 min]
Luzern	24.1	18.4 – 38.8
Pilatus	26.1	19.2 – 45.3
Wädenswil	27.0	22.1 – 41.3

3.1.3 Fazit

Die registrierten Niederschlagsdaten an der Station Root machen deutlich, dass ein Grossteil des gemessenen 1h-Niederschlags in nur 10' gefallen ist. Beim Ereignis vom 25. Juli 2021 handelte es sich um ein **10-Minuten Starkniederschlagsereignis**. Basierend auf den gemessenen Niederschlagswerten und den vorhandenen Daten der Extremwertstatistik von Meteo Schweiz wird das Ereignis auf ein **ca. 100-jährliches Niederschlagsereignis** geschätzt.

3.2 HOCHWASSERABFLÜSSE

3.2.1 Annahmen im Hochwasserschutzprojekt der IG RIRO

Der Hochwasserabfluss (HQ_{100}) wurde erstmals im Rahmen des Hochwasserschutzkonzepts 2013 [4] mittels HAKESCH ermittelt und von der IG RIRO auf Stufe Vorprojekt plausibilisiert. Die für die Dimensionierung des Bauprojekts verwendeten Hochwasserabflüsse sind etwas grösser, da gemäss [2] sämtliche geplanten und vorhandenen GEP-Zuflüsse berücksichtigt sind. Die folgende Tabelle fasst die Abflusswerte im Projektperimeter zusammen.

Tabelle 3: Hochwasserabflüsse HQ_{100} gemäss [2]. *blau hinterlegt die Abflussmengen vor und nach dem Zusammenfluss von Chüntwilerbach und Steintobelbach.

Chüntwilerbach	Fläche [km ²]	HQ_{100} [m ³ /s]	Abflussspende q [m ³ /s*km ²]
Vor Einmündung Steintobelbach	1.1	8.4*	7.6
Nach Einmündung Steintobelbach	2.3	14.5*	6.3
Nach Einmündung Waldbach (inkl. Entlastung)	3.3	21.5	6.5
Steintobelbach			
Steintobelbach vor Einmündung Chüntwilerbach	1.2	9.0*	7.5
Waldbach			
Waldbach Bodenhof	0.44	3.7	8.4
Waldbach vor Einlauf Föhrenweg	0.82	5.6	6.8
Waldbach Einmündung Chüntwilerbach	0.9	6.0	6.7

Die Abflussspenden der Einzugsgebiete bewegen sich zwischen 6.3 - 8.4 m³/s*km², was als plausibel einzuschätzen ist und vergleichbar mit ähnlich steilen sowie kleinen Einzugsgebieten in der Region Zugersee ist. Der Sijentalbach weist etwas tiefere Werte auf. Dieses Einzugsgebiet ist vergleichsweise flacher als Chüntwilerbach und Steintobelbach.

Auffallend sind die Zahlen im Hochwasserschutzprojekt von Chüntwilerbach und Steintobelbach (*), die nach dem Zusammenfluss nicht aufsummiert werden. Die Einzugsgebiete liegen nahezu parallel und weisen eine ähnliche Grösse auf. Bei der Annahme eines kurzen (maximal stündlichen) Hochwasserereignisses, als das massgebende Ereignis, ist anzunehmen, dass die Gebiete gleichzeitig reagieren und sich die Hochwasserspitzen beim Zusammenfluss aufsummieren, sprich gleichzeitig auftreten.

3.2.2 Plausibilisierung Hakesch Chüntwilerbach

Eine Plausibilisierung der vorliegenden Hochwasserspitzen des Hochwasserschutzprojekts [2] wurde mittels dem Programm HAKESCH für den Chüntwilerbach (vor der Einmündung Steintobelbach) vorgenommen. Unter der Berücksichtigung von verschiedenen Einzugsgebietsparametern resultieren Werte zwischen 5 m³/s bis 14 m³/s (vgl. Tabelle 4). Die aktuelle Annahme von 8.4 m³/s [2] liegt eher im unteren Bereich dieses Ranges und gehört möglicherweise eher zu den optimistischen Werten.

Tabelle 4: Hochwasserabflüsse HQ₁₀₀ für den Chüntwilerbach vor dem Zusammenfluss Steintobelbach (1.1 km²), abgeschätzt mit dem Programm HAKESCH

	Mod. Fließzeit- verfahren	Kölla	Clark	q Mittel [m ³ /s*km ²]
Tief	5	4.8	8.1	5.5
Mittel	5.4	4.8	10.3	6.2
Hoch	9.9	6.8	14.6	9.5

Für das Programm HAKESCH werden als Eingangsparameter der 100-jährliche 1h Niederschlag sowie der 100-jährliche 24h Niederschlag verwendet. Die Abflussschätzung mittels HAKESCH bildet somit Ereignisse, die kürzer sind als 1h-Ereignisse nur bedingt ab.

3.2.3 SCS-Methode

Das SCS-Verfahren ist eine Methode zur Abschätzung des direkten Abflusses aus Gewitterniederschlägen. Dabei wird angenommen, dass der Niederschlag gleichmässig und konstant über das gesamte Einzugsgebiet fällt. Die Methode eignet sich zur Berechnung von Spitzenabflüssen aus Starkniederschlagsereignissen bei kleinen Einzugsgebieten, die schnell auf ein Regenereignis reagieren. Der Spitzenabfluss berechnet sich aus den Parametern Niederschlagsintensität in mm/h und den Bodeneigenschaften (Bodentyp und Bodenbedeckung) des Einzugsgebietes.

Parameter Niederschlag

Basierend auf der Analyse des Niederschlagsereignisses vom 25.07.2021 wird für ein 100-jährliches 10'-Starkniederschlagsereignis eine Niederschlagsmenge von 30 mm (in 10 min) angenommen. Dies entspricht in etwa dem Mittelwert zwischen den gemessenen Niederschlagswerten in Honau (21.8 mm/10 min) und Root (39.2 mm/10 min) und liegt in der Größenordnung der besten Schätzung für einen 100-jährlichen 10 min Niederschlag gemäss der Extremwertstatistik von Meteo Schweiz [8] (vgl. Kapitel 3.1.2). Für die Berechnung des Spitzenabflusses wird eine Niederschlagsmenge von 30 mm mit einer Niederschlagsintensität von 180 mm/h angenommen.

Parameter Bodeneigenschaften und Feuchtigkeitszustand

Die Böden in und oberhalb Rotkreuz werden als mässig tiefgründig klassiert und weisen eine eher schlechte Wasseraufnahmefähigkeit und geringe Versickerung auf. Trotz des gesamten nassen Sommers wird ein normaler Feuchtigkeitszustand angenommen.

Isozonierung¹ und Abflussganglinien

Für die beiden Bäche Chüntwilerbach und Steintobelbach werden basierend auf dem Höhenmodell die Fliesszeiten berechnet. Diese sind mit 22 Minuten (Steintobelbach) und 26 Minuten (Chüntwilerbach) nahezu identisch. Es werden 3 Isozonen für den Chüntwilerbach (Abbildung 9) und 2 Isozonen für den Steintobelbach mit je einer Fliesszeit von 10' definiert. Anschliessend werden basierend auf den Fliesszeiten die Spitzenabflüsse pro Isozone berechnet (Tabelle 5) und je Bach eine Ganglinie erstellt. Die Abflusswerte und Ganglinien belaufen sich auf die Einzugsgebiete bis zum Zusammenfluss der beiden Bäche unterhalb der Sagi.

Die Ganglinie des Chüntwilerbachs (Abbildung 10) zeigt nach 20 Minuten einen Spitzenabfluss von 11.5 m³/s, als die Abflussspitze der zweiten Isozone den Gebietsausfluss respektive den Zusammenfluss der beiden Gerinne erreicht. Anschliessend nimmt der Abfluss kontinuierlich ab. Am Steintobelbach wird der Spitzenabfluss ebenfalls nach 20 Minuten am Gebietsausfluss erwartet und beträgt 13.5 m³/s (Abbildung 11).

Basierend auf den berechneten Fliesszeiten wird angenommen, dass die Abflussspitzen der beiden Einzugsgebiete gleichzeitig auftreten. Die Abflussspitzen der beiden Einzugsgebiete respektive die beiden Abflussganglinien werden beim Zusammenfluss von Chüntwilerbach und Steintobelbach aufsummiert.

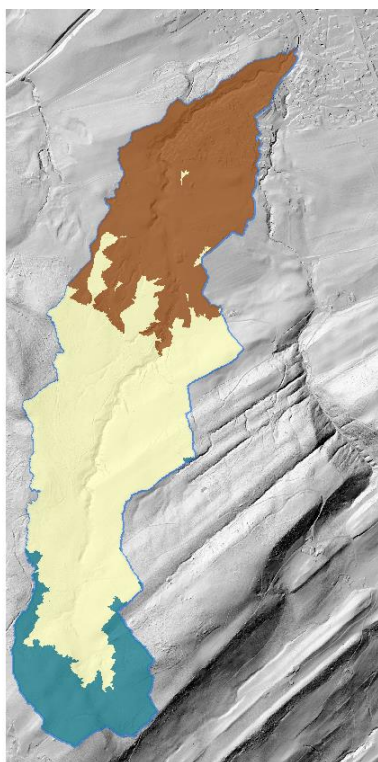


Abbildung 9: Berechnete Isozonen am Chüntwilerbach. Der Neiderschlag, der auf die braune Fläche (Isozone 1) fällt, erreicht den Waldhof in den ersten 10 Minuten, das Wasser der gelben Fläche nach 11-20 Minuten und die blaue Fläche entwässert erst nach 21-30 Minuten.

¹ Die Isozonierung ist ein auf der Fliesszeit basierendes Verfahren zur Bestimmung von Zonen, die im selben Zeitabschnitt entwässern. Normalerweise wird eine Zonierung mit einem Zeitschritt von 10 min vorgenommen. Ein Wassertropf benötigt zum Durchfliessen jeder Zone 10 Minuten.

Tabelle 5: Spitzenabflüsse je Isozone für Chüntwilerbach und Steintobelbach

Bach	Abflussspitze berechnet [m³/s]	Abflussspitze Ganglinie [m³/s]	Prozent der berechneten Abflussspitze
Chüntwilerbach	17.4 (summiert)	11.5	66%
Isozone 1	7.0		
Isozone 2	8.1		
Isozone 3	2.4		
Steintobelbach	17.6 (summiert)	13.5	76%
Isozone 1	8.2		
Isozone 2	9.5		
Waldbach	12.3		

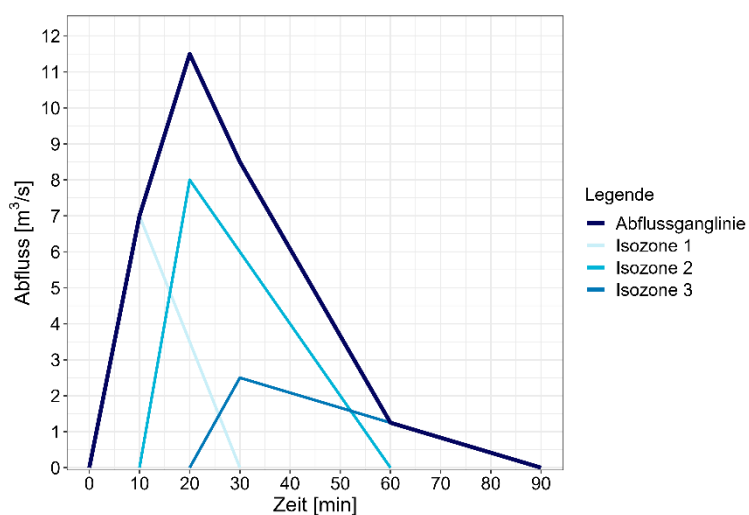


Abbildung 10: Abflussganglinie des Chüntwilerbachs basierend auf den drei Isozonen mit je einer Fließzeit von 10 Minuten.

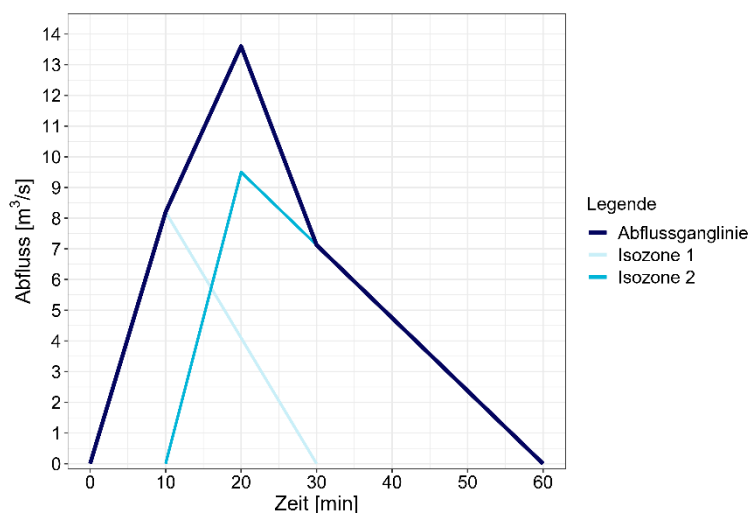


Abbildung 11: Abflussganglinie des Steintobelbachs basierend auf den zwei Isozonen mit je einer Fließzeit von 10 Minuten.

Für den Waldbach ist eine Isozonierung nicht möglich, da die langen Eindolungen im Einzugsgebiet keine Berechnung der Fliesszeiten basierend auf dem Höhenmodell zulassen. Die mit dem SCS-Verfahren berechnete Abflussspitze von rund 12 m³/s für den Waldbach (Tabelle 5) überschätzt somit die realen Abflussverhältnisse bei einem 100-jährlichen Ereignis, da es sich dabei um den Abfluss des gesamten Einzugsgebietes handelt. Eine Abschätzung des Spitzenabflusses am Waldbach wird basierend auf den Beobachtungen der Werte von Chüntwilerbach und Steintobelbach vorgenommen. Die Abflussspitzen unter Berücksichtigung von verschiedenen Isozonen betragen 66% respektive 76% der mittels SCS-Verfahren berechneten Spitzen (vgl. Tabelle 5). Unter der Annahme, dass für den Waldbach ähnliche Fliesszeiten gelten, ergibt diese prozentuale Abminderung eine Abflussspitze von 8.1 - 9.4 m³/s für den Waldbach.

3.3 HYDRAULISCHE NACHRECHNUNG EREIGNIS

Die berechneten Spitzenabflusswerte von rund 11 m³/s am Chüntwilerbach und 13 m³/s am Steintobelbach werden anhand von Beobachtungen während und nach dem Ereignis vom 25.07.2021 plausibilisiert. Dazu wurden zwei Standorte am Steintobelbach und ein Standort unterhalb des Zusammenflusses der beiden Bäche ausgewählt. Die Gerinnegeometrie sowie die Abflusshöhe während dem Ereignis sind bekannt.

3.3.1 Steintobelbach Weiermatt

Am Steintobelbach auf der Höhe der Liegenschaft Weiermatt 37 im offenen Gerinne wurde eine Schätzung des Hochwasserabflusses des Ereignisses vom 25. Juli vorgenommen. Zwischen dem kleinen Durchlass und dem Steinkorb wurde das Gerinne vermessen (Abbildung 12). Die Spuren des Ereignisses lassen auf Abflusstiefen von über einem Meter schliessen. Ein 100-jährlicher Abfluss von 8.4 m³/s gemäss Hydrologie des Hochwasserschutzprojektes [2] ergibt im vorliegenden Querprofil eine Abflusstiefe von knapp 1.2 m (Abbildung 13, links). Dies scheint nicht unrealistisch, beachtet man die Fliessspuren in Abbildung 12. Der berechnete Spritzenabfluss von 13.5 m³/s mittels SCS-Verfahren und Isozonierung resultiert im vorliegenden Gerinnequerschnitt in einer Fliesstiefe von 1.5 m (Abbildung 13, rechts). Dies entspricht der Höhe der oberen Holzlatten in Abbildung 12 und wird als eher hoch eingeschätzt verglichen mit den Ereignisspuren.



Abbildung 12: Steintobelbach Blick bachaufwärts (Quelle: Anwohner)

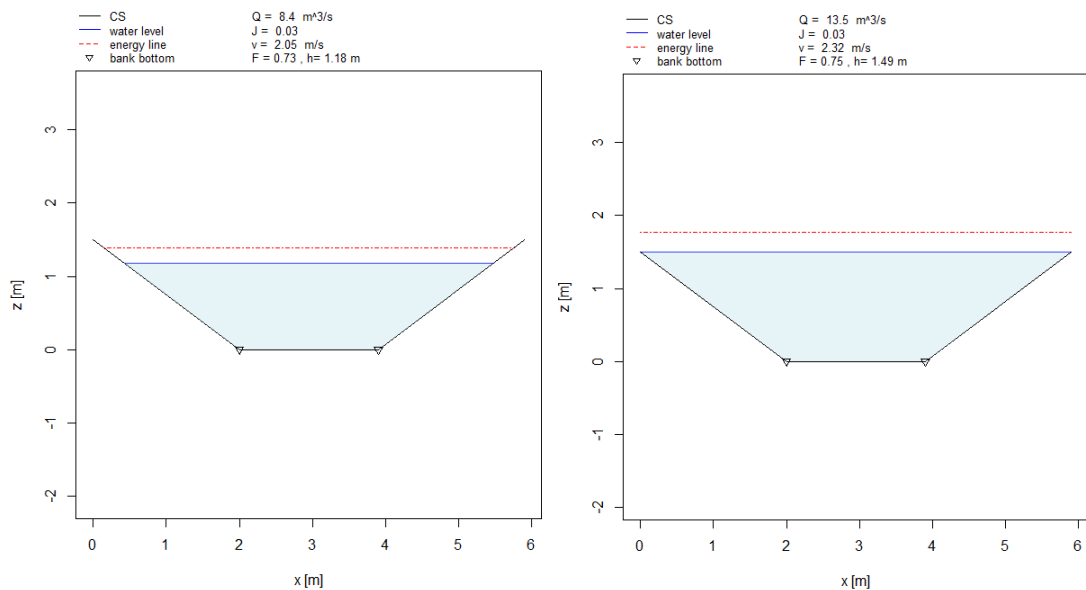


Abbildung 13: Berechnung des Fliessquerschnitts bei einem 100-jährlichen Abfluss von $8.4 \text{ m}^3/\text{s}$ [2] und mit $13.5 \text{ m}^3/\text{s}$ gemäss SCS-Verfahren mit Isozonierung.

3.3.2 Steintobelbach Sagi

Vor dem Durchlass bei der Sagi kam es zu massiver Ausuferung. Wahrscheinlich ist der Durchlasses verklaust und ein Rückstau effekt trat ein. Berechnungen mit einem Abfluss von $8.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ergeben oberhalb der Sagi einen bordvollen Abfluss. Um den Fliessquerschnitt während dem Ereignis gemäss Abbildung 14 (links) abzubilden, ist eine Abflussmenge von rund $13.5 \text{ m}^3/\text{s}$ erforderlich. Basierend auf diesen Abschätzungen, kann davon ausgegangen werden, dass im Ereignis Wassermengen von über $10 \text{ m}^3/\text{s}$ angefallen sind.

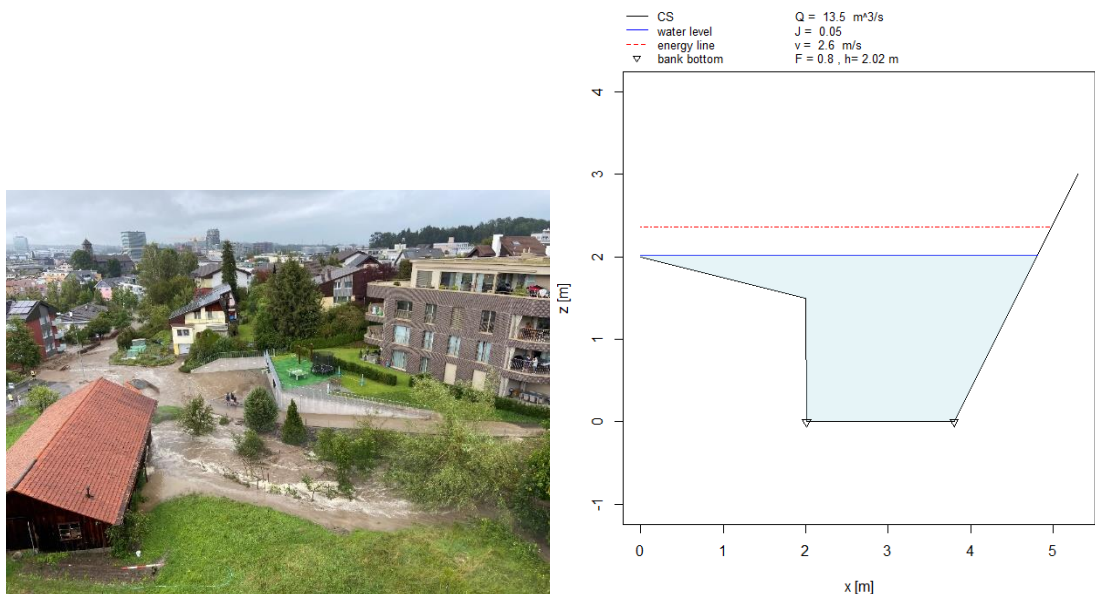


Abbildung 14: Links: Überschwemmung durch den Steintobelbach bei der Sagi (Quelle: Anwohner); Rechts: Fliessquerschnitt rund 45 m vor dem Durchlass.

3.3.3 Chüntwilerbach Waldhof

Im Abschnitt zwischen dem Sammler und der Eindolung floss der Chüntwilerbach bordvoll ab, es kam gar zu Ausuferungen. Der Gerinnequerschnitt (Plangrundlage [10]) lässt gemäss Berechnungen an dieser Stelle einen bordvollen Abfluss von 25 - 28 m³/s bei einer Fliessgeschwindigkeit von 1.8 - 2.1 m/s zu. Aufgrund des überströmten Rechens direkt oberhalb und der wohl eingestauten Eindolung rund 35 m unterhalb dieser Stelle kann aber nicht von Normalabfluss ausgegangen werden. Die berechneten Abflusswerte bewegen sich an der oberen Grenze.

Unter der Annahme, dass der Chüntwilerbach und der Steintobelbach ungefähr die gleiche Wassermenge bringen (bei einem 100-jährlichen Ereignis gemäss Hochwasserschutzprojekt resp. Gefahrenkarte 8.4 m³/s und 9 m³/s [2] bis 11.5 m³/s und 13.5 m³/s gemäss SCS-Verfahren (vgl. Kapitel 3.2.3) sowie der Gleichzeitigkeit der Hochwasserspitzen von Chüntwiler- und Steintobelbach ist eine Abflussmenge von 17 - 25 m³/s in diesem Abschnitt durchaus plausibel.

3.4 FAZIT

10' – Starkniederschlagsereignis

Die registrierten Niederschlagsdaten an der Station Root machen deutlich, dass es sich beim Ereignis vom 25.07.2021 um ein **ca. 100-jährliches 10-Minuten Starkniederschlagsereignis** handelte.

Gleichzeitigkeit

Die Disposition der Einzugsgebiete ist praktisch identisch, weshalb von einer Gleichzeitigkeit der Abflussspenden ausgegangen werden kann. Werden die Abflussspitzen von Chüntwilerbach und Steintobelbach addiert, ergibt sich nach dem Zusammenfluss der beiden Bäche und bei der Eindolung Waldhof in jedem Fall eine höhere Abflussspitze als gemäss Hochwasserschutzprojekt und Gefahrenkarte (14.5 m³/s) [2] [3] ausgewiesen.

Abflussganglinien und Hochwasserabflüsse basierend auf Isozonierung

Die bestehende Abflussschätzung im Hochwasserschutzprojekt [2] basiert auf einer Berechnung mit dem Programm HAKESCH, welche eher ein 1h-Ereignis abbildet. Verglichen mit dem 100-jährlichen Starkniederschlagsereignis vom 25. Juli 2021 sind die im Projekt angenommenen Hochwasserabflüsse um einiges tiefer und liegen eher in der unteren Bandbreite des HQ₁₀₀.

Für den Chüntwilerbach und den Steintobelbach wurden separate Abflussganglinien basierend auf den berechneten Fliesszeiten erstellt. Nach dem Zusammenfluss unterhalb des Durchlasses bei der Sagi werden die Ganglinien gemäss der Annahme der Gleichzeitigkeit aufsummiert. Dadurch resultiert eine Abflussspitze von rund 25 m³/s (Abbildung 15).

Die Tabelle 6 zeigt eine Zusammenstellung der Abflussspitzen für die drei Bäche Chüntwilerbach, Steintobelbach und Waldbach basierend auf dem SCS-Verfahren und dem 10-Minuten Niederschlagsereignis. Aufgrund von Unsicherheiten, die bereits in allen getroffenen Annahmen bezüglich Bodeneigenschaften, Niederschlagswerte, durchschnittliches Gefälle etc. enthalten sind und durch das Summieren einzelner Abflusswerte sowie Ganglinien werden in Tabelle 6 die Abflusswerte als Bandbreite mit einem Konfidenzintervall von 10% abgebildet. Unter Annahme der Gleichzeitigkeit werden die Werte der drei Einzugsgebiete aufsummiert.

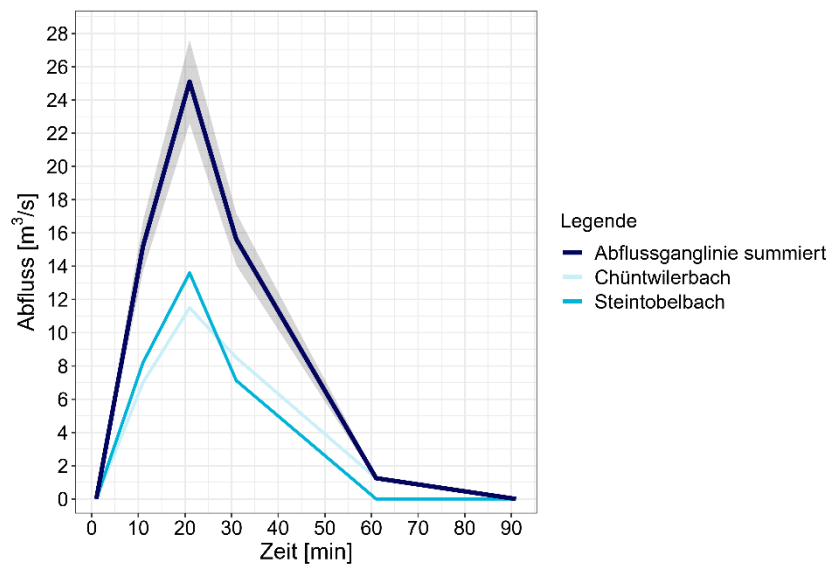


Abbildung 15: Abflussganglinien (gemäss SCS-Verfahren und Isozonierung) des Chüntwilerbachs und Steintobelbachs summiert mit einem Konfidenzintervall von 10%

Tabelle 6: Abschätzung der Spitzenabflüsse für ein HQ_{100} . * Abflussschätzung anteilmässig an berechnetem Spitzenabfluss (SCS-Verfahren)

Bach	Abflussspitze Ganglinie mit Isozonierung [m³/s]	Abflussspitze mit 10% Konfidenzintervall [m³/s]
Chüntwilerbach (vor Zusammenfluss)	11.5	10.4 – 12.7
Steintobelbach (Sagi)	13.5	12.1 – 14.9
Chüntwilerbach + Steintobelbach nach Zusammenfluss (Waldhof)		22.5 – 27.6
Waldbach (Feldhof)	8.1 – 9.4*	7.3 – 10.3
Chüntwilerbach Vanoliwiese (Eindolung SBB)		30 – 38

4 AUSWIRKUNGEN DER EREIGNISANALYSE AUFS HOCHWASSERSCHUTZPROJEKT

Basierend auf den Erkenntnissen der Ereignisanalyse (Kapitel 2 und Kapitel 3) wird in einem kurzen Abriss die Auswirkungen auf das vorliegende Hochwasserschutzprojekt [2] beschrieben. Der Beschrieb der Auswirkungen gilt nicht als abschliessende Beurteilung des Hochwasserschutzprojekts, sondern ist als Hinweis für eine mögliche Optimierung des Projekts zu verstehen.

Gestützt auf die abgegebenen Unterlagen [2] lassen sich die Ziele und Anforderungen für den Hochwasserschutz sowie die Umwelt nicht abschliessend erfassen.

Wir empfehlen die allgemeinen Themen in einer Überarbeitung der Projektvereinbarung/-basis präzise zu definieren und anschliessend das Projekt entsprechend zu überprüfen.

Aufgrund der projektierten, technischen Lösungsansätze ist es unerlässlich, die Thematik Betrieb und Unterhalt zu beleuchten. Mit einem adaptierten und spezifischen Unterhalt lassen sich viele Hochwasser Aspekte entschärfen oder entsprechende Massnahmen ableiten. Aus diesem Grund ist auf die Erschliessung und Zugänglichkeit der Gerinne ein besonderes Augenmerk zu lenken.

4.1 MASSGEBLICHE PROJEKTANNAHMEN – BEMESSUNGSKONZEPT

4.1.1 Dimensionierungsabfluss

Basierend auf den hydrologischen Abschätzungen in Kapitel 3 und den daraus resultierenden Hochwasserabflussmengen ist das Bemessungskonzept des Hochwasserschutzprojekts kritisch zu prüfen. Aus dem Bemessungskonzept muss ersichtlich und nachvollziehbar dargestellt werden, welche Prozesse (z.B. Oberflächenabfluss) wie berücksichtigt und wie diese im Bemessungskonzept akzentuiert werden.

Die Gleichzeitigkeit der Hochwasserabflussspitzen der verschiedenen Einzugsgebiete sollte basierend auf den Erfahrungen des Ereignisses im Juli 2021 zwingend berücksichtigt werden. Dies führt unweigerlich zu einer Summierung der Abflussspitzen der einzelnen Bäche.

Tabelle 7: Abflusswerte HQ_{100} gemäss Hochwasserschutzprojekt [2] und basierend auf den hydrologischen Abschätzungen in Kapitel 3.

Bach	Hochwasserschutzprojekt [2]	Geschätzte Abflussspitze mit 10% Konfidenzintervall [m^3/s] (SCS-Verfahren, vgl. Kapitel 3)	Empfohlene Dimensionierungswassermenge [m^3/s] (aus Erfahrung Ereignis 25.07.21)
Chüntwilerbach (vor Zusammenfluss Steintobelbach)	8.4	10.4 – 12.7	11
Steintobelbach (Sagi) inkl. Hangentwässerung	9.0	12.1 – 14.9	13
Chüntwilerbach + Steintobelbach nach Zusammenfluss (Waldhof)	14.5	22.5 – 27.6	25
Waldbach (Feldhof)	6.0	7.3 – 10.3	8

Chüntwilerbach Vanoliwiese (nach Einmündung Wald- bach) exkl. Entlastung (ca. 11 m ³ /s)	9.9	19 – 27	23
--	-----	---------	----

4.1.2 Geschiebehaushalt

Die Hochwassersicherheit lässt sich langfristig lediglich unter Berücksichtigung der aufkommenden Geschiebemengen gewährleisten. Das Ereignis vom Juli 2021 hat aufgezeigt, dass mit Geschiebeaufkommen zu rechnen ist. Im Technischen Bericht lässt sich nicht erkennen, wie die Dimensionierung der Bauwerke auf diesen Tatbestand dimensioniert werden.

4.1.3 Schwemmholz

Erkenntnisse aus dem Ereignis vom 25.07.2021

Wie beim Geschiebeaufkommen hat das Ereignis vom 25.07.2021 aufgezeigt, dass grosse Mengen Schwemmholz bis ins Siedlungsgebiet und zur Eindolung Waldhof transportiert werden. Der Sammler Waldhof war innert kürzester Zeit komplett gefüllt und wurde überflossen. Es kam an diversen Durchlässen am Chüntwilerbach und Steintobelbach zu Verklausungen und massiven Wasseraustritten.

Aus diesem Grund ist dem Schwemmholzaufkommen entsprechend Rechnung zu tragen.

Obwohl der heutige **Geschiebesammler vor der Eindolung Weiermatt** nur sehr wenig Rückhalteraum hat, wird der ersatzlose Rückbau (Massnahme S.04) mit den Erkenntnissen aus dem Unwetterereignis vom Juli 2021 als nicht sinnvoll bewertet. Vielmehr erachten wir es als sinnvoll, an diesem Standort zusammen mit der Offenlegung (S.05) und der Einleitung des Hangwassers einen grösseren Rückhalteraum mit Schwemmholzrechen zu projektieren. Über die obere Weidstrasse und den Wendepplatz bei Kote 457 m ü. M. ist der Zugang für Unterhalt und Intervention gegeben.

Grosse Mengen Schwemmholz wurden beim Unwetterereignis vom 25 Juli 2021 bis ins Siedlungsgebiet und zur **Eindolung Waldhof** transportiert. Gemäss Hochwasserschutzprojekt weist die Entlastungsleitung unter Druck eine Kapazität von 11.6 m³/s auf [2]. Um eine zukünftige Verklausung der Eindolung zu verhindern und den Einlauf hydraulisch zu optimieren, wird vorgeschlagen den bestehenden Rechen (Betonplatte auf halber Kanalhöhe mit drei Rechenstäben) zu ersetzen. Dieser befindet sich momentan nur wenige Meter vor der Eindolung. Es wird empfohlen den bestehenden Rechen zurückzubauen. Zu klären ist die Funktion und Notwendigkeit der momentan vorhandenen Sicherheitsstange und ob diese ebenfalls entfernt werden kann.

Es wird ein rückversetzter Rechen mit einem Neigungswinkel von 30° bis auf die Höhe von 2.75 m (und eine schräge Länge von 4.7 m) vorgeschlagen mit anschliessendem horizontalem Verlauf bis zum Abschlussbauwerk (Abbildung 16). Bei einem Neigungswinkel von 30° kann die Aufstauhöhe im Ereignisfall minimiert werden. Zudem sollte der Rechen über einen Basisdurchlass verfügen.

Um die Intervention im Ereignisfall sicherzustellen, wird auf dem horizontalen Rechen ein zweiter Rechen oder ein Gitter inklusive Bügel angebracht (Abbildung 16). So kann im Ereignisfall der horizontale Bereich abgehoben und entleert werden, ohne dass Material über den geneigten Rechen transportiert wird und in die Eindolung gelangen kann.

Bezüglich des Materials wird ein robuster Stahlrechen mit einer Stabdicke von rund 5 cm empfohlen. Bei einem Stababstand von 15 – 20 cm ergibt dies ca. 15 Stäbe.

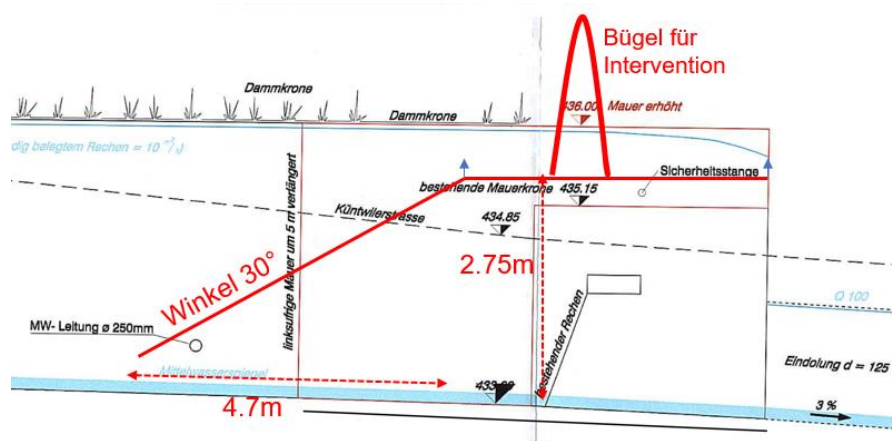


Abbildung 16; Skizze des neuen Rechens mit Neigungswinkel 30° (Plangrundlage [10])

Die Rechenstäbe des **Sammlers Waldhof** (Abbildung 17) sind rund 1.2 m hoch und liegen deutlich unter dem Wasserspiegel des 100-jährlichen Abflusses (Annahme $H_{Q_{100}} = 14.5 \text{ m}^3/\text{s}$ [2]). Durch eine Erhöhung der Rechenstäbe könnte das Rückhaltevolumen erhöht werden. Es muss allerdings geprüft werden, wie sich eine Erhöhung der Stäbe auf das Rückstauverhalten von Holz und Geschiebe verhält. Es muss sichergestellt werden, dass es durch einen höheren Aufstau nicht auf der Höhe des Geschiebesammlers zu Wasseraustritt kommt.

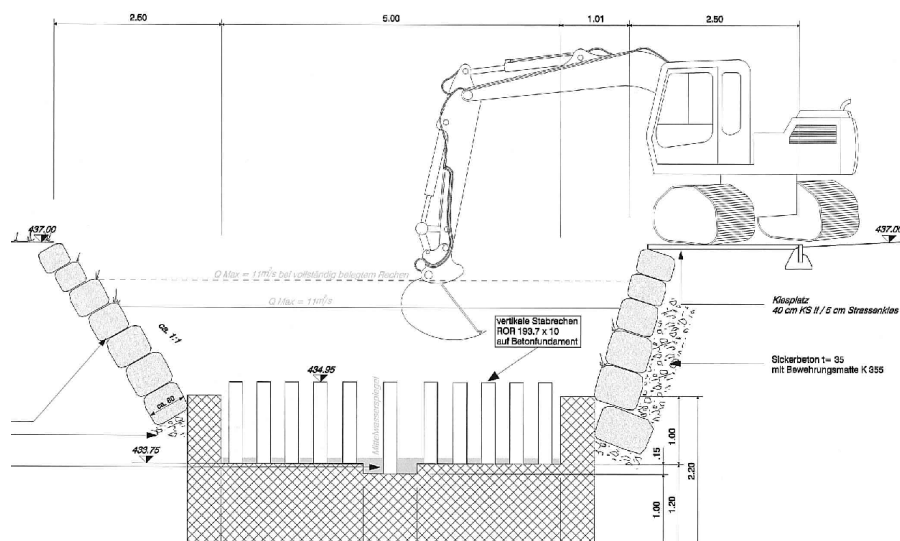


Abbildung 17: Planausschnitt Rechen beim Sammler Waldhof (Plangrundlage [10])

Eine zusätzliche Rückhaltemöglichkeit für Schwemmholz bereits oberhalb des Siedlungsgebiets bietet sich am **Chüntwilerbach auf der Höhe des Mattenhof** an. In diesem Bereich sind im Hochwasserschutzprojekt keine Massnahmen geplant. Der bestehende Durchlass / Rohrleitung ist deutlich zu klein. Beim Hochwasserereignis im Juli kam es zu einer Verklauung des Rohrs und Wasseraustritt. Das Terrain bildet oberhalb der Strasse eine kleine natürliche Geländemulde, die sich gut als Ablagerungsraum eignen würde.

4.1.4 Freibord

Im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts [2] wurde eine Freibordberechnung nach KOHS für jeden Bach vorgenommen. Unter Berufung auf die diversen Rechenbauwerke wird das Teilfreibord für Schwemmholz weggelassen und die Annahme *kein Schwemmholz* getroffen [2]. Dies widerspricht den Beobachtungen aus dem. Dennoch resultieren Freibordhöhen von 0.65 m (Waldbach) bis 1.3 m (Steintobelbach und Chüntwilerbach) [2] unter Berücksichtigung der Unschärfen der Wasserspiegellage und aufgrund von Wellenbildung. Gemäss Technischem Bericht wurde für alle Bäche ein minimaler Freibord definiert, welches jedoch um einiges kleiner ist als die Berechnungen nach KOHS [11].

Steintobelbach	$f_{\min} = 0.6 \text{ m}$
Waldbach im Siedlungsgebiet	$f_{\min} = 0.6 \text{ m}$ (unterhalb Schwemmholzrechen bei 705.00 m)
Waldbach oberhalb Siedlung	$f_{\min} = 0.3 \text{ m}$
Sijentalbach	$f_{\min} = 0.3 \text{ m}$
Chüntwilerbach	$f_{\min} = 0.8 \text{ m}$ (inkl. HWS-Entlastung)

Abbildung 18: Definierte Freibordhöhen für die Bemessungswassermenge HQ_{100} je Gerinne gemäss [2]

Wir empfehlen die Festlegung des Freibords zu überprüfen und neu zu definieren.

4.1.5 Überlastfall

Aus dem Technischen Bericht des Hochwasserschutzprojekts [2] kommen keine Angaben zum Überlastfall hervor. Das Bundesamt für Umwelt verlangt in allen Wasserbauprojekten den Umgang mit dem Überlastfall aufzuzeigen und entsprechende Massnahmen zu beleuchten.

4.2 UMGANG MIT OBERFLÄCHENABFLUSS HANGMASSNAHMEN STEINTOBELBACH

Im Hangbereich sind Terrainanpassungen angedacht, um das anfallende Hangwasser in den Steintobelbach zu leiten. Das heutige Terrain und auch der Fliessweg des Hangwassers im Ereignis vom Juli 2021 zeigen, dass der Bereich oberhalb des angedachten Dammes H.01 natürlicherweise Richtung Waldbach (respektive heute auf die Meierskappelerstrasse, vgl. Abbildung 19, links) entwässert und nicht zum natürlichen Einzugsgebiet des Steintobelbachs gehört. Wasser in ein anderes Einzugsgebiet leiten ist grundsätzlich machbar, die Kapazität des Gerinnes, in welches das Wasser eingeleitet wird - in diesem Fall der Steintobelbach, muss jedoch sichergestellt werden.

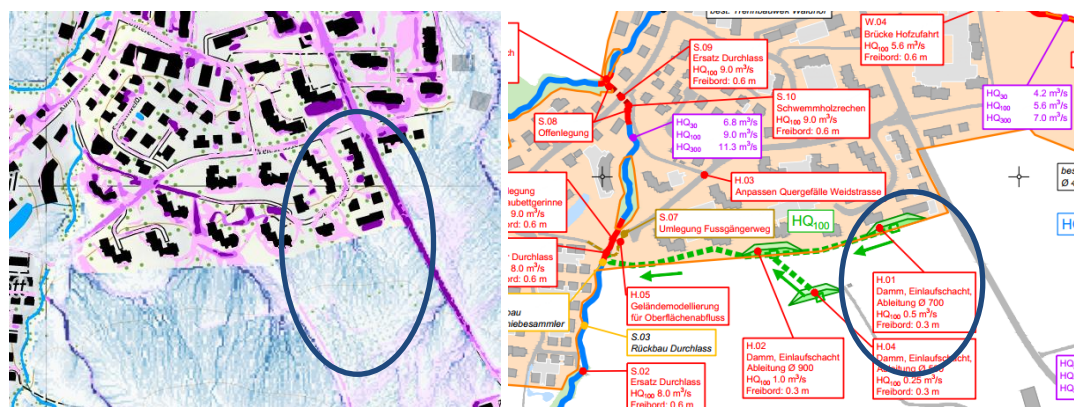


Abbildung 19: Links: Ausschnitt der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss des BAFU [7] und der Fliesswegkarte (Landwirtschaftsgebiet) des BLW [12] (Quelle: map.geo.admin.ch); Rechts: Ausschnitt aus dem Übersichtsplan des HWS-Projekts [2].

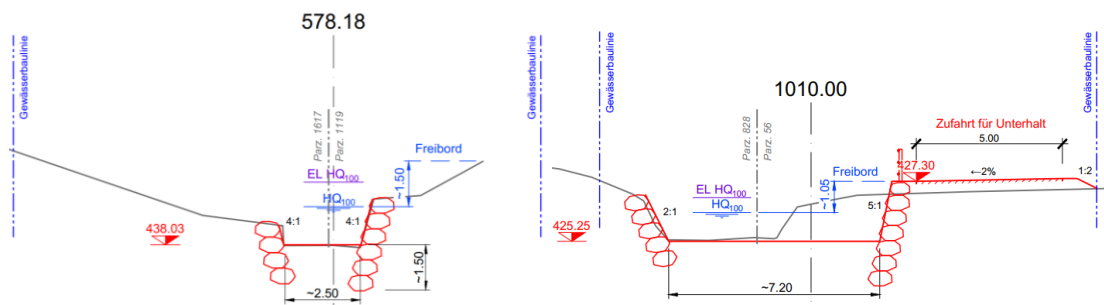


Abbildung 21: Planausschnitte QP 578.18 und QP 1010 am Chüntwilerbach [2]

4.4 WEITERE ASPEKTE

4.4.1 Revitalisierung Waldbach

Am Waldbach ist stellenweise eine Offenlegung vorgesehen (W.01 und W.11). Die bestehende Eindolung Bodenhof bleibt gemäss Planunterlagen bestehen, obwohl deren Kapazität mit $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht annähernd einen 30-jährlichen Hochwasserabfluss abführen kann [3]. Die Offenlegung des Waldbachs auf voller Länge sollte zwingend angestrebt werden. Durch die Verhinderung von Eindolungen werden Schwachstellen eliminiert und die Gefährdungssituation entschärft. Zudem gilt es zu beachten, dass eine naturnaher Gerinnegestaltung auf alle Fälle geringere Investitionskosten sowie Unterhaltskosten generiert.

Hünenberg, 09.02.2022

HOLINGER AG

Sandro Ritler
Projektleiter
sandro.ritler@holinger.com

Dominique Bucher
Projektingenieurin
dominique.bucher@holinger.com

KARTENBEILAGEN

Unwetterereignis 25.07.2021

Kartierung Rotkreuz

Gerinneprozesse

Legende

Schwachstellen Gefahrenkarte

- HQ30
- HQ100
- HQ300

Fließgewässer

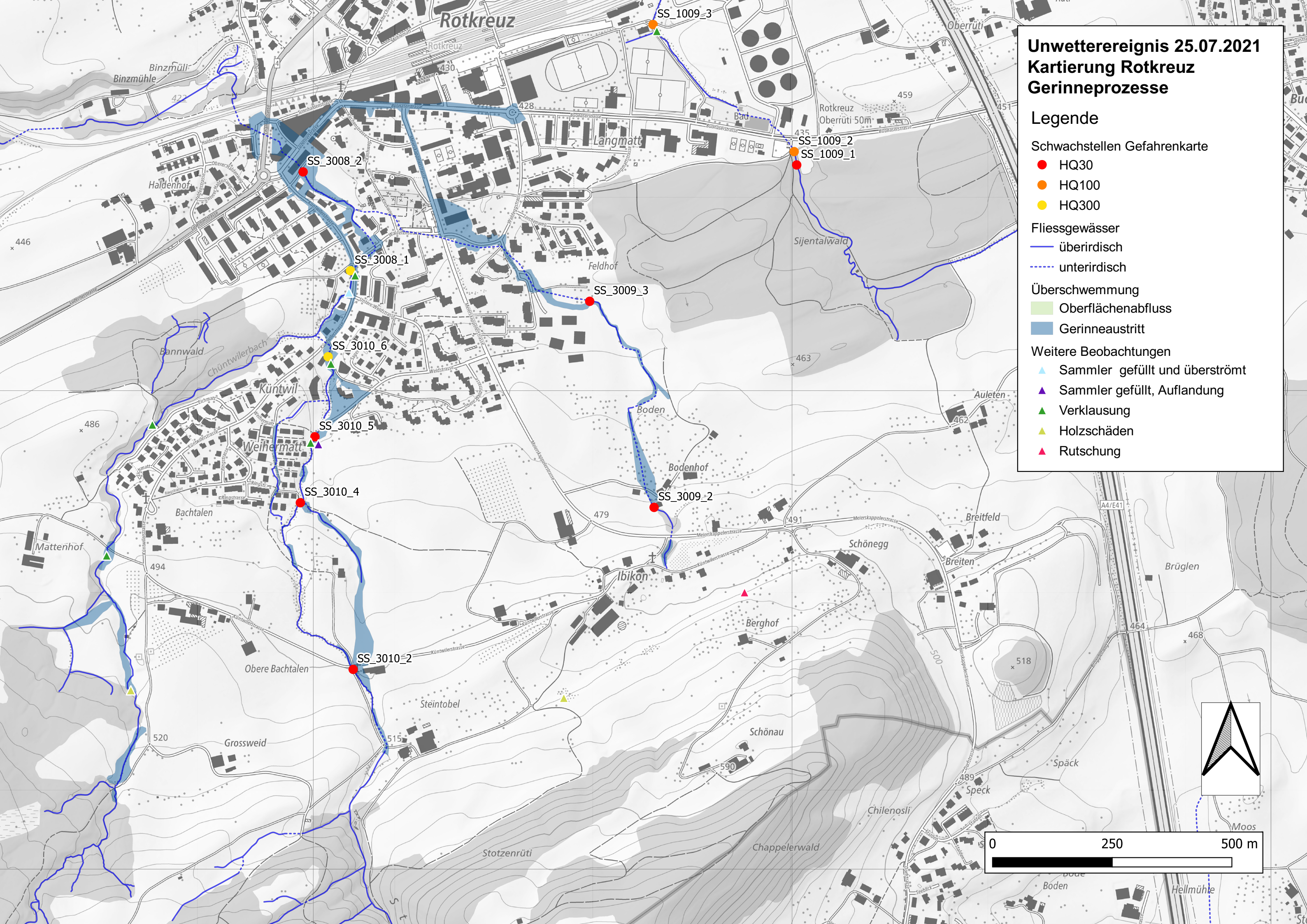
- überirdisch
- unterirdisch

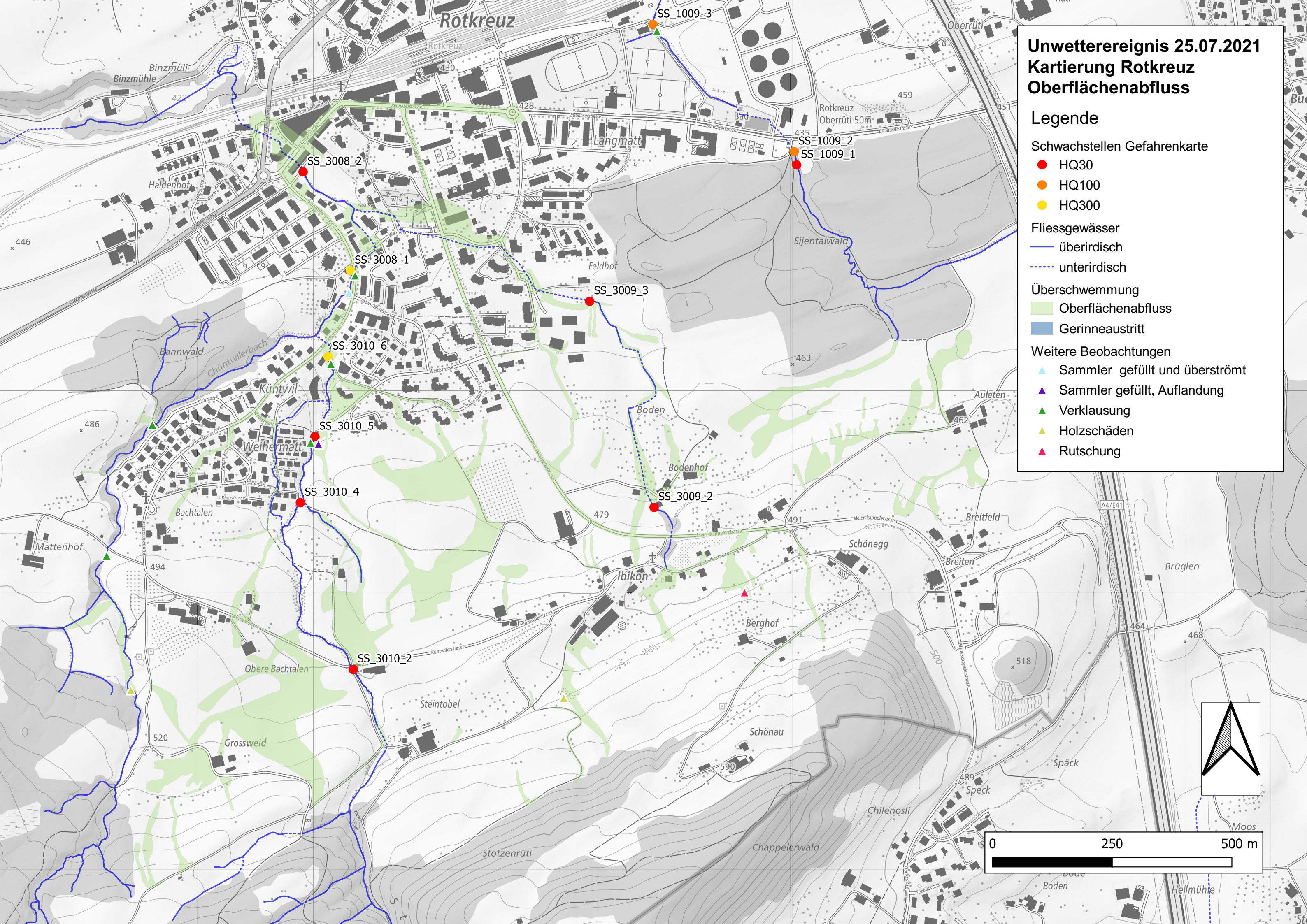
Überschwemmung

- Oberflächenabfluss
- Gerinneaustritt

Weitere Beobachtungen

- Sammler gefüllt und überströmt
- Sammler gefüllt, Auflandung
- Verklauung
- Holzschäden
- Rutschung





Unwetterereignis 25.07.2021

Kartierung Rotkreuz

Oberflächenabfluss

Legende

Schwachstellen Gefahrenkarte

- HQ30
- HQ100
- HQ300

Fließgewässer

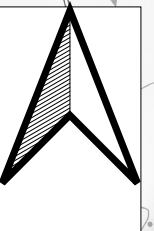
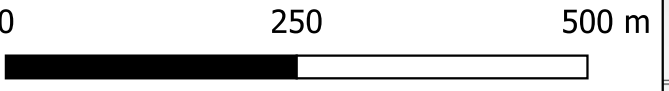
- überirdisch
- unterirdisch

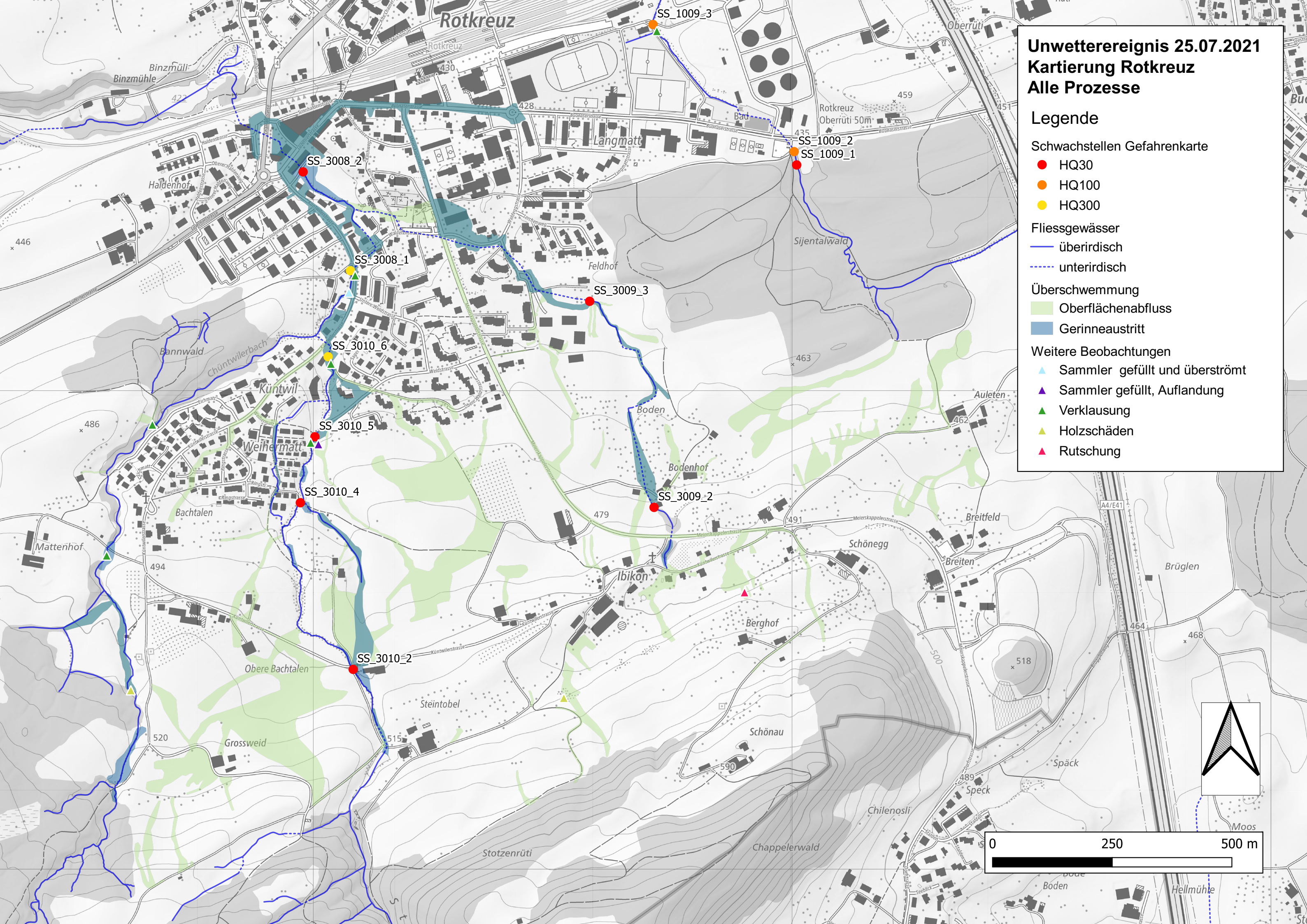
Überschwemmung

- Oberflächenabfluss
- Gerinneaustritt

Weitere Beobachtungen

- Sammler gefüllt und überströmt
- Sammler gefüllt, Auflandung
- Verklauung
- Holzschäden
- Rutschung





Unwetterereignis 25.07.2021

Kartierung Rotkreuz

Alle Prozesse

Legende

Schwachstellen Gefahrenkarte

- HQ30
- HQ100
- HQ300

Fließgewässer

- überirdisch
- unterirdisch

Überschwemmung

- Oberflächenabfluss
- Gerinneaustritt

Weitere Beobachtungen

- Sammler gefüllt und überströmt
- Sammler gefüllt, Auflandung
- Verklauung
- Holzschäden
- Rutschung

