

Überprüfung der hydrologischen Grundlagen in der Gemeinde Meierskappel

unter Berücksichtigung des Hochwassers vom 25. Juli 2021



*Dietisbergbach beim Einlauf neben der Schreinerei Arnold AG
Quelle: Herr Leo Arnold*

Auftraggeber:
Kanton Luzern, Verkehr und Infrastruktur (vif)
Naturgefahren

Bericht: 23/318

Reinach, November 2023

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
1.1 Problemstellung.....	4
1.2 Vorgehen.....	5
1.3 Gewährspersonen.....	5
1.4 Gebietskennwerte.....	6
2 Verwendete Daten und Unterlagen	8
3 Das Niederschlags- und Abflussgeschehen am 25. Juli 2021	10
3.1 Einleitung.....	10
3.2 Vorgeschichte.....	10
3.2.1 Klimatische Vorbedingungen.....	10
3.2.2 Bodenfeuchte.....	10
3.2.3 Einordnung der Vorgeschichte.....	12
3.3 Analyse des Niederschlags vom 25. Juli 2021.....	13
3.3.1 Zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilung.....	13
3.3.2 Räumliche Niederschlagsverteilung.....	15
3.3.3 Einordnung des Niederschlags vom 25. Juli 2021.....	16
3.4 Abfluss-Rekonstruktion des Hochwassers 25. Juli 2021.....	17
3.4.1 Einleitung.....	17
3.4.2 Rekonstruktionen.....	18
3.5 Einordnung historisch.....	19
4 Historische Hochwasser	21
4.1 Einleitung.....	21
4.2 Die Geschichte des Bachausbaus.....	21
4.3 Überblick der historischen Hochwasser.....	21
4.4 Einordnung der Hochwasser.....	23
5 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets	24
5.1 Einleitung.....	24
5.2 Geologie und Hydrogeologie.....	24
5.3 Böden.....	26
5.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen Flächen.....	27
5.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	30
5.6 Abflussreaktionskurven.....	30
6 Abflussberechnungen	32
6.1 Einleitung.....	32
6.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA^+}	32

6.3 Verifikation des Modells.....	34
6.4 Niederschlags-Szenarien.....	37
6.4.1 Einleitung.....	37
6.4.2 Räumliche Niederschlagsverteilung.....	37
6.4.3 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten.....	37
6.4.4 Kombination von Vorfeuchte und Starkregen.....	39
6.5 Abflussberechnungen – Niederschlagszenarien Küssnacht.....	41
6.6 Abflussberechnungen für die Hydromaps-, Luzern- und RCP8.5- Szenarien.....	43
7 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....	44
7.1 Einleitung.....	44
7.2 Hochwasserabflüsse am Dietisbergbach (BP3, Hellmühlestrasse) und Laubach (BP7).....	45
7.3 HQ_x für die untersuchten Bemessungspunkte.....	45
Anhang.....	50

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Bäche der Gemeinde Meierskappel entwässern den südlichen Hang des Roterbergs. Die Bäche fliessen in fast parallel verlaufenden kleinen Tälern von Südost nach Nordwest bis zur Autobahn A4 (Abb. 1.1). Der Dietisbergbach durchfliesst das Dorf Meierskappel und fliesst später entlang der Autobahn Richtung Süden, wobei er weitere Gewässer auf seinem Weg bis zur Autobahnunterführung aufnimmt. Der Dietisbergbach und der von der östlichen Seite kommende Erlibach unterqueren beim grossen Gewerbegebiet "Fänn" die Autobahn. Der Erli- oder Aabach mündet schliesslich bei Landhaus in den Zugersee. Das gesamte Einzugsgebiet (EZG) hat eine Fläche von 15.5 km².

Die grösste Hochwassergefährdung im Siedlungsgebiet von Meierskappel geht vom Dietisbergbach aus. Der Dietisbergbach wird im Ereigniskataster der Gefahrenkarte (GEOTEST, Oeko-B, 2007) im Zusammenhang mit Überschwemmungen im Jahr 2003 und 2005 erwähnt. Weitere Ereignisse sind in StorMe dokumentiert (2020, 2021). Im Rahmen dieser Gefahrenkarte wurden mit Hilfe von Schätzverfahren hydrologische Grundlagen bereitgestellt. Es wurden diverse Kapazitätsdefizite und gefährdete Flächen ausgewiesen.

Auf jenen hydrologischen Grundlagen basierend wurde 2015/16 am Dietisbergbach ein Wasserbauprojekt realisiert (Flussbau AG, 2011), um den Hochwasserschutz zu gewährleisten. Kurz darauf führte das Hochwasser vom 25. Juli 2021 in der gesamten Gemeinde zu grossen Überschwemmungen. Nun sollen die hydrologischen Grundlagen (HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀) der Gemeinde Meierskappel überprüft und aktualisiert werden.

Das Hochwasser vom 25. Juli 2021 ist mit vielen eindrücklichen Fotos und Videos umfangreich dokumentiert. Dies bildet eine gute Grundlage zur Rekonstruktion der Abflussspitzen des Ereignisses. Es ist auch wichtig zu erkennen, wie dieses Hochwasser entstanden ist (zeitlicher Niederschlagsverlauf, räumliche Verteilung, Vorbedingungen, etc.). Daher soll eine detaillierte Untersuchung durchgeführt werden, welche diesen Fragen nachgeht und die Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit herleitet.

Dabei stellen sich folgende Fragen:

- Wie entstand das Hochwassers 2021?
- Wie ordnen sich die beim Hochwasser vom 25. Juli 2021 beobachteten Niederschläge in eine aktuelle Niederschlagsstatistik Scherrer AG (2023) ein und wie vergleichen sich die beobachteten Abflüsse mit der Hochwassergeschichte in Meierskappel?
- Wie gross sind die im Gebiet zu erwartenden Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit (HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀), wenn detaillierte hydrologische Untersuchungen (Abflussbereitschaft des EZG, Hochwassergeschichte, Abflussberechnungen mit einem räumlich detaillierten Niederschlag-Abflussmodell) durchgeführt werden.
- Im Jahr 2022 erschien im Hydrologischen Atlas der Schweiz (HADES) das neue Blatt (B04) "Extreme Punktniederschläge" (Frei & Fukutome, 2022). Es gibt Auskunft über 1 h und 24 h Niederschläge unterschiedlicher Jährlichkeit. Die Aktualisierung des bisherigen Blattes 2.22 aus dem Jahre 1997 war schon lange fällig. Vom BAFU wird generell erwartet, dass diese neuen Grundlagen bei hydrologischen Untersuchungen berücksichtigt werden. Allerdings hat dieses Blatt bezüglich Ereignisdauern (nur 1 h- und

24 h-Werte) und Untersuchungsperiode (letzte 60 Jahre) Begrenzungen.

Ebenso wurden in MeteoSchweiz (2018) mögliche Auswirkungen des CO₂-Ausstosses auf Temperatur und Niederschlagcharakteristik untersucht. Das BAFU verlangte bei hydrologischen Untersuchungen in der näheren Umgebung von Meierskappel, dass die Sensitivität des sog. RCP 8.5-Szenarien auf die Abflüsse untersucht wird. In den Westalpen beispielsweise wird gemäss MeteoSchweiz (2018) bei den Tagesniederschlägen mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren mit einer Erhöhung von 16% ausgegangen.

1.2 Vorgehen

Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der durchgeführten Untersuchungen dar. Im Kapitel 2 sind Personen aufgeführt, welche uns bei der Erkundung historischer Hochwasser unterstützt haben und es sind auch die verwendeten Unterlagen aufgeführt. Das Kapitel 3 beinhaltet die Auswertung des Hochwassers von 25. Juli 2021. Kapitel 4 zeigt die aus der Erkundung historischer Hochwasser gewonnenen Erkenntnisse. Kapitel 5 befasst sich mit Abflussbereitschaft des Einzugsgebiets und seiner Reaktionsweise auf Starkregen. Darauf aufbauend erfolgen die Berechnungen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (Kap. 6). Das Modell wurde an vergangenen Ereignissen verifiziert. Im Kapitel 7 werden die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit hergeleitet, indem sämtliche Resultate in Frequenzdiagrammen zusammengefügt werden.

1.3 Gewährspersonen

- Arnold Leo, Schreinerei Arnold AG
- Camenzind Alois, Anwohner "Bode"
- Fischer Max, Anwohner Sagitobel
- Huber Arthur, Anwohner (Wuhrmeister)
- Knüsel Rolf, Feuerwehr-Kommandant
- Koller Markus, Anwohner Laubach
- Hanspeter Erni, Anwohner Landhus
- Helfenstein Frau, Anwohner Landhus
- Müller Markus, Anwohner Hof Buebliswil
- Seholzer Werner, Anwohner Hof Fernsicht

1.4 Gebietskennwerte

Diese Kennwerte beziehen sich auf das in Abbildung 1.1 aufgeführte Teil-EZG.

Tab. 1.1: Gebietskennwerte des untersuchten EZG.

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (Fusterliwald)	836 m ü. M.
Tiefster Punkt im Einzugsgebiet (Zugersee)	415 m ü. M.
EZG oberhalb BP1: Speckbach	0.17 km ²
EZG oberhalb BP2: Dietisbergbach bei Schulhaus	0.76 km ²
EZG oberhalb BP3: Dietisbergbach bei Hellmühlestrasse	1.19 km ²
EZG oberhalb BP4: Gumbach bei Chäppelhof	0.99 km ²
EZG oberhalb BP5: Gumbach bei Gerbe	1.34 km ²
EZG oberhalb BP6: Gumbach bei Hellmüli	1.64 km ²
EZG oberhalb BP7: Laubach	3.46 km ²
EZG oberhalb BP8: Laubach bei der Autobahnunterführung	3.49 km ²
EZG oberhalb BP9: Spichtenbach bei der Autobahnunterführung	0.76 km ²
EZG oberhalb BP10: Erlibach bei der Meierskappelstrasse	2.43 km ²
EZG oberhalb BP11: Aahusbach bei der Zugerstrasse	5.73 km ²
EZG oberhalb BP12: Erlibach bei der Autobahnunterführung	9.92 km ²
EZG oberhalb BP13: Aabach bei Oschweid	14.20 km ²
EZG oberhalb BP14: Aabach Mündung ins Zugersee	15.48 km ²

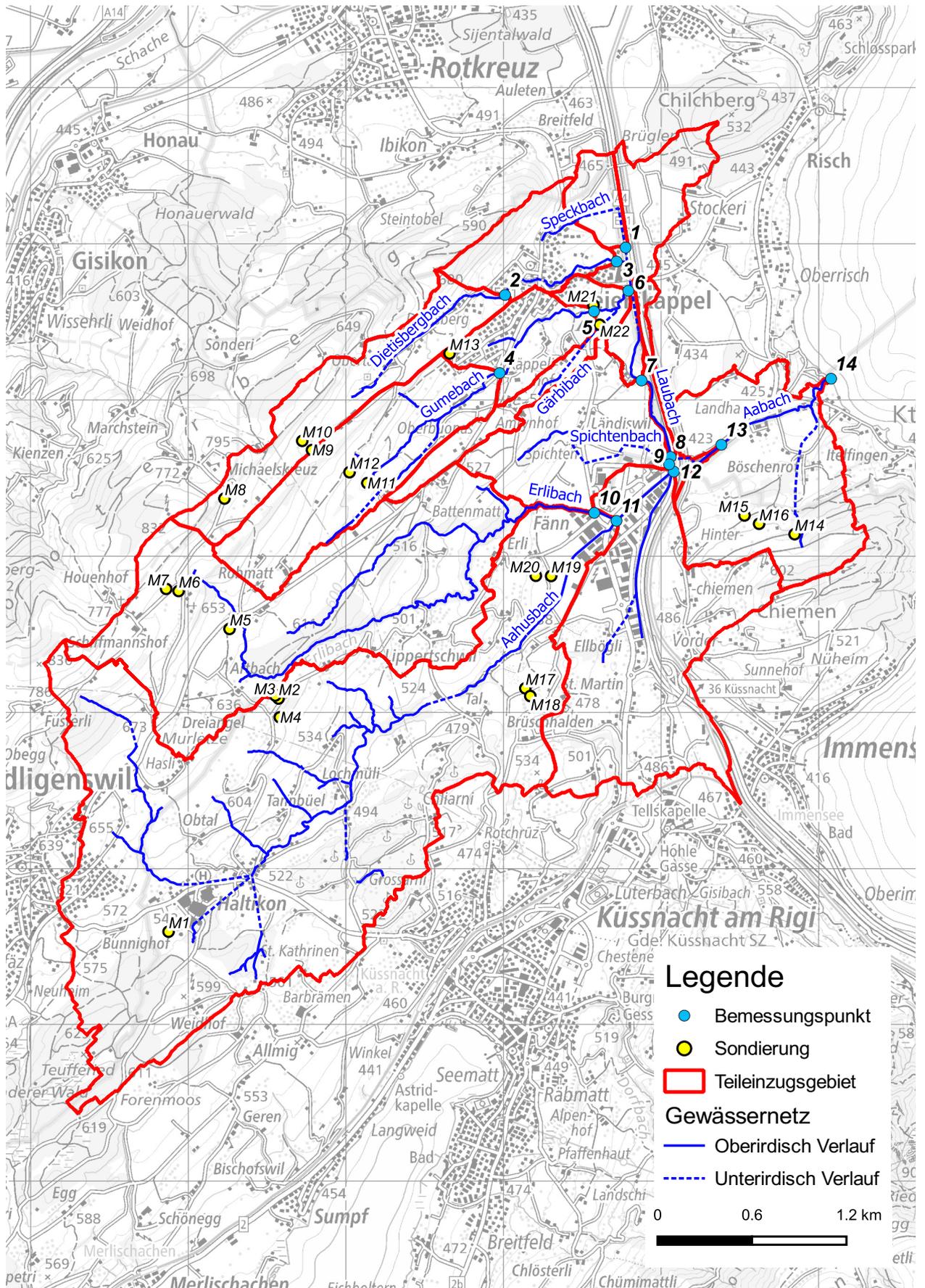


Abb. 1.1: Übersicht des Untersuchungsgebiets und der Teileinzugsgebiete mit den nummerierten Bemessungs- und Sondierungspunkten.

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Emch+Berger WSB AG (2015): Neubau Aabachbrücke und Sanierung Landhusbrücke. Technischer Bericht. Auftraggeber: Einfache Gesellschaft Aabach-Landhus.
- Frei C., Fukutome S. (2022): B04 Extreme Punktniederschläge. Hydrologischer Atlas der Schweiz. Abgerufen im August 2023 über <https://hydromaps.ch>.
- Flussbau AG (2011): Erstellung Dietisbergbach Gemeinde Meierskappel – Bauprojekt. Auftraggeber: Kanton Luzern.
- GEOTEST, Oeko-B (2007): Gefahrenkarte Meierskappel: Technischer Bericht. Auftraggeber: Gemeinde Meierskappel.
- Hantke R. (2006): Blatt 1151 Rigi, mit Nordteil von Blatt 1171 Beckenried. – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläut. 116.
- Hunziker, Zarn, & Partner (2010): Gefahrenkarte Hochwasser Aabach und Zuger See, Gemeinde Risch. Auftraggeber: Eiola AG.
- IPCC (2013), “Summary for Policymakers,” in Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz, 1 : 100'000, Blatt Bözberg-Beromünster, Erläuterungen, Herausgegeben von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission.
- Kienzler P., Naef F. (2008): Subsurface storm flow formation at different hillslopes and implications for the ‘old water paradox’. Hydrological Processes, 22, 104–116.
- Louis Ingenieurgeologie, Ingenieure Bart AG (2018): Naturgefahrenkarte Bezirk Küssnacht am Rigi: Technischer Bericht. Auftraggeber: Kanton Schwyz.
- Lanz-Stauffer, H. und C. Rommel (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonalschweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- MeteoSchweiz (2018): Climate Scenarios for Switzerland. National Centre for Climate Services NCCS.
- Oeko-B (2013): Gefahrenkarte Meierskappel: Ergänzung Gebiet Fänn. Bericht und Anhang. Auftraggeber: Kanton Luzern.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- Naef F., Scherrer S., Frauchiger R. (2004): Wie beeinflusst die Siedlungsentwicklung von Zürich-Nord die Hochwasser der Glatt? "Wasser Energie Luft" 96. Jahrgang, 2004, Heft 11/12, CH-5401 Baden.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer AG (2023): Hydrologische Untersuchungen in Rotkreuz (Gemeinde Risch) unter Berücksichtigung des Hochwasserereignisses vom 25. Juli 2021. Gemeinde Risch, Abteilung Planung / Bau / Sicherheit. Bericht 22/305, Juli 2023.
- Scherrer S. (1997): Abflussbildung bei Starkniederschlägen – Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge. In: Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 147.
- Scherrer S., Naef F. (2003): A decision scheme to indicate dominant flow processes on temperate grassland. In: Hydrological Processes, 17, 391-401.
- StorMe (2023): Naturereigniskataster StorMe. Web-Applikation Verwaltung und Analyse von Naturgefahrenereignissen <https://bafu.admin.ch/naturereigniskataster-storme/>. Bundesamt für Umwelt

BAFU.

- Sturmarchiv Schweiz (2022): Swiss Severe Weather Database SSWD <https://www.sturmarchiv.ch/>
- swisstopo, Bundesamt für Landestopographie (2023): Diverse Layer, Luftbilder, geocover, etc. <https://map.geo.admin.ch/>.
- WSL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2023): Schadendatenbank der Gemeinde Meierskappel und Umgebung (1972 – 2022).
- Zeitungen, verschiedene (Luzerner Zeitung, Neue Zürcher Zeitung, etc.).

3 Das Niederschlags- und Abflussgeschehen am 25. Juli 2021

3.1 Einleitung

Bei der Analyse der Entstehung von Hochwassern spielt der zeitliche Verlauf des Niederschlags, die räumliche Verteilung und die beobachteten Niederschlagsspitzen eine wesentliche Rolle. Klimatische Aspekte in den Tagen und Wochen vor dem Ereignis sind ebenfalls von Interesse, weil sie den Ausgangszustand (Bodenfeuchte, Basisabfluss, etc.) beeinflussen.

Für die Untersuchungen des Niederschlags und der Bodenfeuchte standen einigen Messstationen in der Umgebung des Einzugsgebiets zur Verfügung (Abb. 3.3).

3.2 Vorgeschichte

3.2.1 Klimatische Vorbedingungen

MeteoSchweiz beschreibt die klimatischen Verhältnisse (Witterung) zwischen Mai und Juli wie folgt:

Nach den zwei regenreichen Monaten Mai und Juni fielen in der ersten Julihälfte abermals grosse Regenmengen und vielerorts Hagel. Gegen Monatsmitte kam es an mehreren Flüssen und Seen zu Hochwasser und Überschwemmungen. Erst auf das letzte Julidrittel hin gab es in der ganzen Schweiz einige sonnige Sommertage. Der Monat endete nass, im Tessin und der Innerschweiz kam es wiederum zu starken Regenfällen und Überschwemmungen. Der Juli war schliesslich an zahlreichen Messstandorten in der Nord- und Zentralschweiz einer der niederschlagsreichsten, im landesweiten Mittel sogar der niederschlagsreichste seit Messbeginn. Die mittlere Schweizer Julitemperatur lag mit 13.9°C leicht unter der Norm 1981 - 2010 (MeteoSchweiz, 2021).

MeteoSchweiz beschreibt die längere Vorgeschichte von Mai über Juni bis 25. Juli 2021 als regenreich und geprägt von etlichen ergiebigen Niederschlägen mit wenigen warmen Sommertagen. Die Frage stellt sich, welche Auswirkung diese Nassphase auf den Bodenzustand insbesondere die Vorfeuchte hatte.

3.2.2 Bodenfeuchte

Im 7.5 km von Meierskappel entfernten Cham (CHAM) wird der Niederschlag und die Saugspannung im Boden in 20 und 35 cm Tiefe gemessen. Die Saugspannung (in cbar) ist ein Mass für die Bodenfeuchte. Ist die Saugspannung des Bodens Null, dann ist der Boden wassergesättigt, ist die Saugspannung hoch ist der Boden trocken (Abb. 3.1 unten).

Abbildung 3.1 (oben) zeigt die Niederschläge anhand der Tageswerte und die Summenlinie des Niederschlags. Die Saugspannungen sind in Abbildung 3.1 (unten) dargestellt. Zum besseren Verständnis sind die Bereiche nass (rot), sehr feucht (orange), feucht (gelb) und trocken (grün) dargestellt.

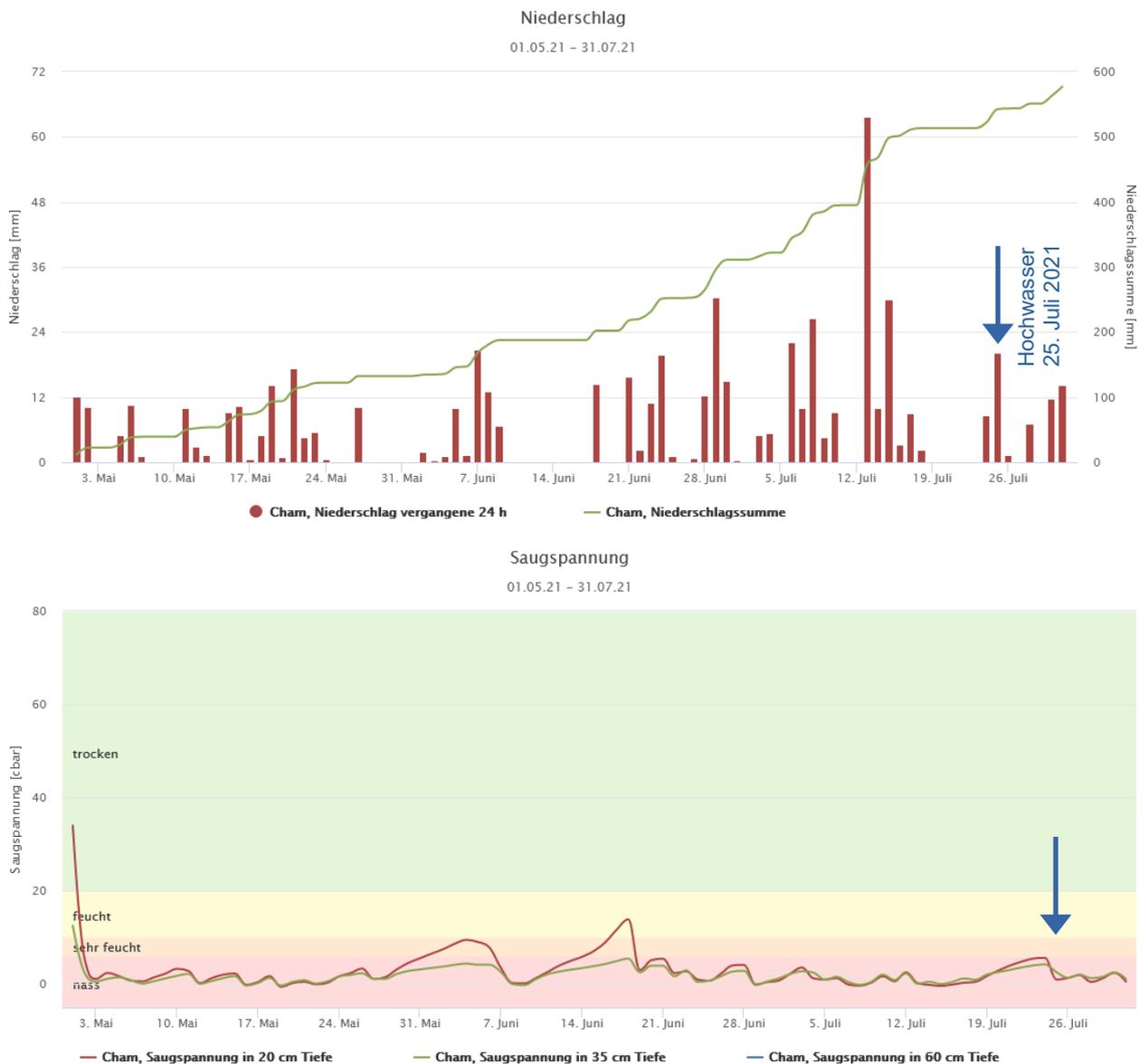


Abb. 3.1: Daten der 7.5 km entfernten Bodenfeuchte-Messstation Cham. Oben: Gemessene Niederschläge (Tageswerte und Summenlinie) und unten: Saugspannungen (in 20 und 35 cm Tiefe) im Zeitraum Mai - Juli 2021. Der blaue Pfeil markiert das Hochwasser vom 25.7.2021 (Quelle: <https://www.bodenmessnetz.ch/>).

Von Anfang Mai bis Ende Juni regnete es immer wieder, in diesen beiden Monaten fielen mehr als 300 mm (300 l/m^2) Niederschlag.

Bereits Anfang Mai sank die Saugspannung im Boden und lag bis Ende Juli stets im sehr feuchten und nassen Bereich. Der blaue Pfeil markiert den Zeitpunkt des Hochwassers am 25. Juli 2021. Aufgrund der hohen Niederschlagssumme und der eher kühlen Witterung dürften also die Ausgangsbedingungen auch im Gebiet Meierskappel sehr feucht bis nass gewesen sein. Auch die etwas weiter entfernt liegende Bodenmessstation Menzingen zeigte in diesem Zeitraum sehr feuchte bis nasse Bedingungen. Sind die Böden derart nass, erfolgt bei Starkregen die Abflussbildung wesentlich rascher als bei leicht feucht bis trockenen Bodenverhältnissen. Die Ausgangsbedingung am 25.7.2021 (Vorfeuchte) waren also aus der Sicht der Abflussbildung ungünstig.

3.2.3 Einordnung der Vorgeschichte

Die Aufzeichnung der Bodenfeuchte resp. Saugspannungen im benachbarten Cham geht nur bis ins Jahr 2011 zurück, dies ermöglicht keine genauere statistische Auswertung. Deshalb wurde ein indirektes Vorgehen gewählt, um die Häufigkeit der Vorbedingungen am 25.7.2021 näherungsweise einzuordnen. Hierzu wurden die Tagesniederschläge der im EZG gelegenen Station Küssnacht am Rigi (KAR. von 1961 - 2022) bezüglich Vorregenindex ausgewertet (Bronstert, 2004). Der verwendete Vorregenindex V_{NS12} stellt ein Indiz für die Vorbefeuchtung eines EZG und die Bodenfeuchte dar. Er gewichtet den gefallenen Niederschlag nach dem zeitlichen Abstand vor dem Bezugstag¹. Der V_{NS12} berücksichtigt die Niederschläge der letzten 12 Tage.

Abbildung 3.2 zeigt die empirische Verteilung (blaue Punkte) des V_{NS12} -Index vor dem monatlichen Niederschlagsmaximum (der Sommermonate April bis Oktober) von 1961 bis 2022. Die Kurve zeigt beispielsweise, dass 70% der untersuchten Werte einen V_{NS12} -Index von weniger als 30 mm aufweisen (andererseits sind 30% der untersuchten Werte höher). Die vertikalen Linien zeigen den berechneten Index für ausgewählte Ereignisse. Der V_{NS12} von 47 mm vor dem Ereignis am 25.7.2021 (orange Linie) wird beispielsweise nur von rund 10% der beobachteten Werte überschritten. Diese Vorbedingungen sind daher selten.

Die seltenen Vorbedingungen werden auch durch die langen Zeitreihen der Tagesniederschläge der Stationen Küssnacht a. R. (KAR, 1883 - 2022) und Luzern (LUZ, 1880 - 2022) bestätigt (Anhang 4). An beiden Stationen wurde im Juli 2021 der monatliche Niederschlagsrekord der letzten ca. 120 Jahre gemessen (365 mm, resp. 320 mm)².

1 $Vorregenindex(V_{NS}) = \sum_{n=1}^n N_i \cdot k_i$ V_{NS12} , n=12 Tage, k_i variiert von 0.9 bis 0.282.

2 Der zwischen Mai und Juli 2021 gemessene 3-Monats-Niederschlag gehört ebenfalls an beiden Stationen zu den Top-5-Rekordwerten.

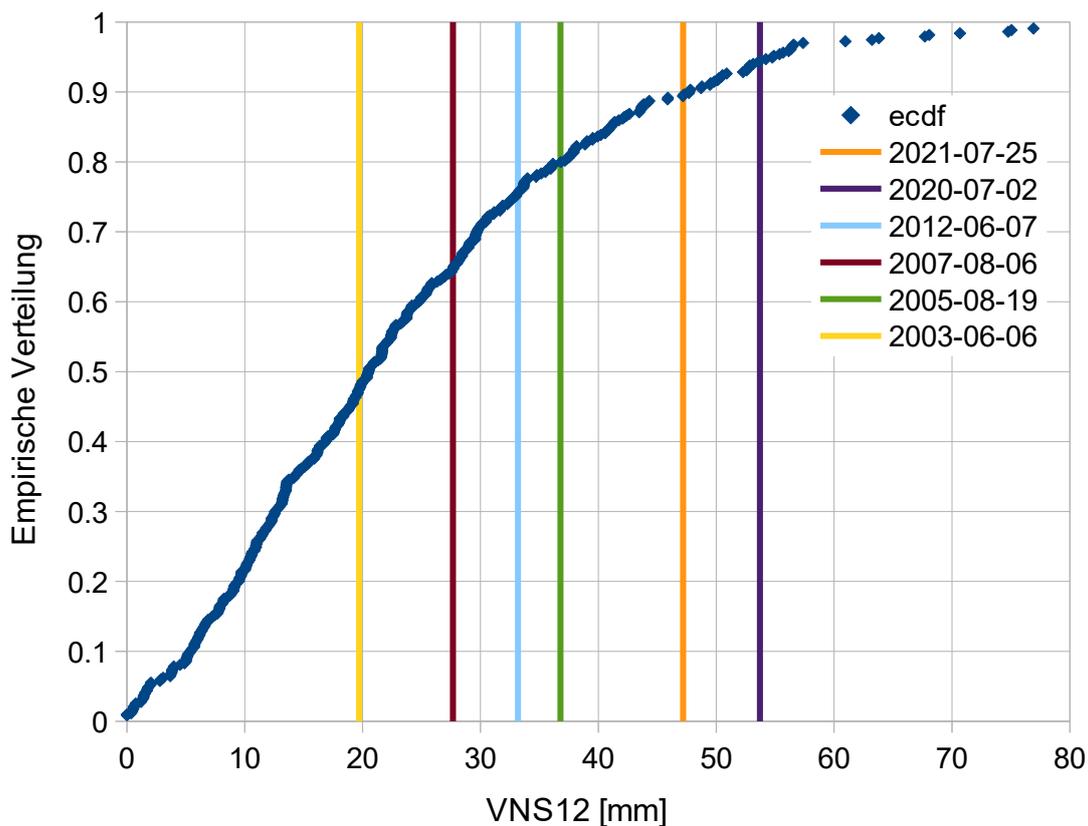


Abb. 3.2: Empirische Verteilung (blaue Punkte) des V_{NS12} -Index vor dem monatlichen Niederschlagsmaximum (April bis Oktober) von 1961 bis 2022. Die vertikalen Linien zeigen den berechneten Index für ausgewählte Ereignisse. (Tagesniederschläge von der Station Küssnacht am Rigi).

3.3 Analyse des Niederschlags vom 25. Juli 2021

3.3.1 Zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilung

Der zeitliche Verlauf des Niederschlags am 25.7.2021 wird anhand der zeitlich hoch aufgelöst messenden Niederschlagsstationen in der näheren Umgebung des EZG analysiert. Abbildung 3.4 zeigt die Niederschlag-Summenkurven vom 24.-27.7.2021 (Lage der Stationen, siehe (Abb. 3.3)). Die Stationen zeigen zwei Regenereignisse innerhalb von 24 Stunden: das erste, mit geringer Niederschlagsmenge und Intensität am 24.7. (16 bis 17 Uhr) und das Hauptereignis am 25.7. (12 bis 13 Uhr). Die Regenintensitäten sind an den Stationen im NW des EZG (Root, Honau) höher und nehmen in Richtung SE (Küssnacht a. R.) ab.

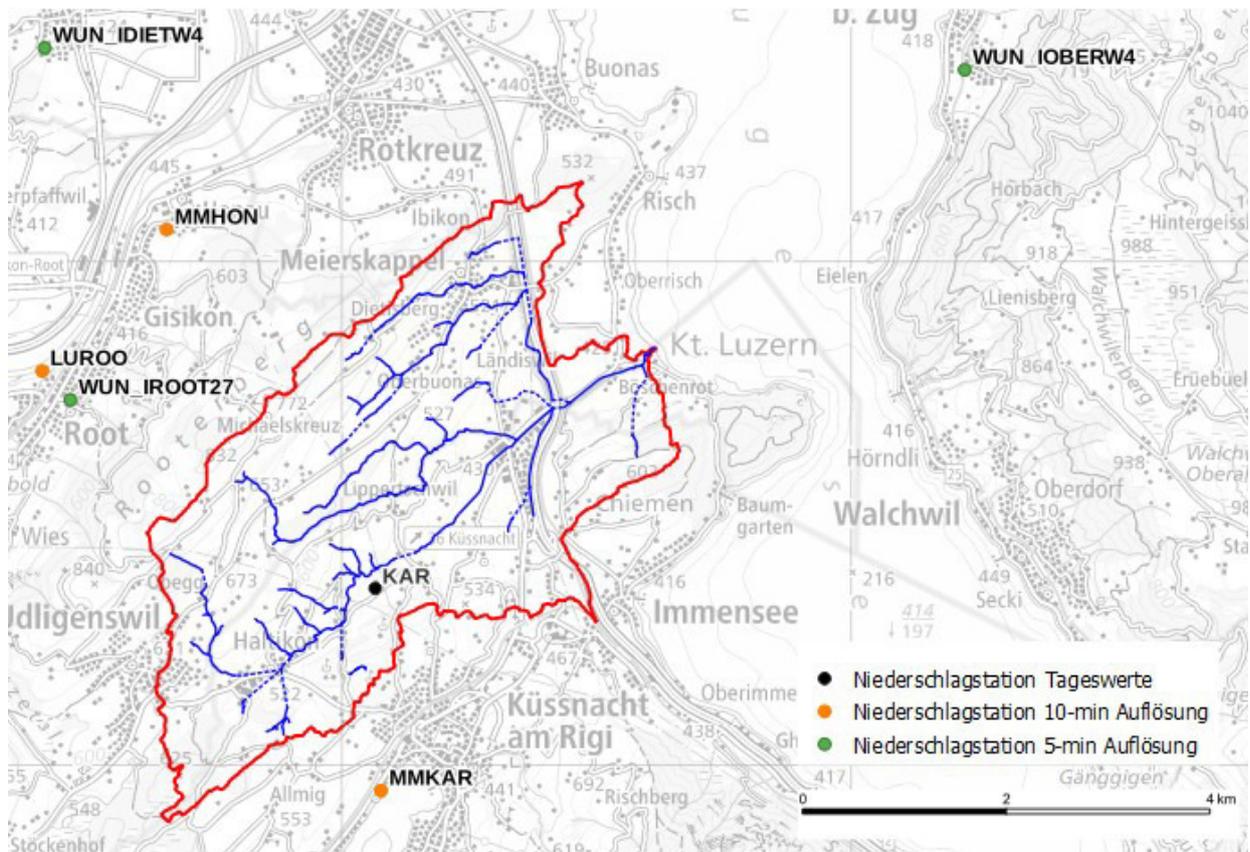


Abb. 3.3: Die Lage der für die Untersuchung verwendeten Niederschlagsmessstationen.

An den Stationen Root und Honau weist das Regenerereignis am 24.7. eine kumulierte Niederschlagsmenge zwischen 20 mm und 28 mm in etwa 1.5 Stunden auf. Die maximale stündliche Intensität betrug 25 mm und die höchste Intensität während 10 Minuten lag bei 108 mm/h (IROOT27).

Nach dem ersten Ereignis vom 24.7. blieb die Witterung feucht und es regnete leicht. Das Regenerereignis am 25.7. brach kurz nach 12 Uhr los und in weniger als einer Stunde registrierte die Station Root (IROOT27) eine Niederschlagsmenge von 48 mm, während an der Station Honau 31 mm gemessen wurden. Der höchste 10-Minutenwert erreichte in Honau 131 mm/h und in Root (LUROO) gar 235 mm/h, während in Küssnacht a. R. (MMKAR) 74 mm/h gemessen wurden.

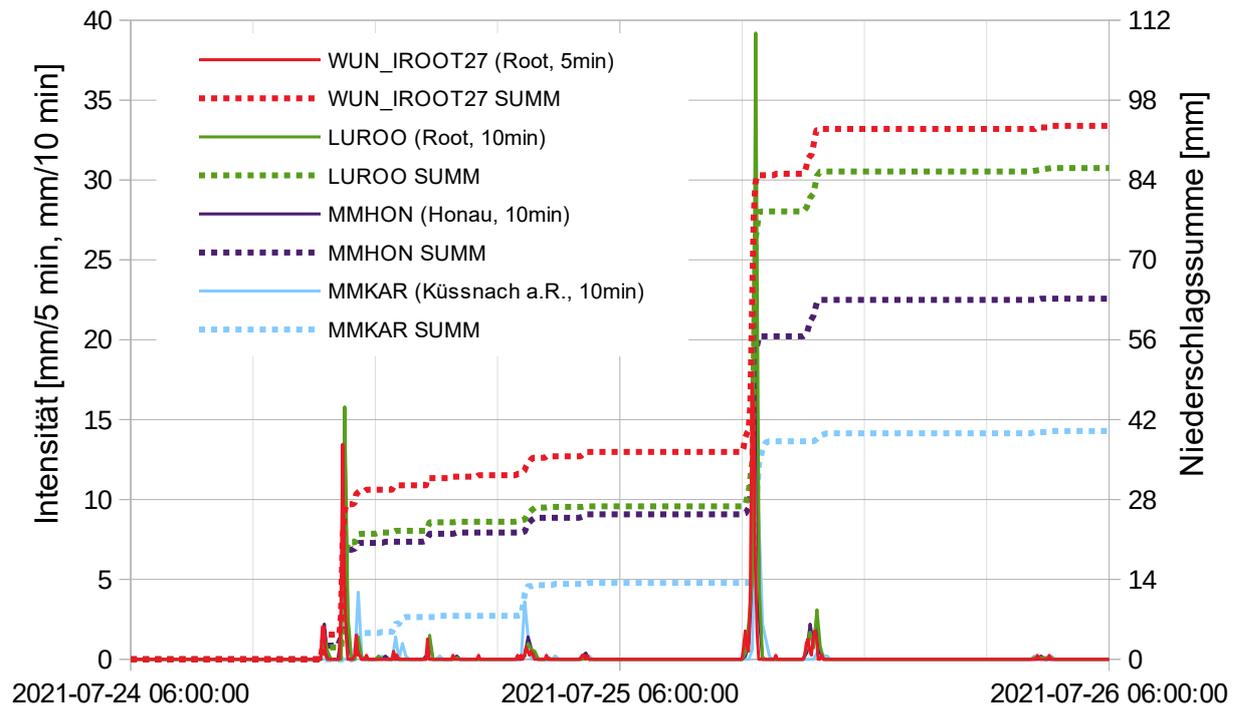


Abb. 3.4: Zeitlicher Verlauf der Niederschlagssumme [mm] an verschiedenen Niederschlagsmessstationen beim Ereignis vom 25. Juli 2021 (Lage der Stationen: Abb. 3.3).

3.3.2 Räumliche Niederschlagsverteilung

Abbildung 3.5 zeigt die räumliche Verteilung der an den nahegelegenen Niederschlagsstationen gemessenen Tagessummen zwischen 25.7.2021 um 7 Uhr bis 26.7.2021 um 7 Uhr. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge im EZG betrug lediglich 45 mm. Innerhalb des EZG sind vier Niederschlagsmessungen für den 24h-Zeitraum vorhanden³.

Die höchste Niederschlagsmenge wurde ausserhalb des EZG in Root mit einem Wert von 59 mm gemessen. Der Gradient deutet darauf hin, dass die Gebiete von Dietisbergbach und Gumbach stärker beregnet wurden.

3 Station Küssnacht und drei zusätzliche Messungen von Gewährspersonen.

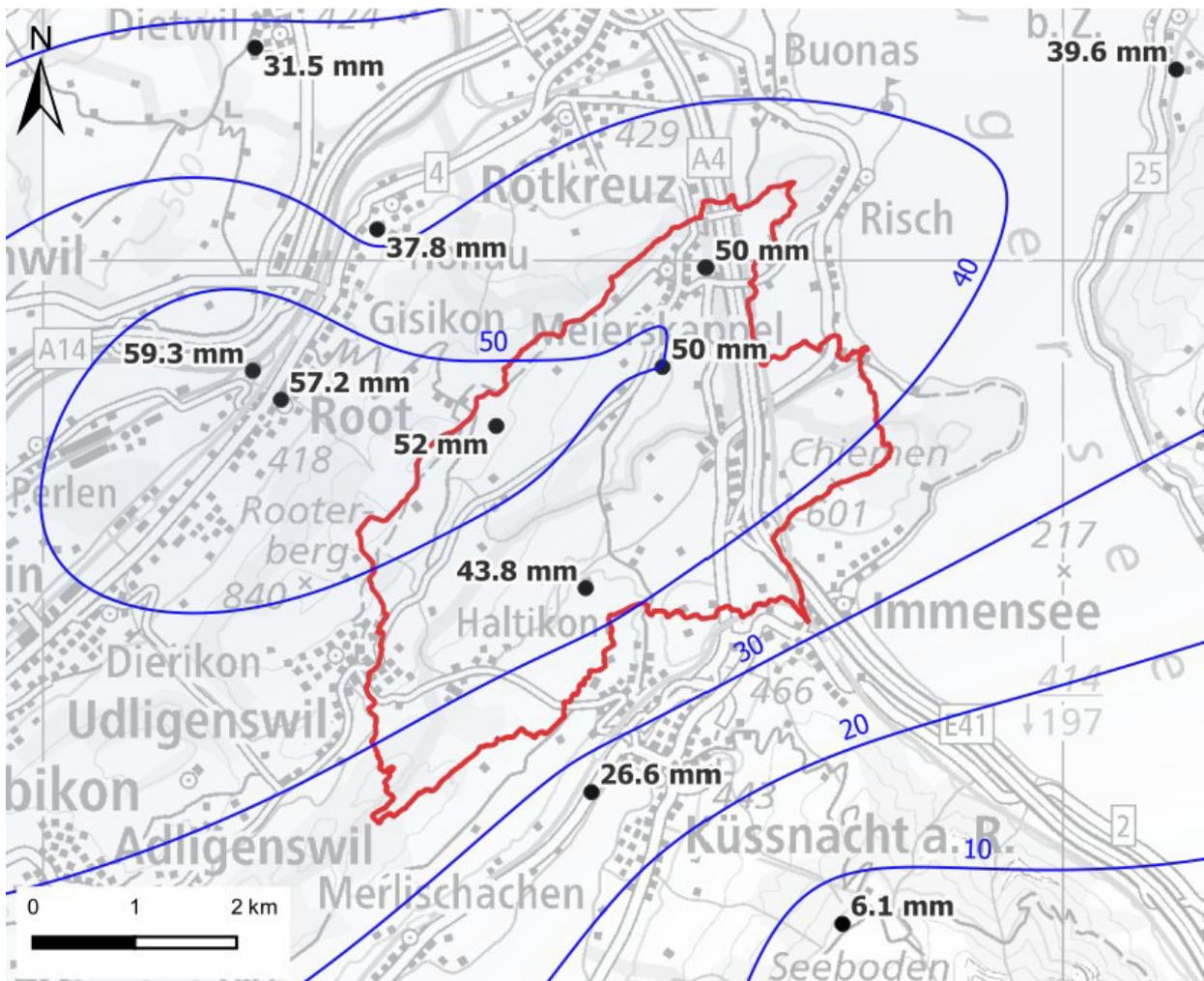


Abb. 3.5: Räumliche Niederschlagsverteilung vom 25.7.2021 anhand der Bodenstationen (7 – 7 h) und privater Messungen mit der Lage des EZG (rot).

3.3.3 Einordnung des Niederschlags vom 25. Juli 2021

Die am 25.7.2021 gemessenen Niederschläge werden anhand der statistisch ausgewerteten Niederschlagsstationen Luzern (1959 - 2022) und Cham (1993 - 2022) eingeordnet⁴. Abbildung 3.6 zeigt die statistische Einordnung der in Root (IROOT) am 25.7.2021 gemessenen Intensitäten (schwarze Kreise). Die punktierten Linien stellen die Wiederkehrperioden dar, die auf hoch aufgelösten Stundenwerten der Stationen Cham basieren (Gumbel Extremwertverteilung). Ebenso entsprechen die durchgehenden Linien der Statistik der Station Luzern, die auch über zeitlich hoch aufgelöste Messdaten (10 min.) verfügt (GEV Extremwertverteilung). Die schwarzen Dreiecke markieren die Maximalwerte, die an der Station Luzern im Zeitraum 1959 - 2022 beobachtet wurden.

Abbildung 3.6 zeigt, dass die beobachteten Intensitäten mit Dauer von 10 min bis 30 min, gemäss Statistik der Station Cham, einer Wiederkehrperiode zwischen 100 bis 300 Jahren entsprechen. Betrachtet man die Station Luzern, so liegen die gemessenen Intensitäten deutlich über

4 Die Station Luzern (LUZ) zeichnet seit 1981 automatisch Niederschlagswerte mit einer Auflösung von 10 Minuten auf. Für den Zeitraum 1959 - 1977 sind die Jahresmaxima von 10-Min, 20-Min, 1-Stunde und 4-Stunden Regendauern aus Papieraufzeichnungen verfügbar. Aus der Station Cham (CHZ) sind 10-minütigen Werte seit 1993 verfügbar.

den Rekordwerten mit Wiederkehrperioden von mehr als 300 Jahren. Die Einordnung der beobachteten Intensitäten mit Dauern von mehr als 30 min ergibt eine Wiederkehrperiode von maximal 30 Jahren (Statistik der Station Luzern).

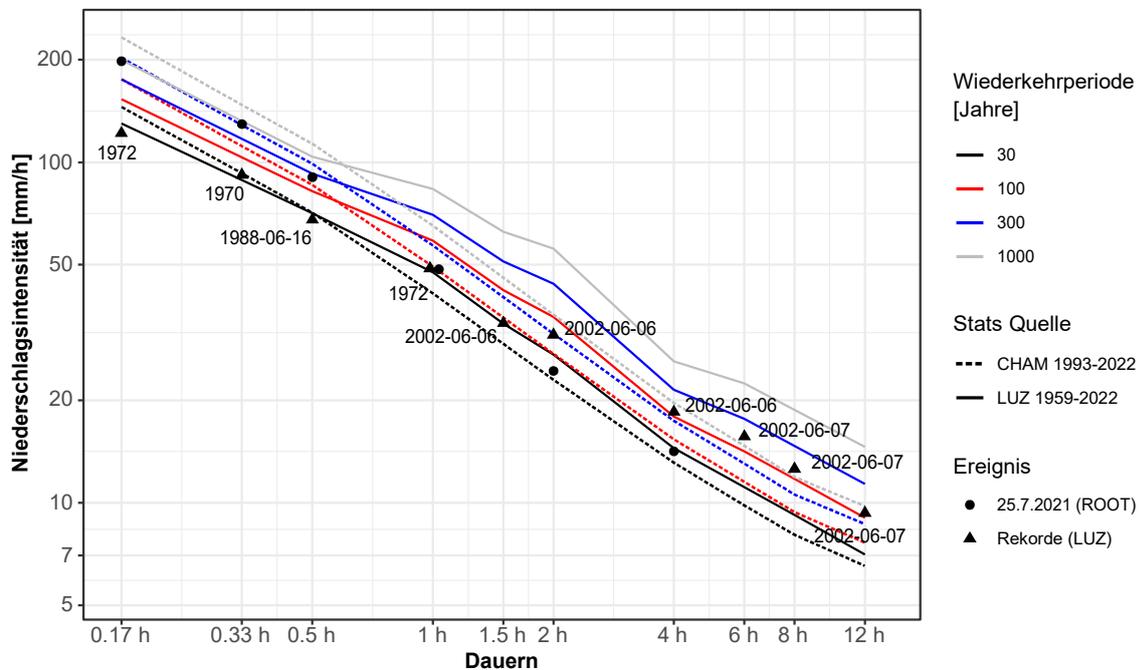


Abb. 3.6: Vergleich der an der Station Root (IROOT) beobachteten Niederschlagsintensitäten vom 25.7.2021 (schwarze Kreise) mit der Niederschlagsstatistik von Cham (1993 - 2022, gestrichelte Linien) und Luzern (1959-2022, durchgehende Linien). Die Dreiecke markieren die höchsten beobachteten Intensitäten an der Station Luzern.

3.4 Abfluss-Rekonstruktion des Hochwassers 25. Juli 2021

3.4.1 Einleitung

Die hydraulische Abflussspitze beim Hochwasser von 25. Juli 2021 wurde anhand vom Bild- und Filmmaterial aus dem Ereigniskataster (StorMe, 2023) und Gewährspersonen abgeschätzt. Der Ereigniskataster enthält auch Abschätzungen der überfluteten Gebiete, der versagenden oder unzureichenden Infrastruktur und der Abflusswege.

Entlang des Dietisbergbachs, wo die meisten Schäden gemeldet wurden, gibt es ausreichend Bildmaterial. In den unteren Abschnitten des Erlibachs und des Aabachs ist das verfügbare Material jedoch spärlich, was wahrscheinlich auf weniger Ausuferungen während des Regenereignisses hinweist. Aus dem visuellen Material war es jedoch nicht möglich, die zeitliche Abfolge (in Minuten) der Abflussspitze für die verschiedenen Orte im EZG zu ermitteln.

Die Identifizierung von hydraulisch günstigen Abschätzorten war trotz gutem Bildmaterial schwierig. Die Voraussetzungen (eindeutig definierte Geometrie des Abflussquerschnitts, Wasserspiegelhöhen beim Ereignis, Kenntnisse über die allfällige Abflussführung der Eindolungen und Durchlässen, gut schätzbare hydraulische Parameter) müssen - soweit möglich - er-

füllt sein. Die Abschätzung des Abflusses in offenen Gerinnen basiert auf der Annahme gleichförmiger Abflussbedingungen.

Die Gewährspersonen berichten, dass der während des Regenereignisses gefallene Hagel die Abflusskapazität mehrerer Durchlässe und Einläufe der Strassenentwässerung beeinträchtigte. Das bei Hochwasser üblicherweise transportierte Schwemmholz und Geschiebe schränkte die Kapazitäten zusätzlich ein. Der Verklausungsgrad der Eindolungen und Durchlässe ist jedoch unbekannt.

Die Orte, an denen die Schätzungen durchgeführt wurden, sind in Abbildung 3.7 dargestellt. Weitere Details befinden sich in Tabelle 3.1 und Anhang 7.

3.4.2 Rekonstruktionen

Dietisbergbach – Durchlass Schulhaus (BP2): Anhand von Fotos, Videos und einfacher Vorort Vermessungen wurde ein Abfluss von 4.5 - 5.5 m³/s abgeschätzt.

Dietisbergbach – Hellmühlestrasse (BP3): Anhand von Fotos, Videos und Vorort Messungen wurde ein Abfluss von 5.5 – 7.0 m³/s abgeschätzt.

Laubach (BP7): Anhand von Fotos, Videos und Vorort Messungen wurde ein Abfluss von mindestens 13 m³/s abgeschätzt.

Erlibach (BP10): Anhand von Fotos und Vorort Messungen wurde ein Abfluss von 5.0 - 8.0 m³/s abgeschätzt⁵.

Aabach (BP13-14): Es ist kein Bildmaterial in diesem Bereich vorhanden. Aussagen von Gewährspersonen deuten jedoch darauf hin, dass es während des Regenereignisses nicht zu grossen Ausuferungen kam⁶. Die Abflussspitze dürfte um ca. 40 m³/s gelegen haben.

Die Tabelle 3.1 enthält eine Zusammenfassung der Abschätzungen (Details zu ausgewählten Rekonstruktionen befinden sich in Anhang 7).

Tab. 3.1: Die Bereiche der hydraulisch abgeschätzten Abflussspitzen an geeigneten Orten am 25. Juli 2021.

Bach	Ort	Fläche [km ²]	BP Model	Abflussspitze [m ³ /s]		Spez. Abfluss [m ³ /s/km ²]	
				Min	Max	Min	Max
Dietisbergbach	Schulhaus	0.76	2	4.5	5.5	5.9	7.2
	Hellmühlestrasse	1.19	3	5.5	7.0	4.6	5.9
Laubach	Laubach 2	3.46	7	> 13		> 3.8	
Erlibach	Meierskappelstrasse	2.43	10	5.0	8.0	2.1	3.3
Aabach	Ochseweid	14.20	13	< 40		< 2.8	

5 Der untere Grenzwert entspricht der berechneten Kapazität des vollen Gerinnes innerhalb des Geländes von Tschümperlin. In diesem Gebiet wurden Ausuferungen beobachtet (StorMe, 2023). Die obere Grenze entspricht der berechneten Kapazität des Durchlasses an der Meierskappelstrasse (Angaben von Louis Ingenieurgeologie, Bart AG, 2018). Gemäss dem Ereigniskataster war diese Kapazität knapp ausreichend (StorMe, 2023).

6 Die hydraulische Kapazität des Gerinnes bei Böschentrottmatt gemäss Gefahrenkarte (GEOTEST, Oeko-B, 2007) beträgt ca. 40 m³/s. Eine zusätzliche Abschätzung der Kapazität von 36 m³/s unterhalb Landhaus befindet sich in Hunziker et al. (2010).

3.5 Einordnung historisch

Einordnung des Niederschlags

Während des Ereignisses vom 25.7.2021 wurden sehr hohe Niederschlagsintensitäten während 10 bis 30 min beobachtet. Für längere Regendauern liegt die abgeschätzte Wiederkehrperiode unter 30 Jahren. Die massgebliche Regendauer für dieses EZG, um möglichst grosse Abflussspitzen zu erzeugen, hängt von mehreren Faktoren ab und wird in Kapitel 6 untersucht.

Einordnung der Vorbedingungen

Ein Vorregen von 47 mm (V_{NS12}), wie vor dem Ereignis vom 25.7.2021 beobachtet wurde, tritt vor monatlichen Niederschlagsmaxima selten auf. Das Zusammentreffen dieser beiden hydrologischen Gegebenheiten kann als relativ selten eingestuft werden.

Die hydrometeorologische Einordnung der Niederschläge und Vorgeschichte zeigen, dass es sich beim Hochwasser vom 25.7.2021 um ein seltenes Ereignis handelt. Für die Einordnung der rekonstruierten Abflüsse (Tab. 3.1) wird die hier vorgelegte Einordnungen des Niederschlags und der Vorbedingungen mit den historischen Hochwassererkundungen aus Kap. 4 ergänzt.

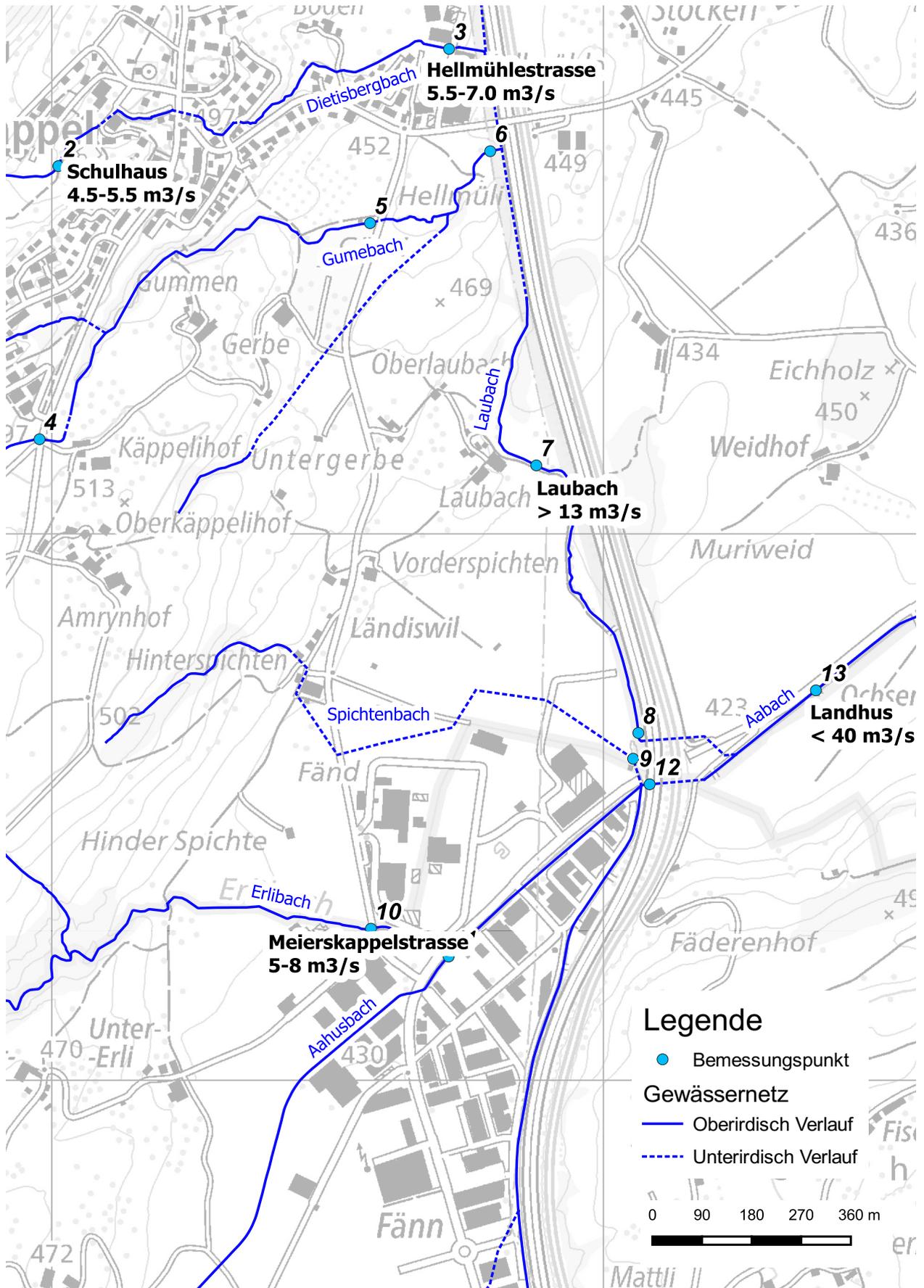


Abb. 3.7: Die Abschätzung des Abflussspitzen [m³/s] des Hochwasserereignisses vom 25.7.2021.

4 Historische Hochwasser

4.1 Einleitung

Durch die Untersuchung historischer Hochwasser lassen sich Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen zusammentragen. Durch das Zusammentragen von Informationen aus Zeitungen, Archiven und Angaben von Gewährsleuten kann der Beobachtungszeitraum ausgedehnt werden. Dadurch können im Normalfall sowohl gerade beobachtete als auch überlieferte Hochwasser statistisch besser eingeordnet werden.

In Meierskappel hat in den letzten 50 - 60 Jahren eine starke Siedlungsentwicklung stattgefunden. Im Industriegebiet Fänn, wo der Erlibach in den Aabach mündet, begann die Bebauung in den 1980er-Jahren. Um historische Hochwasser vergleichen und einordnen zu können, sind wasserbauliche Veränderungen soweit möglich zu berücksichtigen.

4.2 Die Geschichte des Bachausbaus

Die nachfolgenden Aussagen stützen sich auf alte Landeskarten und Luftbilder (swisstopo, 2023). Seit 1888 weicht der Verlauf des Dietisbergbachs und des Gumbachs bis zu Hellmühle kaum von der heutigen Situation ab. Die Karte von 1888 zeigt ein Sumpfgebiet im Fänn, das vom Spichtenbach, Erlibach und dem Aabach durchflossen ist. Ab 1942 ist der Sumpf nicht mehr sichtbar, der Spichtenbach läuft eingedolt, und der Verlauf des Erlibachs ist leicht verändert und mündet wie heute in den Aabach.

Für den Dietisbergbach und den Aabach sind Planunterlagen und Details von Baumassnahmen bekannt. Die Flussbau AG (2011) identifizierte Schwachstellen am Dietisbergbach und erarbeitete ein Bauprojekt, das im Jahr 2017 umgesetzt wurde. Durch die Massnahmen wurden die hydraulischen Kapazitäten an einigen kritischen Stellen vergrössert.

Im Bereich Aabach / Landhus wurde ebenfalls im Jahr 2017 die Aabachbrücke neu erstellt und die Landhusbrücke saniert (Emch+Berger, 2015). Für den Gumbach, Laubach und den Erlibach sind keine baulichen Details oder Veränderungen bekannt.

4.3 Überblick der historischen Hochwasser

Die untersuchten schriftlichen Quellen (Ortschroniken, Zeitungen, Berichte von Versicherungen, Schadendatenbank WSL etc.) reichen bis ins Jahr 1896 zurück und die Hinweise auf Hochwasser in Meierskappel und Umgebung sind im Anhang 1 aufgeführt. Bei folgenden aussergewöhnlichen Hochwassern wird Meierskappel explizit erwähnt:

Tab. 4.1: *Einschätzung der Hochwasser in Meierskappel anhand der schriftlichen Quellen, wobei **gross**: grossflächige Überschwemmung mit grossen Schäden, **mittel**: grossflächige Überschwemmung mit lokalen Schäden; **klein**: Hochwasser erwähnt, lokale Überschwemmungen bedeutet.*

Datum	Information	Bemerkung	Ausmass HW
2021, 25.07.	Hagel, Überschwemmung	Nach einem heftigen Unwetter trat der Dietisbergbach in Meierskappel über die Ufer. Und richtete grosse Schäden an. Ausuferungen wurden auch am Gumbach und Laubach beobachtet.	gross
2020, 02.07.	Gewitter, Überschwemmungen	Nach einem starken Gewitter, trat der Aabach bei Böschenrot über die Ufer.	klein
2012, 07.06.	Regen, Überschwemmung	In Meierskappel trat der Gumbach nach heftigem Regen über die Ufer. Ein Campingplatz, eine Garage und Strassen wurden überschwemmt.	gross
2010, 22.07.	Gewitter und Überschwemmung	Überschwemmungen in Fänn und Küssnacht.	klein
2007, 07.08-10	Dauerregen und Überschwemmung	Überschwemmungen wurden in Haltikon, Fänn, und Küssnacht gemeldet.	mittel
2005, 21.08.	Starkregen, Überschwemmung	Überschwemmungen wurden in Haltikon, Fänn, und Küssnacht gemeldet.	gross
2004	Überschwemmung in Fänn.	Überschwemmung, verursacht durch den Erlibach und den Aabach (StorMe, 2023).	klein
2003, 06.06	Unwetter, Überschwemmung	Im Kanton Luzern war die Gemeinde Meierskappel am stärksten vom Unwetter betroffen. Die Fluten drangen in die Backstube und das Lager einer Bäckerei ein und eine kleinere Brücke stürzte ein.	gross
1934, 09.09	Gewitterzug und Überschwemmung	Grosse Schäden wurden in Küssnacht gemeldet.	gross
1927, 02.08.	Gewitter, Hagel	Grosse Schäden wurden in Meierskappel gemeldet.	klein
1912, 23. 06.	Gewitter	Ein Gewitter verursachte Schäden an viele Bäumen.	klein
1910, 10.08.	Starke Regen, Überschwemmung	Ungewöhnlich starke Niederschläge. In Meierskappel fiel ein 12-jähriger Junge in den Bach und starb.	mittel
1910, 14.06.	Starke Niederschläge und Überschwemmungen.	Hochwasserkatastrophe in 21 Kantonen der Alpennordseite. Von Küssnacht wurden grosse Schäden gemeldet.	mittel
1896, 22.07.	Wolkenbruch, Überschwemmung	Die Bäche schwellen zu Strömen an. Die Schäden waren bedeutend.	mittel

4.4 Einordnung der Hochwasser

Aufgrund der lückenhaften Beschreibung der Hochwasser war es nicht möglich, die beobachteten Ereignisse restlos nach der Grösse einzuordnen. Dennoch können folgende Schlüsse gezogen werden.

- Durch die Recherchen konnten dokumentierte Hochwasserereignisse bis 1896 zurückverfolgt werden. Die Informationen sind im 19. Jh. eher spärlich. Ab 1910 werden die Informationen dichter und damit erschliesst sich ein einigermaßen gut dokumentiertes Zeitfenster von 112 Jahren.
- Meierskappel und Umgebung werden immer wieder in Zusammenhang mit Hochwasser erwähnt.
- Das EZG wurde in der Vergangenheit von etlichen grossen Niederschlägen getroffen. Davon lösten nur wenige grosse Hochwasserabflüsse aus.
- Gemäss den Schilderungen waren die Hochwasser von 1896, 1910, 2003, 2005, 2012 und 2021 gross, d. h. es wird z. T. berichtet, dass einige Bäche über die Ufer traten.
- In Meierskappel beurteilen Anwohner, die mindestens 60 Jahre alt sind, das Hochwasser vom 25.7.2021 als das grösste, das sie erlebt haben. Im Zeitfenster seit 1910 (112 Jahre) wurden keine vergleichbaren oder gar katastrophalen Hochwasser erwähnt. Dies bedeutet, dass das Hochwasser 2021 auch Rang 1 in 112 Jahren (oder mehr) gewesen sein könnte. Diese Beurteilung trifft allerdings nur für den Dietisbergbach, den Gumbach und den Laubach zu.
- Weiter unterhalb im Bereich Fänn und Landhus war das Hochwasser von August 2005 wahrscheinlich grösser als jenes vom Juli 2021. Weitere grosse Hochwasser in Küssnacht a. R. im Bereich Fänn und Umgebung ereigneten sich in den Jahren 1934, 1975, 1999, 2003, 2005 und 2007.

5 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

5.1 Einleitung

Bei einem Starkregen fliesst ein Teil des Niederschlags schnell ab. Das übrige Wasser infiltriert in den Boden, wo verschiedene Fliesswege vorhanden sind, die mit unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten durchflossen werden. Die Abflussreaktion eines Baches auf Starkregen kann rasch bis verzögert verlaufen, je nachdem, wie viel Wasser sofort abfliesst und welche Fliesswege der infiltrierte Niederschlag im Boden nimmt.

Um zu beurteilen, wie sich EZG bei extremem Starkregen verhalten, sind Kenntnisse über die Abflussreaktion notwendig. Die Abflussreaktion eines EZG hängt neben dem Niederschlag vor allem davon ab, wie viel Wasser bei Starkregen in den Boden eindringt und vorübergehend zurückgehalten wird und wie viel Wasser sofort abfliesst (Abflussprozesse). Dies ist von der Gebietsausstattung abhängig (Geologie, Böden, Geomorphologie, Vegetation, Landnutzung u. a.). Welche Abflussprozesse bei Starkregen an natürlichen Hängen ablaufen, wurde detailliert mittels Beregnungsversuchen untersucht (Scherrer, 1997; Naef et al., 1999, Scherrer & Naef, 2003, Kienzler & Naef, 2008). Darauf aufbauend wurde ein Bestimmungsschlüssel entwickelt, der die Identifikation hochwasserrelevanter Flächen erlaubt (Scherrer AG, 2004). Die Beurteilung der Abflussreaktion des Untersuchungsgebiets lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

5.2 Geologie und Hydrogeologie

Für den geologischen Aufbau, respektive für die hydrogeologische Einschätzung der EZG wurden folgende Quellen gesichtet: GeoCover (swisstopo, 2023), Hantke (2006) und Jäckli & Kempf (1972). Abbildung 5.1 zeigt ein NW-SE-Profil durch den oberen Teil des Aahuserbach und Erlibachs (Haltikon), Abbildung 5.2 gibt einen Überblick der vorherrschenden Geologie nach GeoCover (swisstopo, 2023).

Geologie: Die aufgerichtete mittelländische Molasse umfasst die Untere Süsswassermolasse (USM, Granitische Molasse) bis zur Oberen Meeresmolasse (OMM) (Hantke, 2006). Innerhalb der "Granitischen Molasse" bei Haltikon zeigt sich ein Fallen von 75° gegen NE, beim Knie des Erlibach oberhalb Lippertschwil ein Fallen 85° gegen SE. Insgesamt hat sich eine Schicht-rippenlandschaft ausgebildet, wobei die härteren Nagelfluhschichten für die Rippen resp. Kanten verantwortlich sind.

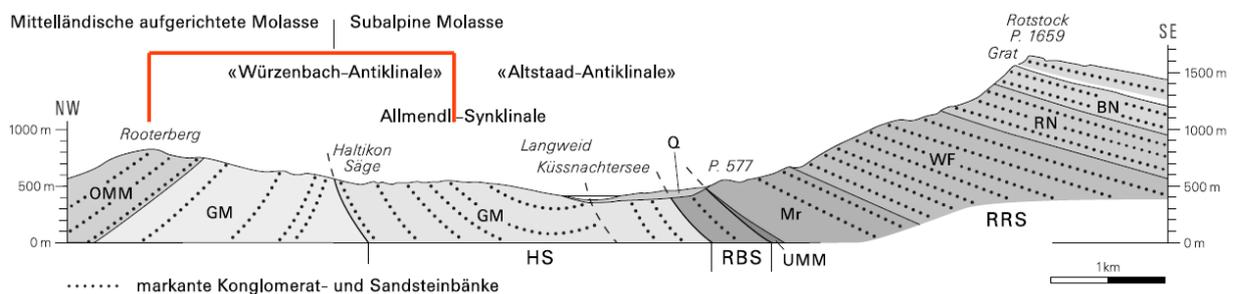


Abb. 5.1: Profil vom Rooterberg bis zum Rotstock westlich Rigi Kulm. GM = Granitische Molasse (USM), HS = Höhronen-Schuppe, OMM= Obere Meeresmolasse, Q = quartäre Ablagerungen mit der Lage des EZG in rot (Hantke, 2006).

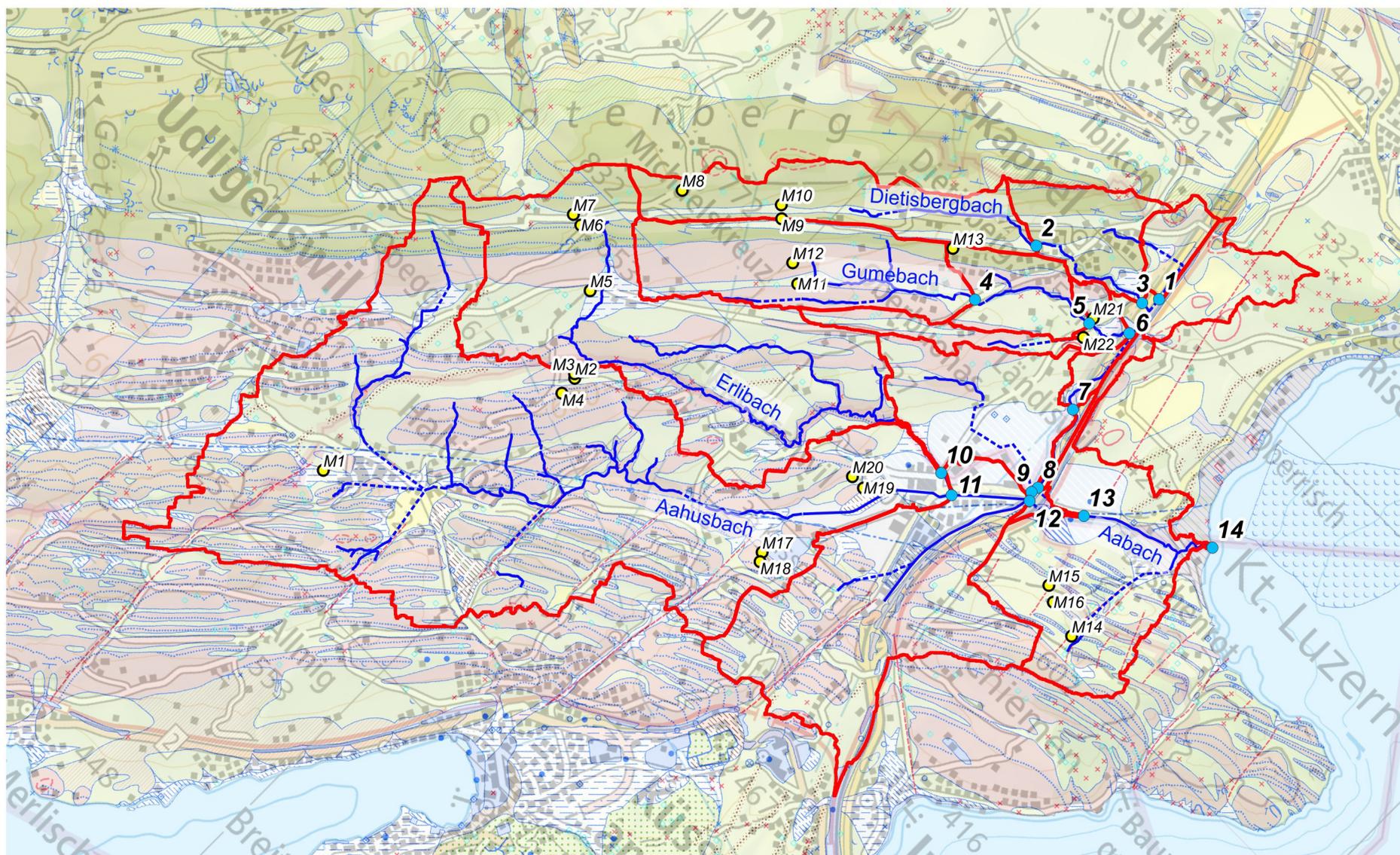


Abb. 5.2: Die geologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet mit den wichtigsten geologischen Formationen nach geocover (2023).

0 1 2 km

Der Rootberg im Norden des EZG besteht aus einem schmalen Band von kalkreichen, glaukonitischen Sandsteinen mit dünnen sandig-siltig-tonigen Zwischeneinlagen der Oberen Meeresmolasse (OMM) (Abb. 5.2). SE dieses Bandes schliesst die USM an, welche den Untergrund des Grossteils des EZG bildet. Vielerorts ist die USM von Moräne überdeckt. Im unteren Teil des EZG hat es Alluvionen und auch einige Reste von ehemaligen Sumpfgebieten.

Hydrogeologie: Die St. Galler-Formation der OMM besteht aus durchlässigen Sandsteinen. Moräne ist uneinheitlich durchlässig. Die USM hat eine mittelgrosse bis geringe Durchlässigkeit. Die im Bereich der Moräne vorkommenden staunassen Böden weisen auf weniger durchlässige Bereiche hin (siehe Kap. 5.3).

5.3 Böden

Von den landwirtschaftlich genutzten Flächen auf dem Gebiet des Kantons LU liegt zwar weitgehend eine detaillierte bodenkundliche Karte vor, vom Untersuchungsgebiet ist jedoch nur ein ganz kleiner Teil kartiert. Deshalb wurden die vorhandenen Informationen mit 22 Sondierungen von 1 m Tiefe ergänzt, die entweder mit einer Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) abgeteuft oder durch Aufschlüsse untersucht und beschrieben wurden. Die Lage der Sondierungen sind in Abbildung 1.1 eingetragen. Im Anhang 2 ist die detaillierte Lage der Sondierungen dargestellt und die Bodenprofile sind beschrieben.

Die Sondierstandorte wurden mittels einer EZG-Analyse mit dem Ziel ausgewählt, typische Standorte zu erfassen, welche für die Abflussbildung bedeutsam sind. Anhand der Bodenprofile wurde das Infiltrations- und Speichervermögen beurteilt und die zu erwartenden Abflussprozesse hergeleitet. Die Schichtrippenlandschaft besteht weitgehend aus Rücken, Steilhängen und Mulden. Diese typischen Standorte wurden besonders berücksichtigt.

In Muldenstandorten und in der Ebene wurden oft Braunerde-Gleye (M1, M11, M19, M21), und Braunerde-Pseudogleye (M9, M10) festgestellt, aber auch Braunerden (M2, M15). Auf glazial überformten Geländerrücken sind i.d.R. von Stauwasser unbeeinflusste Braunerden anzutreffen (M3, M6, Brauerden). In Steilhängen wurden flachgründige Böden wie Ranker (M8) oder flachgründige (M4, M13, M18) oder mittel- (M12) bis tiefgründige Braunerden (M16) erfasst. Auf Kuppen oder auf Terrassen über Moräne wurde auch ein Regosol (M5) erbohrt. In Hängen und am Hangfuss wurden Brauerden aufgeschlossen (M7, M14, M20, M22). In ehemaligen Kiesabbaugebieten liegen heute rekultivierte Böden (Kultisol), die von Staunässe beeinflusst sind (M17).

Flächenmässig dominant sind Braunerdeböden, die meist sandig-schluffig bis lehmig sind. Die Muldenlagen im Gebiet der Oberen Meeresmolasse sind meist von Stauwasser unbeeinflusst, diejenigen über der weniger durchlässigen USM hingegen sind mehrheitlich von Stau- oder Hangwasser beeinflusst resp. geprägt.

5.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen Flächen

Abflussprozesse

Tabelle 5.1 zeigt die Kriterien zur Klassifizierung der Abflussbereitschaft. Die Beurteilung und Kartierung der Flächen stützt sich im Wesentlichen auf die Bodenkarte, die geologische Karte und Erhebungen im Gelände. Folgende Abflussprozesse wurden unterschieden:

Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (Hortonian Overland Flow, HOF) kann im EZG kleinflächig auf Strassen und Felsflächen erwartet werden (HOF1). Verzögerter HOF2 tritt auf wenig geneigten Strassenflächen und auf schwach durchlässigen Böden auf.

Gesättigter Oberflächenabfluss (Saturation Overland Flow, SOF) tritt nach Sättigung des Bodens auf. Man unterscheidet zwischen raschem gesättigtem Oberflächenabfluss (SOF1), verzögertem (SOF2) oder stark verzögertem Oberflächenabfluss (SOF3). Dies gilt analog bei den anderen Abflussprozessen. Auf flachgründigen Böden mit darunterliegender Stauschicht oder feucht-nassen Böden an Hängen mit geringem Speichervermögen erfolgt die Sättigung besonders rasch (SOF1).

Abfluss im Boden (Sub-Surface Flow, SSF) ist zu erwarten, wenn im Boden hoch durchlässige Schichten über einer Stauschicht liegen oder Makroporen dem Wasser ein rasches laterales Fliesen ermöglichen. Günstige Bedingungen für raschen und wenig verzögerten Abfluss im Boden (SSF1, SSF2) sind im EZG v. a. auf steilen Flächen mit flachgründigen, durchlässigen Böden zu erwarten. Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3) kommt auf steilen, mittelgründigen Böden vor. Abfluss im Böden dominiert auf Waldflächen.

Ist sowohl der Boden als auch der geologische Untergrund gut durchlässig, kann auch während Starkregen über die *Tiefensickerung* (Deep Percolation DP) viel Wasser in Boden und Geologie eindringen. Vor allem bei tiefgründigen, durchlässigen Böden über sandiger Moräne oder Schotter versickert ein Grossteil des Niederschlags in den tieferen Untergrund, ohne wesentlich zum Hochwasserabfluss beizutragen.

Abflusstypen

Gemäss den in Tabelle 5.1 aufgeführten Kriterien wurden Abflussprozesse, welche einen ähnlich starken Beitrag zur Entstehung von Hochwasser leisten, kartiert und zu sogenannten Abflusstypen zusammengefasst. Diese dienen als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell Q_{AREA}^+ . Abbildung 5.3 zeigt die Abflussbereitschaft im EZG.

Abflusstyp 1 und 2 besitzen sehr rasche und rasche Abflussreaktion, während Abflusstyp 4 und 5 stark bis sehr stark verzögert reagieren. Flächen des Abflusstyps 1 (Feucht- und Nassflächen und stark vernässte Böden an Hanglagen) sind im Gebiet kaum vorhanden (0.1%). Die Flächen des Abflusstyps 2 (6.4%) sind bachnahe Flächen oder Flächen mit einem geringen Sättigungsdefizit. Dem Abflusstyp 3 (24.6%) gehören beispielsweise Flächen mit Infiltrationshemmnissen oder Steilflächen im Freiland und in Wäldern an. Abflusstyp 4 sind Flächen mit durchlässigen und speicherfähigen Böden oder durchlässige Böden mit durchlässigem Untergrund, diese machen den Grossteil des EZG aus (59.6%). Flächen des Abflusstyp 5 sind wenig vorhanden (0.2%).

Im ganzen Untersuchungsgebiet gehören 59.6% dem stark verzögert reagierenden Abflusstypen 4 an. Den rasch bis verzögert reagierenden Flächen des Abflusstyps 1 - 3, resp. Siedlungsabflusstypen 1 - 3 (siehe Tab. 5.1) gehören hingegen nur 40.1% an. Aufgrund dieser Verteilung kann die Abflussbereitschaft in diesem EZG als mässig beurteilt werden.

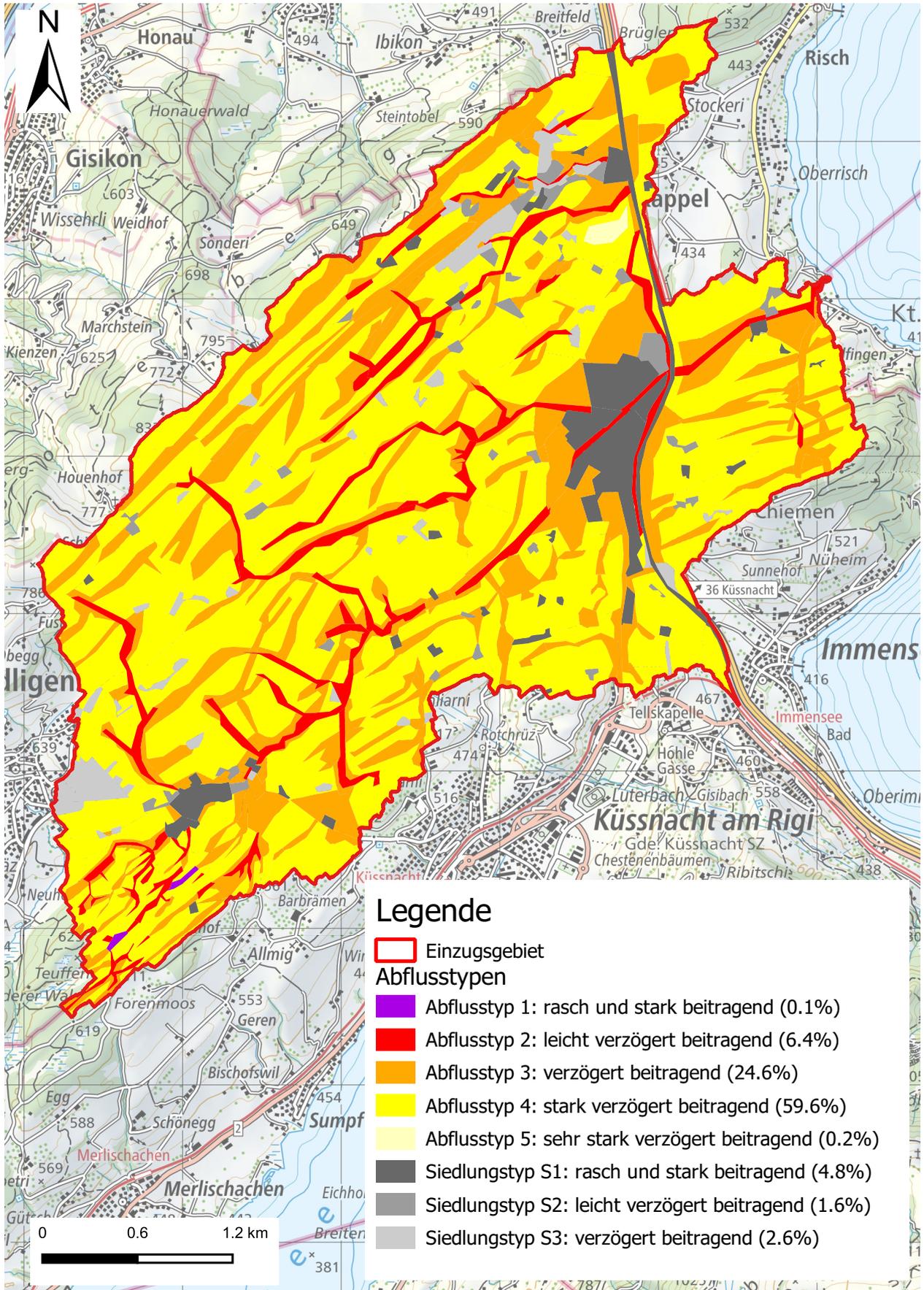


Abb. 5.3: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im EZG.

Tab. 5.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen der natürlichen Flächen im EZG.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Felsflächen mit Gefälle, steile Gerinneflanken	0.01	0.1
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feucht- und Nassflächen und stark vernässte Böden an Hanglagen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden	1.0	6.4
		Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2)	Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden und von Galeriewäldern, Bachflanken und Gerinnesäume		
		Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über schwach durchlässigem Untergrund mit grossem Gefälle, bewaldete Bachflanken		
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Mässig tiefgründige, leicht hydromorphe Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit	3.82	24.6
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über Fels oder Moräne in Gerinnenähe		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit	9.26	59.6
		Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen		
5	Sehr stark verzögert beitragende Flächen	Tiefensickerung (DP)	Tiefgründige gut durchlässige Böden oder flachgründige, gut durchlässige Böden auf durchlässiger Geologie	0.03	0.2
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnenfern. Ebene Flächen mit durchlässigen Böden über durchlässiger Geologie		
Total				14.12	91.0

5.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die Siedlungsflächen wurden gesondert kartiert. Die Beurteilung basiert auf den Erfahrungen der Glatstudie (Naef et al., 2004). Wichtige Kriterien waren dabei die Bebauungsdichte und die Geländeneigung. Die Siedlungsflächen machen rund 9% des Untersuchungsgebiets aus.

Tab. 5.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
			(km ²)	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, dicht bebaute Flächen	0.74	4.8
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.25	1.6
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.40	2.6
Total			1.39	9.0

5.6 Abflussreaktionskurven

Abbildung 5.4 zeigt die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen und Siedlungsgebiete. Auf der Grundlage von Beregnungsversuchen (Scherrer, 1997) wurden den fünf Abflusstypen der natürlichen Flächen je eine Abflussreaktionskurve zugeordnet. Die Kurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingetragen sind die Spitzen- und die Volumenabflusskoeffizienten. Bei den flächenmässig dominierenden Flächen des Abflusstyps 4 (knapp 60% des Untersuchungsgebiets) fließen bei 100 mm Niederschlag etwas über 10% ab.

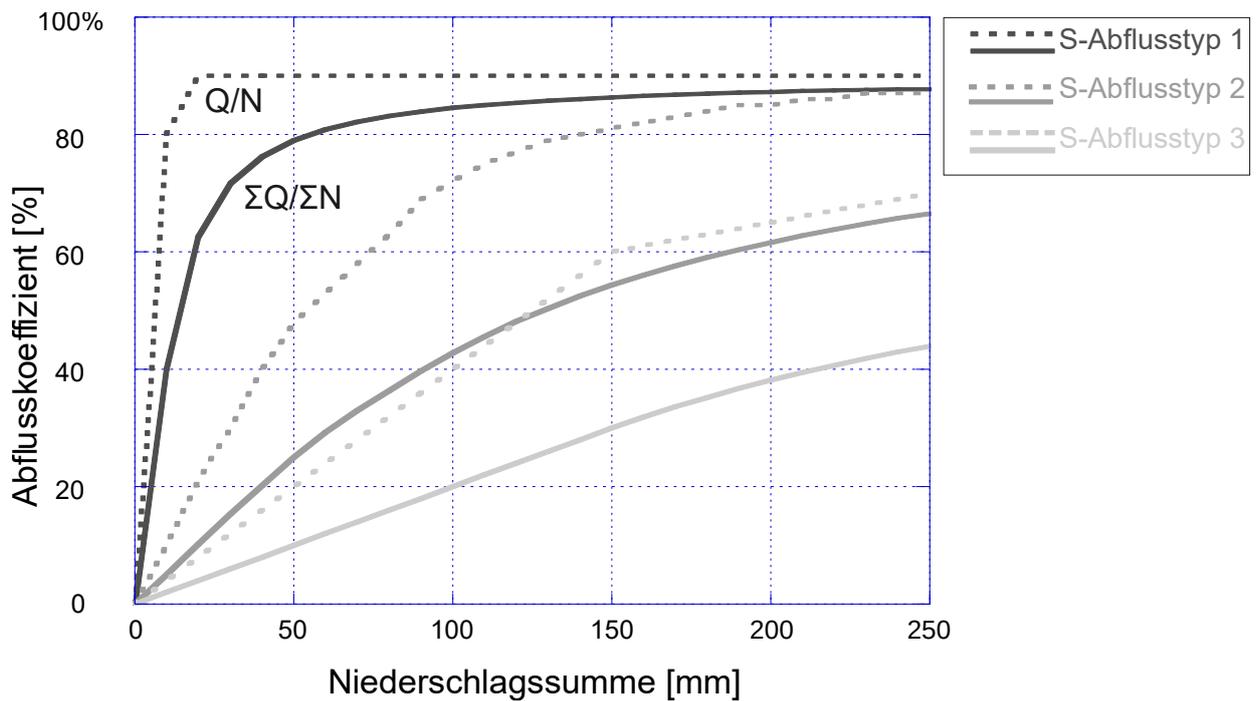
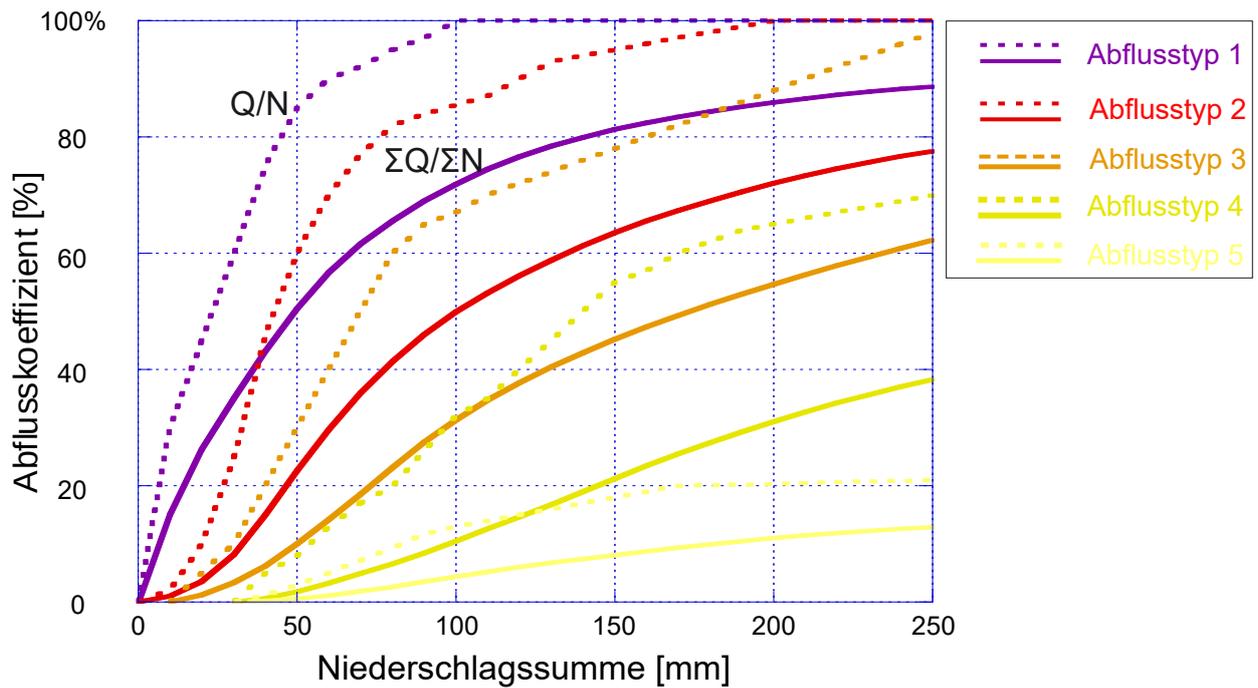


Abb. 5.4: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (oben) und für Siedlungsflächen (unten). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , gestrichelt) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie).

6 Abflussberechnungen

6.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) Q_{AREA}^+ wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt. Im Jahr 2020 wurde es im Zuge der Übersetzung in eine modernere Programmiersprache neu strukturiert und hinsichtlich Modellaufbau und -auswertung optimiert. Es erfasst die bei der Hochwasserentstehung beteiligten Abflussprozesse. Dieses Modell ist ein Hilfsmittel, das erlaubt, das Abflussverhalten des EZG auf verschiedene Starkniederschläge rechnerisch zu simulieren und die Reaktion auf seltene meteorologische Bedingungen (Niederschlags-Szenarien) abzuschätzen.

6.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA}^+

Die Abbildung 6.1 zeigt die Grundlagen des NAM Q_{AREA}^+ . Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für die Bäche in Meierskappel erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q_{AREA}^+ :

- Das Modell bildet Teil-EZG mit 14 Bemessungspunkten ab (Abb. 6.1a).
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 6.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 6.1d).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 6.1c).
- **Niederschläge**: Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann das Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon. Aufgrund der Einzugsgebietsgrösse der Bäche von Meierskappel wird angenommen, dass Gewitterniederschläge das gesamte Einzugsgebiet betreffen können.

Ein Schema des eingesetzten Modells ist in Anhang 3 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

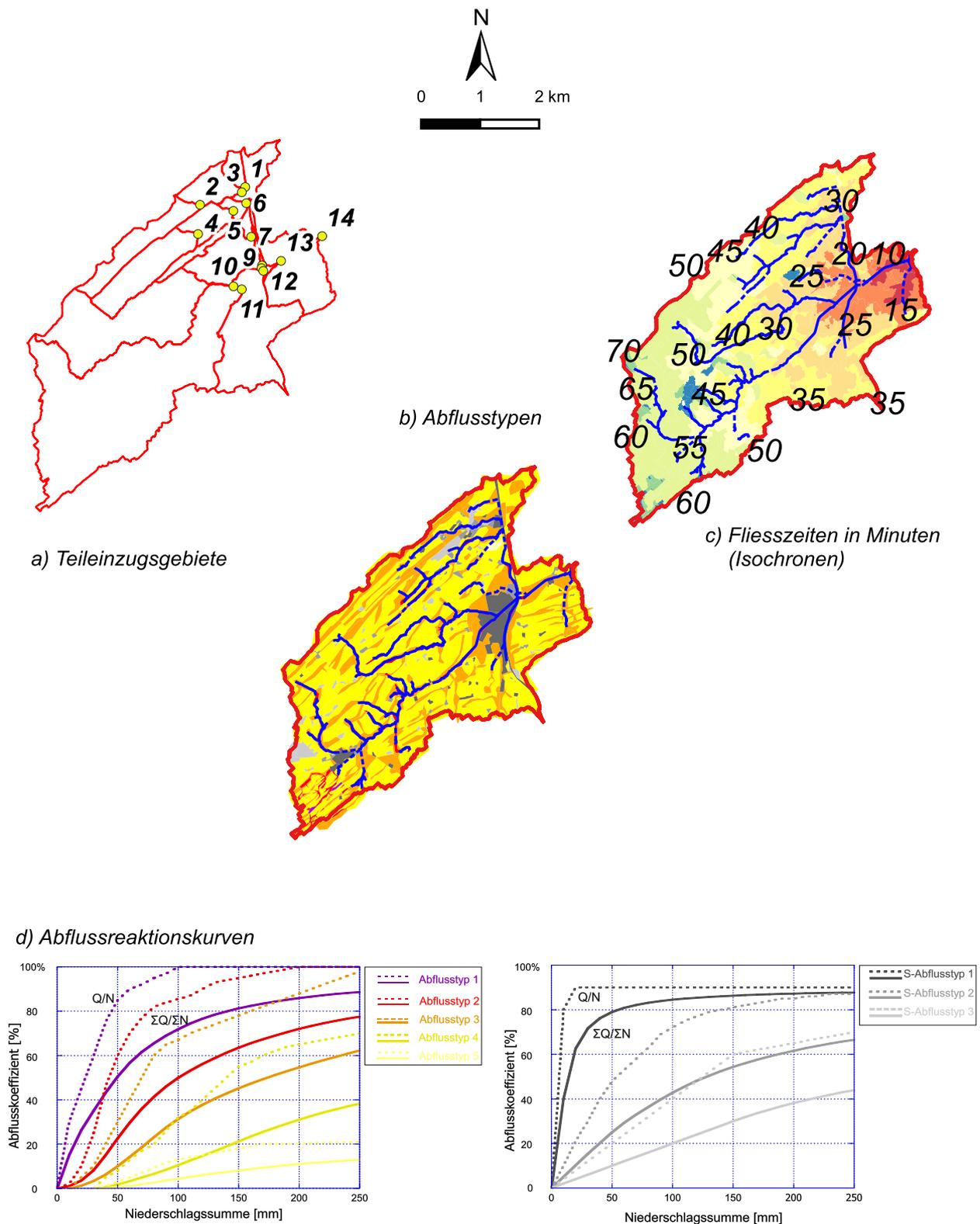


Abb. 6.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells Q_{AREA}^+
a) die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
d) die Abflussreaktionskurven

6.3 Verifikation des Modells

Für die Modelleichung wurden die Hochwasser vom 25. Juli 2021, 2. Juli 2020, und vom 7./8. August 2007 nachgerechnet. Bei diesen Hochwasserereignissen waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- **Juli 2020, Juli 2021** liegen Niederschläge von einigen Messstationen in der Nähe des EZG vor. Zudem konnten an wichtigen Stellen die Abflussspitzen hydraulisch abgeschätzt werden. Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden Stationen Root (LUROO) und Urswil (URSW) für das Ereignis vom 25.7.2021 resp. 2.7.2020 verwendet.
- **August 2007** betrafen die Niederschläge die ganze Region, so dass aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler die räumliche Niederschlagsverteilung abgeschätzt werden konnte. Für den Niederschlagsinput werden die Daten der zeitlich hoch aufgelöst messenden Station Root (LUROO) verwendet. Es sind keine Ausuferungen bekannt⁷, so dass die Abflussspitzen unterhalb der damaligen Abflusskapazitäten blieben (StorMe, 2023).

Das Hochwasser am 25. Juli 2021 (Abb. 6.2) konnte mit dem Modell gut nachgerechnet werden. Die Vorfeuchte vor dem Ereignis wird durch den Modellparameter "Vorregen" berücksichtigt. Dieser Parameter entspricht dem V_{NS12} -Index (47 mm gemäss Station KAR für das Ereignis vom 25. Juli 2021). Die farbigen Flächen (Aabach: orange, Laubach: rot, Erlibach: blau, etc.) zeigen den Bereich der abgeschätzten Abflussspitzen. Am BP3 (Schulhaus) unterschätzt das Modell die rekonstruierte Abflussspitze leicht. Am BP13 (Aabach) liegt die berechnete Abflussspitze unter der Kapazität des Gerinnes (36 - 40 m³/s).

Für das Ereignis am 2. Juli 2020 (Abb. 6.3) basiert die hydraulische Rekonstruktion auf den Fotos einer Gewährsperson und einem Video (StorMe, 2023). Am BP3 (Hellmühlestrasse) lag der rekonstruierte Spitzenabfluss zwischen 2 und 3 m³/s. Bei BP13 (Aabach) betrug der abgeschätzte Spitzenabfluss im Gerinne 27 m³/s, dieser ist durch die Überschwemmungsgebiete im Laubach gedämpft. Im Modell wird diese Dämpfung nicht abgebildet, weshalb die berechneten Werte leicht höher liegen. Die Vorfeuchte (V_{NS12} -index) vor dem Ereignis betrug 54 mm. Das Modell bildet diese Abflussspitzen gut nach.

Für das Ereignis am 7./8. August 2007 (Abb. 6.4) wurden die Modellergebnisse mit den damaligen Kapazitäten an den verschiedenen BPs verglichen, da nur bekannt ist, dass es keine Ausuferungen gab⁸. Die Vorfeuchte (V_{NS12} -index) vor dem Ereignis beträgt 28 mm. Die Ergebnisse zeigen, dass die berechneten Abflussspitzen kleiner als die Kapazitäten sind und damit plausibel.

Insgesamt ergibt das Modell plausible Ergebnisse und kann für die Abflussberechnungen (Kap. 6.4) eingesetzt werden.

7 Hunziker et al. (2010) meldete Ausuferungen nahe der Mündung in den Zugersee.

8 Gemäss Hunziker et al. (2010): Kapazität Gerinne Aabach: 36 m³/s; Gemäss Oeko-B (2013): Kapazität Gerinne Laubach: 8.7 m³/s; Gemäss Louis Ingenieurgeologie, Bart AG (2018): Kapazität Durchlass Meierskappelstrasse Erlibach: 8.0 m³/s; Gemäss GEOTEST, Oeko-B (2007): Kapazität Durchlass Hellmühlestrasse: 3.0 m³/s. Gemäss GEOTEST, Oeko-B, 2007; Kapazität Durchlass Schulhaus von 3.7 m³/s.

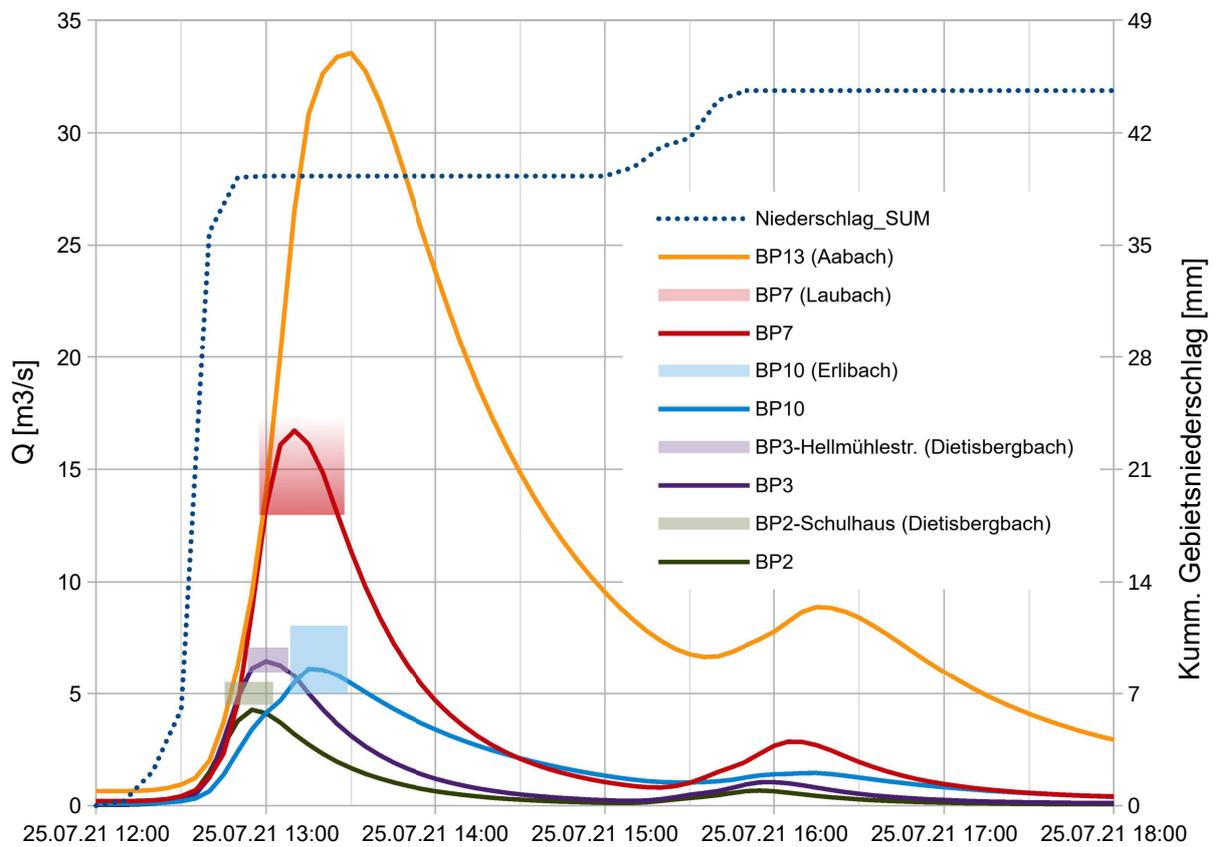


Abb. 6.2: Die Validierung des NAM-Modells für Regenereignis vom 25.7.2021. Die durchgezogenen Linien zeigen die Modellresultate an den ausgewählten Standorten (BPs). Die Bänder entsprechen den rekonstruierten Abflüssen. Die gepunktete Linie stellt den kumulierten Niederschlag dar.

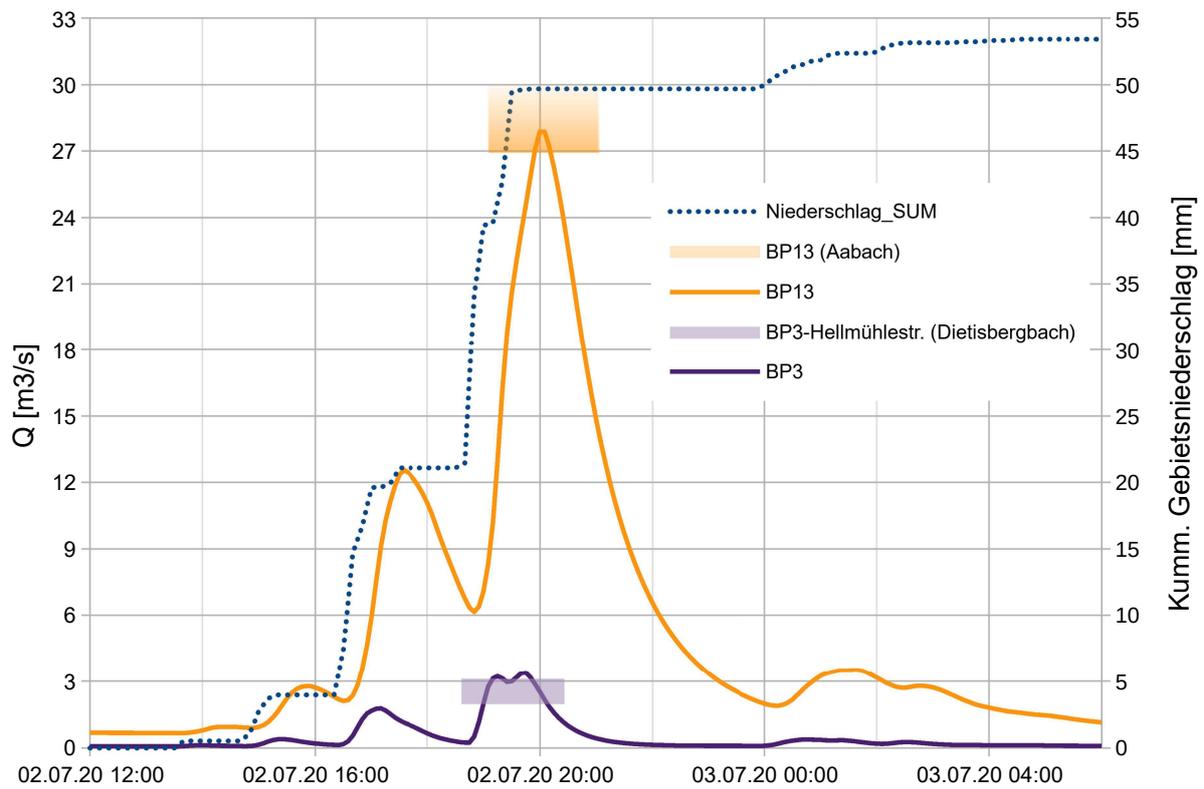


Abb. 6.3: Die Validierung des NAM-Modells für Regenereignis vom 2.7.2020. Die durchgezogenen Linien zeigen die Modellresultate an den ausgewählten Standorten (BPs). Die Bänder entsprechen den rekonstruierten Abflüssen. Die gepunktete Linie stellt den kumulierten Niederschlag dar.

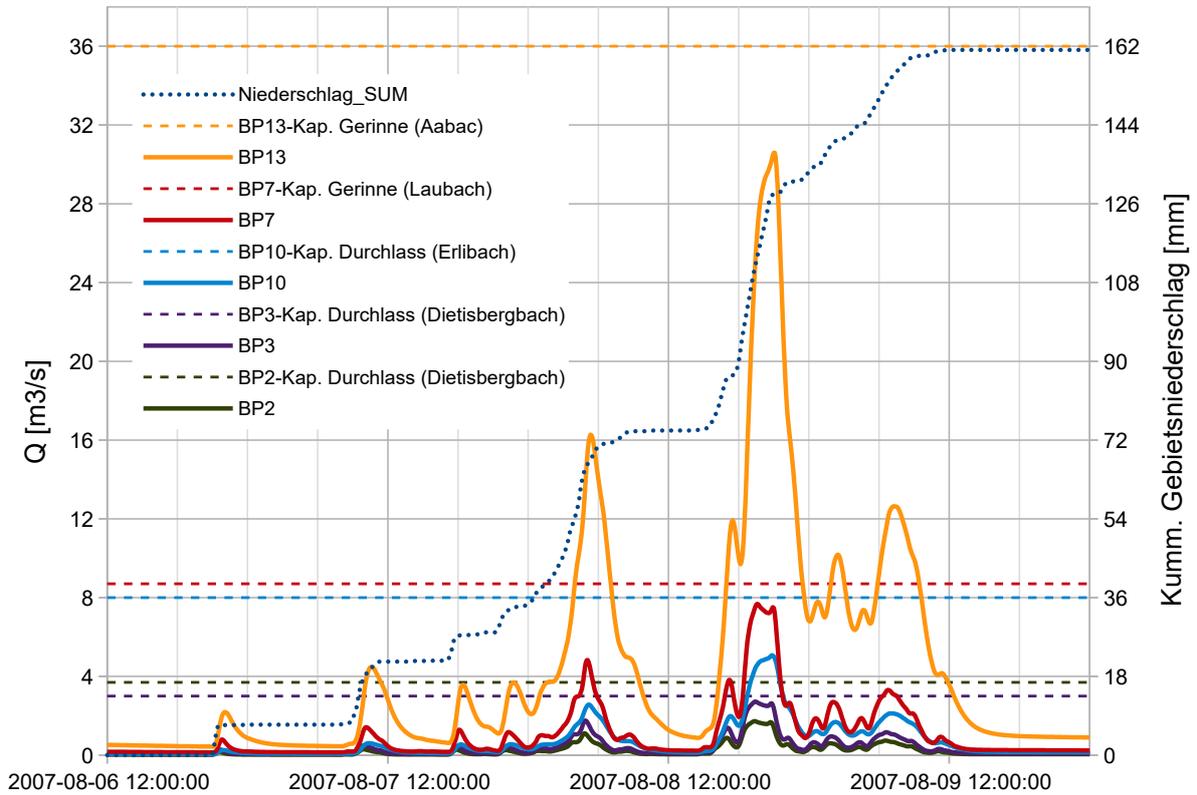


Abb. 6.4: Die Validierung des NAM-Modells für Regenereignis vom 7.-9.8.2007. Die durchgezogenen Linien zeigen die Modellresultate an den ausgewählten Standorten (BPs). Die gestrichelten Linien entsprechen den Kapazitäten. Die gepunktete Linie stellt den kumulierten Niederschlag dar.

6.4 Niederschlags-Szenarien

6.4.1 Einleitung

Für die Modellrechnung von Szenarien sind Niederschlagswerte unterschiedlicher Dauer und Jährlichkeit erforderlich. Die im EZG gelegene Station Küssnacht am Rigi misst zwar nur Tageswerte dafür seit 1961 und Jahres-Niederschlagsmaxima sind seit 1883 verfügbar (140 Jahre). Dies bietet eine gute Grundlage für die Extremwertniederschlags- und Vorfeuchte-Statistik.

Weitere Szenarien werden auf der Grundlage von Niederschlagsmessdaten der Station Luzern (Tageswerte seit 1880, hoch aufgelösten Werte seit 1959) und basierend auf dem HADES Blatt (B04) "Extreme Punktniederschläge" (Frei & Fukutome, 2022) erstellt. Zudem wird die Sensitivität des EZG bezüglich des Klimawandels gemäss dem Szenario RCP 8.5 (Median-Werte) untersucht (MeteoSchweiz, 2018).

Da die Vorbedingungen eine wichtige Rolle für das Abflussverhalten des EZG spielen, werden die Szenarien unter Berücksichtigung der kombinierten Wirkung von Vorfeuchte und Niederschlag erstellt.

6.4.2 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Bei allen Niederschlagsdauern wurde angenommen, dass das ganze 15.5 km² grosse des EZG gleichmässig überregnet wird.

6.4.3 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Für die Modellrechnungen wurden verschiedene Niederschlagszenarien mit unterschiedlicher Dauer und Intensität berücksichtigt. Zur Festlegung der jeweiligen Niederschlagsmenge, bzw. Niederschlagsintensität wurden die lokal vorhandenen Niederschlagsmessungen analysiert. Die Bestimmung der Niederschlagsintensität für verschiedene Ereignisdauern und Wiederkehrperioden erfordert lange Zeitreihen aus Messdaten.

Niederschlagszenarien Küssnacht

An der Regenmessstation Küssnacht a. R. werden seit 1883 bis heute Tagesniederschläge aufgezeichnet. Für Regenszenarien mit einer Dauer von weniger als 24 Stunden wurden die Niederschlagsstatistiken extrapoliert (Anhang 4).

Tabelle 5.2 zeigt die für die Modellrechnungen verwendeten Werte. Bei kurzen Niederschlags-Szenarien bis 4 h Dauer wurde eine zeitliche Dreiecksverteilung angenommen mit der Niederschlagspitze nach einem Drittel der Niederschlagsdauer. Für die Niederschläge mit einer Dauer von mehr als 6 h wurde eine gleichmässige zeitliche Verteilung (Blockregen) verwendet.

Tab. 6.1: Niederschlagswerte für die Küssnacht-Szenarien (Statistik der Station Küssnacht, Tageswerte von 1883 bis 2022).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.33h10j	0.33	10	Dreieck	30.76	167.77
05h10j	0.5	10	Dreieck	34.05	119.17
1h10j	1	10	Dreieck	40.50	75.93
2h10j	2	10	Dreieck	48.17	46.66
4h10j	4	10	Dreieck	57.29	28.20
6h10j	6	10	Block	63.40	10.57
8h10j	8	10	Block	68.14	8.52
12h10j	12	10	Block	75.41	6.28
24h10j	24	10	Block	89.69	3.74
48h10j	48	10	Block	109.31	2.28
72h10j	72	10	Block	130.03	1.81
0.33h30j	0.33	30	Dreieck	38.63	210.68
05h30j	0.5	30	Dreieck	42.54	148.89
1h30j	1	30	Dreieck	50.15	94.04
2h30j	2	30	Dreieck	59.13	57.28
4h30j	4	30	Dreieck	69.71	34.31
6h30j	6	30	Block	76.76	12.79
8h30j	8	30	Block	82.19	10.27
12h30j	12	30	Block	90.50	7.54
24h30j	24	30	Block	106.69	4.45
48h30j	48	30	Block	129.39	2.70
72h30j	72	30	Block	154.42	2.14
0.33h100j	0.33	100	Dreieck	47.20	257.38
05h100j	0.5	100	Dreieck	51.76	181.16
1h100j	1	100	Dreieck	60.60	113.63
2h100j	2	100	Dreieck	70.96	68.74
4h100j	4	100	Dreieck	83.09	40.89
6h100j	6	100	Block	91.12	15.19
8h100j	8	100	Block	97.28	12.16
12h100j	12	100	Block	106.69	8.89
24h100j	24	100	Block	124.92	5.21
48h100j	48	100	Block	150.92	3.14
72h100j	72	100	Block	180.58	2.51

Niederschlagszenarien Hydromaps

Für dieses Szenario wurden die Niederschlagsintensitäten aus dem HADES Blatt (B04) "Extreme Punktniederschläge" (Frei & Fukutome, 2022) entnommen (verfügbar unter <https://hydromaps.ch>). Die Werte sind für Wiederkehrperioden von 2 bis 300 Jahren und Regendauern von 1 und 24 Stunden verfügbar (Anhang 6).

In der vorliegenden Studie sind insbesondere Niederschlagsereignisse von weniger als 3 Stunden Dauer von Bedeutung. Um diese kurzen Dauern zu berücksichtigen, wurden die Niederschlagswerte aus Hydromaps extrapoliert⁹. Sie wurden auch interpoliert, um Werte für Wiederkehrperioden (z. B. 5 Jahre) oder andere Dauern (z. B. von 2 bis 12 Stunden) zu erhalten, die in

⁹ Dies wurde durchgeführt, obwohl Interpolation und Extrapolation der Hydromaps-Werte gemäss Autoren nicht zulässig sind (Frei und Fukutome, 2022).

Hydromaps nicht verfügbar sind. Im Anhang 6 befindet sich die Tabelle mit den Niederschlagswerten, die für die Hydromaps-Szenarien verwendet wurden.

Niederschlagszenarien Luzern

An der Regenmessstation Luzern werden seit 1880 bis heute Tagesniederschläge aufgezeichnet. Für Regenszenarien mit einer Dauer von weniger als 24 Stunden wurden die hochauflösenden Werte derselben Station (ab 1959) statistisch ausgewertet (Anhang 4). Im Anhang 6 befindet sich die Tabelle mit den Niederschlagswerten, die für die Luzern-Szenarien verwendet wurden.

Niederschlagszenarien RCP 8.5 (Auswirkungen des Klimawandels)

Das National Centre for Climate Services (NCCS) liefert Klimainformationen für die Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz (MeteoSchweiz, 2018). Für die Zwecke dieses Berichts basieren die vom NCCS bereitgestellten Daten auf Simulationen mit globalen und regionalen Klimamodellen, die bestimmten "*Representative Concentration Pathway*" (RCP) folgen (IPCC, 2013). Die künftigen Auswirkungen des Klimawandels werden im Vergleich zu einem Referenzzeitraum (1981 - 2010) bewertet und auch für verschiedene 30-Jahres-Zeiträume in die Zukunft projiziert.

Dieser Bericht verwendet den Median des Ensembles von Modellen, die das RCP 8.5 (pessimistisches Szenario) repräsentieren, runterskaliert für die Region Alpen-West im Sommer und projiziert auf den Zeitraum 2070 - 2099 (referenziert als 2085). Für diese Konfiguration wird die Extremwert-Niederschlagsstatistik der Station Küssnacht je nach Wiederkehrperiode und Dauer zwischen -1.9% und 16.5% verringert bzw. erhöht. Für Details siehe Anhang 8.

6.4.4 Kombination von Vorfeuchte und Starkregen

Die analysierten Abflussreaktionen bei den beobachteten Hochwassern (z. B. 2021, 2020, 2007, 2005, etc.) deuten auf eine starke Sensitivität bezüglich der Vorbedingungen hin. Es ist daher wichtig, dass der starke Einfluss der Bodenfeuchte auf die Abflussbereitschaft bei den Szenarien berücksichtigt wird.

Abbildung 6.5 zeigt die Jährlichkeit des V_{NS12} -Indexes (siehe Kap. 3.2.3) anhand der statistisch ausgewerteten Niederschlagsstation Küssnacht a. R. (1961 - 2022). Der V_{NS12} von 47 mm vor dem Ereignis am 25.7.2021 (rote gestrichelte Linie) hat beispielsweise eine Wiederkehrperiode von ca. 5 Jahre.

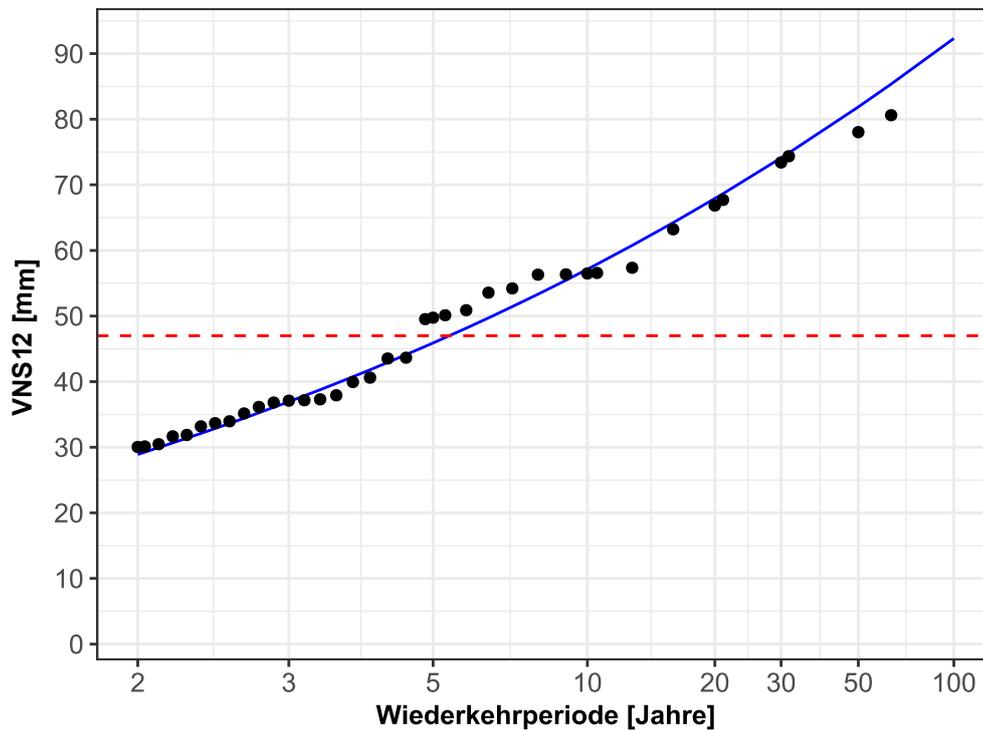


Abb. 6.5: Frequenzdiagramm des V_{NS12} -Index als Vorfeuchte vor den täglichen Jahres-Niederschlagsmaxima im Zeitraum 1961 - 2022 anhand der Niederschlagsstation Küssnacht a. R. (KAR). Die schwarzen Punkte stellen die empirische Verteilung dar, die blaue Linie ist die an die Daten angepasste Extremwertverteilung. Die rote Linie zeigt die Vorfeuchte für das Regenereignis vom 25.7.2021.

Die Niederschläge der verschiedenen Szenarien werden mit folgenden Vorfeuchten kombiniert (Werte aus Abb. 6.5):

Tab. 6.2: Vorfeuchte und entsprechende Wiederkehrperiode für die betrachteten Szenarien (Werte aus Abb. 6.5)

Jährlichkeit [a]	Vorfeuchte [mm]
2	30
3	37
5	50
10	57
20	67
30	73
50	78
100	92

Wie die Niederschläge unterschiedlicher Dauer und Jährlichkeit mit den Vorbedingungen (Vorregen) kombiniert werden, wird im Kapitel 6.5 anhand der Abbildung 6.6 und 6.7 demonstriert. Dabei wird angenommen, dass Niederschlag und Vorfeuchte statistisch unabhängige Ereignisse

sind. Die gemeinsame Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Niederschlags- und Vorfeuchte-Szenarios wird durch das Produkt der jeweiligen Wiederkehrperioden berechnet. Beispielsweise hätte ein Szenario, das aus einem 30-jährlichen Niederschlag und einer 10-jährlichen Vorfeuchte besteht, eine kombinierte Wiederkehrperiode von 300 (30 x 10) Jahren.

6.5 Abflussberechnungen – Niederschlagszenarien Küssnacht

Die Resultate der Modellrechnungen an den 14 BPs des EZGs basierend auf den verschiedenen Niederschlags- und Vorfeuchte-Szenarien sind in Anhang 5 dargestellt. Abbildung 6.6 zeigt grafisch die Kombination von Niederschlag (Wiederkehrperiode 3, 30, 100 Jahre für verschiedene Dauern) und Vorfeuchte (Wiederkehrperiode 2 - 100 Jahre) am BP3 (Dietisbergbach, Hellmühlestrasse).

Die Abbildung 6.6 liest sich wie folgt: In der Grafik links oben werden die Abflüsse gezeigt, die von einem 3-jährlichen Niederschlag (3 a) ausgelöst werden. Die gestrichelte Linie in der Grafik stellt alle Punkte mit einem Spitzenabfluss von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ dar. Am Punkt A beispielsweise ergibt sich dieser Spitzenabfluss aus einer Regendauer von ca. 0.35 h und einer Vorfeuchte mit einer Wiederkehrperiode von 33 Jahren. Die Wiederkehrperiode dieses Szenarios beträgt 100 Jahre (3-jährlicher Niederschlag x 33-jährliche Vorfeuchte).

Der Punkt B markiert die Dauer (ca. 0.75 h), bei der eine Abflussspitze von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ mit der kleinsten Wiederkehrperiode der Vorfeuchte (ca. 20 Jahre) erreicht wird. Die Wiederkehrperiode dieses Szenarios beträgt 60 Jahre (3 x 20). Folglich hat ein Spitzenabfluss von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ am BP3 eine Wiederkehrperiode von mindestens 60 Jahren für ein Regenszenario mit 0.75 Stunden Dauer.

Der Punkt C in der Grafik rechts oben (30-jährlicher Niederschlag) zeigt beispielhaft eine analoge Interpretation für eine Abflussspitze von $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Beispiel zeigt, dass gemäss Berechnung hat ein Spitzenabfluss von $7 \text{ m}^3/\text{s}$ eine Wiederkehrperiode von mindestens 330 Jahren (30-jährlicher Niederschlag x 11-jährliche Vorfeuchte) für ein Regenszenario mit ca. 0.75 Stunden Dauer.

Eine wichtige Schlussfolgerung aus Abbildung 6.6 ist, dass für die grössten Abflüsse am BP3 kurze Gewitter-Niederschläge mit einer Dauer zwischen 0.5 h und 1 h massgebend sind.

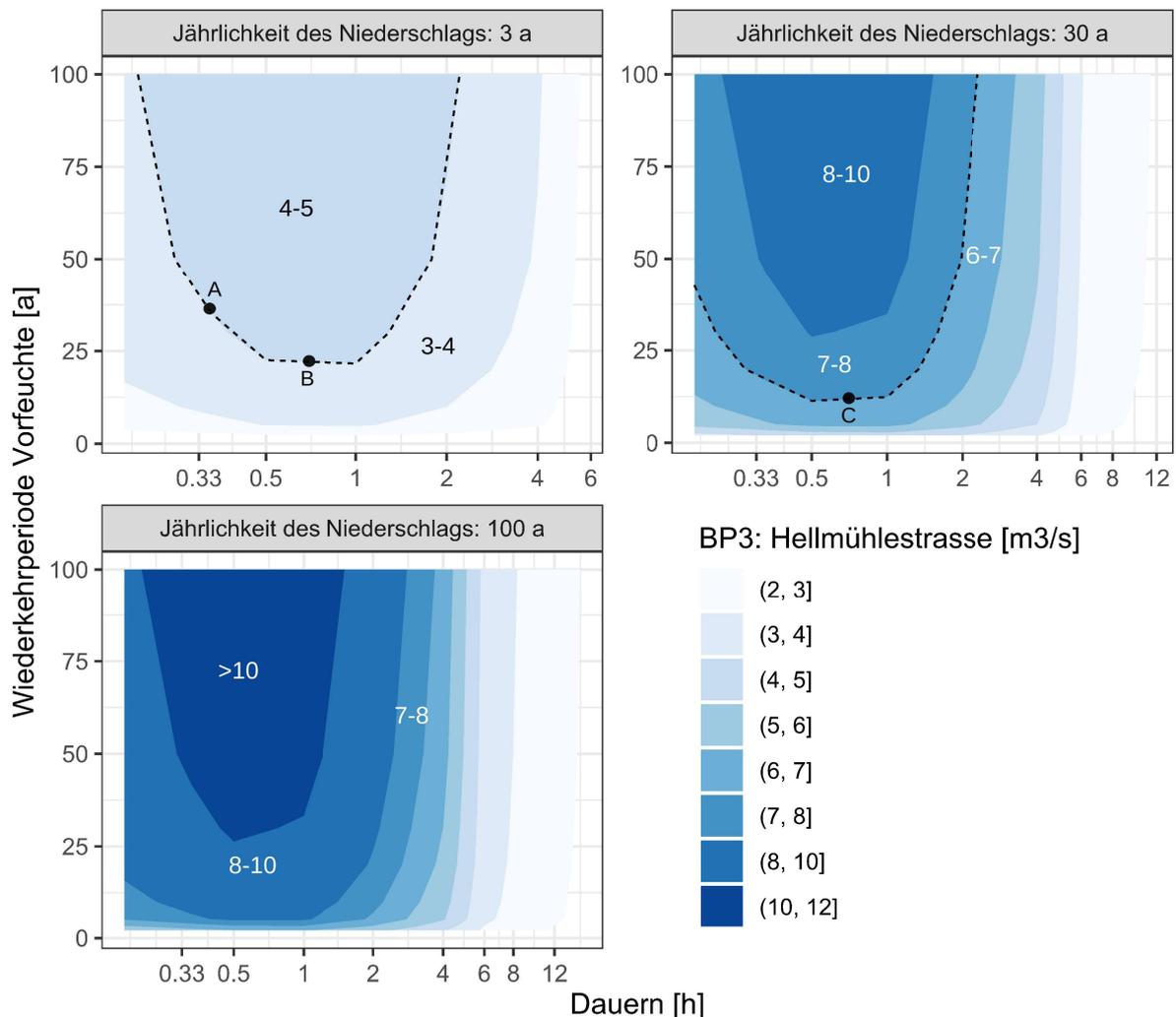


Abb. 6.6: Ergebnisse der Abflussberechnungen mit dem NAM Q_{Area}^+ aufgezeigt anhand von 3 Niederschlags-Jährlichkeiten aus den Küssnacht-Szenarien (3, 30 und 100 Jahre) für die Kombination von Niederschlag und Vorfeuchte. Die vertikale Achse stellt die Wiederkehrperiode der Vorfeuchte dar, die horizontale die Regendauern. Die blaue Farbskala zeigt den zu erwartenden Abfluss am BP3 (Hellmühlestrasse - Dietisbergbach).

Abbildung 6.7 zeigt die maximalen Abflüsse ohne Unterscheidung nach Niederschlagsdauer (absolutes Maximum über alle Dauern). Die horizontale und die vertikale Achse stellen die Wiederkehrperioden des Niederschlags bzw. der Vorfeuchte dar. Jeder Kasten steht für einen bestimmten Berechnungspunkt (BP3 und BP7). Bei BP7 (Laubach) zum Beispiel betragen die maximalen Abflüsse mit 100-jährlicher Wiederkehrperiode 14 - 15 m³/s. Analog dazu erreichen die maximalen Abflüsse mit einer 100-jährlichen Wiederkehrperiode bei BP3 etwa 6 m³/s.

Beim BP7 (Abb. 6.7, Grafik unten) zeigt das rote Rechteck den Wahrscheinlichkeitsbereich des Ereignisses vom 25.7.2021. Gemäss Niederschlagsstatistik Luzern ist die Wiederkehrperiode für den Niederschlag (zwischen 30 und 60 min. Dauer) höher als 30 Jahre (Abb. 3.6) und für die Vorfeuchte bei etwa 4 - 7 Jahren (Abb. 6.5). Dieser Bereich zeigt gemäss der Farbgebung Abflüsse über 15 m³/s, was mit der Modellvalidierung und den rekonstruierten Abflüssen am Laubach überstimmt (Abb. 6.2 und Tab. 3.1). Die kombinierte Wiederkehrperiode dieses

Ereignisses beträgt mindestens 120 Jahre.

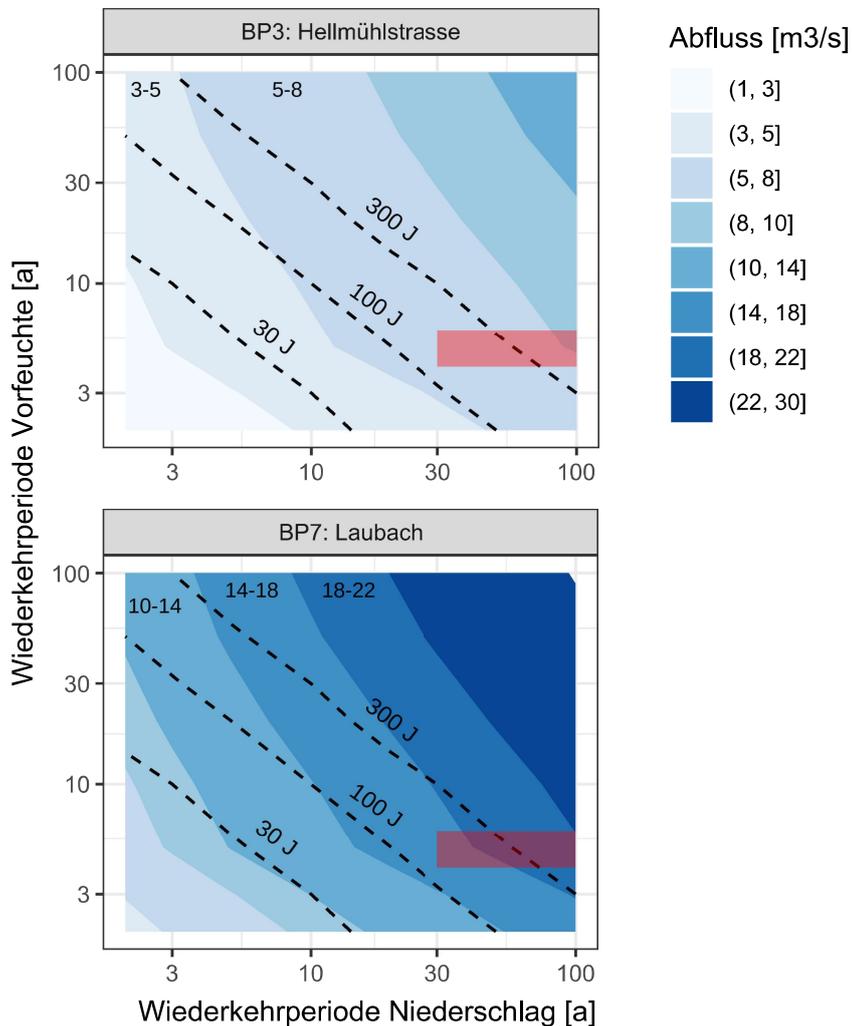


Abb. 6.7: Ergebnisse der Abflussberechnungen mit dem NAM Q_{Area}^+ für die kombinierten Küsnach-Szenarien. Die vertikalen und horizontalen Achsen stellen die Wiederkehrperiode der Vorfeuchte bzw. des Niederschlags dar. Die Farben zeigen den erwarteten maximalen Abfluss am BP3 (Hellmühlestrasse) und BP7 (Laubach). Die gestrichelten schwarzen Linien zeigen die kombinierte Wiederkehrperiode. Die roten Rechtecke stellen das Ereignis vom 25.7.2021 dar, begrenzt durch die Wiederkehrperiode des beobachteten Niederschlags und der Vorfeuchte.

6.6 Abflussberechnungen für die Hydromaps-, Luzern- und RCP8.5-Szenarien

Die Resultate der Modellrechnungen an den 14 BPs des EZGs für die Hydromaps-, Luzern-, und RCP8.5-Szenarien gemäss Kapitel 6.4.3 sind in Anhang 6 dargestellt.

7 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

7.1 Einleitung

Um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen, wurden im Sinne einer Synthese die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und die Resultate der Modellrechnungen in einem Frequenzdiagramm zueinander in Beziehung gesetzt. Dies liefert ein Gesamtbild und zeigt den Unsicherheitsbereich der Hochwasserabschätzung auf. Bei der Festlegung der massgebenden Abflüsse verspricht dieses Vorgehen eine grössere Verlässlichkeit.

Erkenntnisse der Erkundung historischer Hochwasser:

- Die Untersuchung in Meierskappel und Umgebung reicht bis ins Jahr 1896 zurück. Ab 1910 werden die Informationen dichter und damit erschliesst sich ein einigermaßen gut dokumentiertes Zeitfenster von 112 Jahren.
- Gemäss den Schilderungen waren die Hochwasser von 1896, 1910, 2003, 2005, 2012 und 2021 gross, d. h. es wird z. T. berichtet, dass Bäche über die Ufer traten. Das Hochwasser vom 25.7.2021 in Meierskappel hebt sich dabei gemäss den Schilderungen und Angaben der Gewährspersonen bezüglich Grösse und Schäden stark von den übrigen ab.
- Ältere Anwohner, die sich 50 - 60 Jahre zurückerinnern können, bezeichneten das Hochwasser vom 25.7.2021 am Dietisbergbach und Laubach als grösstes, das sie je beobachtet haben (Rang 1 in mindestens 50 - 60 Jahren). Im Zeitfenster seit 1910 (112 Jahren) wurden keine vergleichbaren oder gar katastrophalen Hochwasser in diesem Bereich erwähnt. Dies bedeutet, dass das Hochwasser 2021 auch auf Rang 1 in 112 Jahren (oder sogar in einer grösseren Zeitperiode) gewesen sein könnte. Die Wiederkehrperiode des Hochwassers 2021 wird daher auf 60 - 112 Jahre geschätzt, könnte aber auch seltener sein. Den übrigen Hochwassern lässt sich kaum eine Jährlichkeit zuordnen.
- Das Hochwasser von 2021 war gekennzeichnet durch eine seltene Kombination aus sehr nassen Vorbedingungen gefolgt von einem kurzen, aber intensiven Niederschlagsereignis (ca. 50 mm, der in Küsnacht gemessene Monatsniederschlag im Juli 2021 betrug 365 mm). Dieses Phänomen muss bei den Szenarien für die Modellrechnungen berücksichtigt werden.

Erkenntnisse der Abflussreaktion des EZG auf Starkregen:

- Die Kartierung der Abflussbereitschaft des EZG basiert auf geologischen und bodenkundlichen Grundlagen und eigenen Untersuchungen (Sondierungen).
- Im ganzen Untersuchungsgebiet gehören 59.6% dem stark verzögert reagierenden Abflusstypen 4 an. Den rasch bis verzögert reagierenden Flächen des Abflusstyps 1 - 3, resp. Siedlungsabflusstypen 1 - 3 gehören hingegen nur 40.1% an. Aufgrund dieser Verteilung kann die Abflussbereitschaft im gesamten EZG als mässig beurteilt werden.

Erkenntnisse der Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abflussmodell:

- Die Niederschlags-Szenarien bestehen einerseits aus Niederschlägen mit einer bestimmten Jährlichkeit, andererseits werden auch Niederschläge und Vorfeuchte kombiniert (z. B. 100-jährliches Ereignis: 5-jährlicher Niederschlag mit einer 20-jährlichen Vorfeuchte: 5 x 20).

- Für die Szenarien wurden drei verschiedene Niederschlagsstatistiken berücksichtigt. Die Niederschlagszenarien Küssnacht und Hydromaps ergeben die höchsten Abflusswerte.
- Die Simulationen der verschiedenen Szenarien mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell zeigen, dass Regenereignisse mit Dauern zwischen 0.5 und 2 Stunden in diesem EZG die höchsten Abflussspitzen auslösen. Am Laubach (Gesamtabfluss von Dietisbergbach und Gumbach) liegen die Abflüsse mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren bei $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.2 Hochwasserabflüsse am Dietisbergbach (BP3, Hellmühlestrasse) und Laubach (BP7)

Die Abbildungen 7.1 und 7.2 zeigen die Frequenzdiagramme am Dietisbergbach oberhalb der Hellmühlestrasse (BP3) resp. am Laubach (BP7) mit den berechneten maximalen Abflussspitzen der untersuchten Szenarien (Linien). Die hydraulisch rekonstruierte Abflussspitze des Ereignisses vom 25.7.2021 ist als grünes Rechteck dargestellt.

Am BP3 (Abb. 7.1) liegt der rekonstruierte Abfluss des Hochwassers von 25. Juli 2021 zwischen 5.5 und $7.0 \text{ m}^3/\text{s}$ und hat gemäss historischer Erkundung eine Wiederkehrperiode von 60 bis 112 Jahren (oder mehr). Der rote Bereich markiert die vorgeschlagenen HQ_x , mit der Angabe eines Bereichs soll der Unsicherheit der Hochwasserabschätzung Rechnung getragen werden. Ein HQ_{100} beträgt demnach am BP3 $5.5 - 6.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Am Laubach (Abb. 7.2) ist der rekonstruierte Abfluss des Hochwassers von 25. Juli 2021 höher als $13 \text{ m}^3/\text{s}$ und hat gemäss historischer Erkundung ebenfalls eine Wiederkehrperiode von 60 bis 112 Jahren (oder mehr). Ein HQ_{100} beträgt hier $14 - 16 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.3 HQ_x für die untersuchten Bemessungspunkte

Die vorgeschlagenen HQ_x der weiteren Bemessungspunkte (1 - 14) sind in Tabelle 6.2 aufgeführt.

Dietisbergbach - Hellmühlestrasse (BP3)

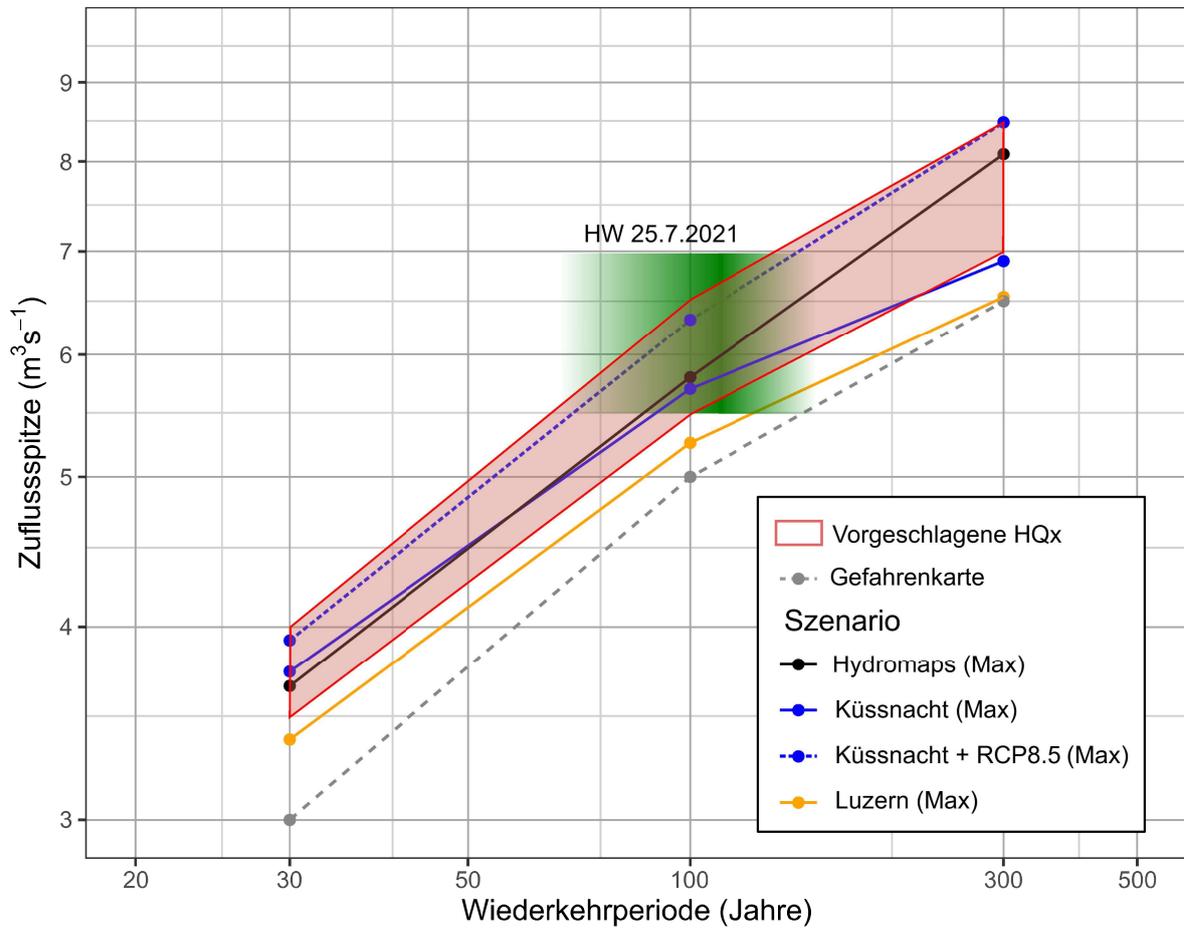


Abb. 7.1: Das Frequenzdiagramm des Dietisbergbachs bei der Hellmühlestrasse (BP3; 1.19 km²). Das grüne Kästchen zeigt den eingeordneten rekonstruierten Abfluss des Ereignisses vom 25.7.2021. Die Linien zeigen den maximalen berechneten Abfluss für das entsprechende Szenario. Der rote Bereich markiert die vorgeschlagenen HQ_x. Die graue Linie zeigt die Werte der Gefahrenkarte (GEOTEST, Oeko-B, 2007).

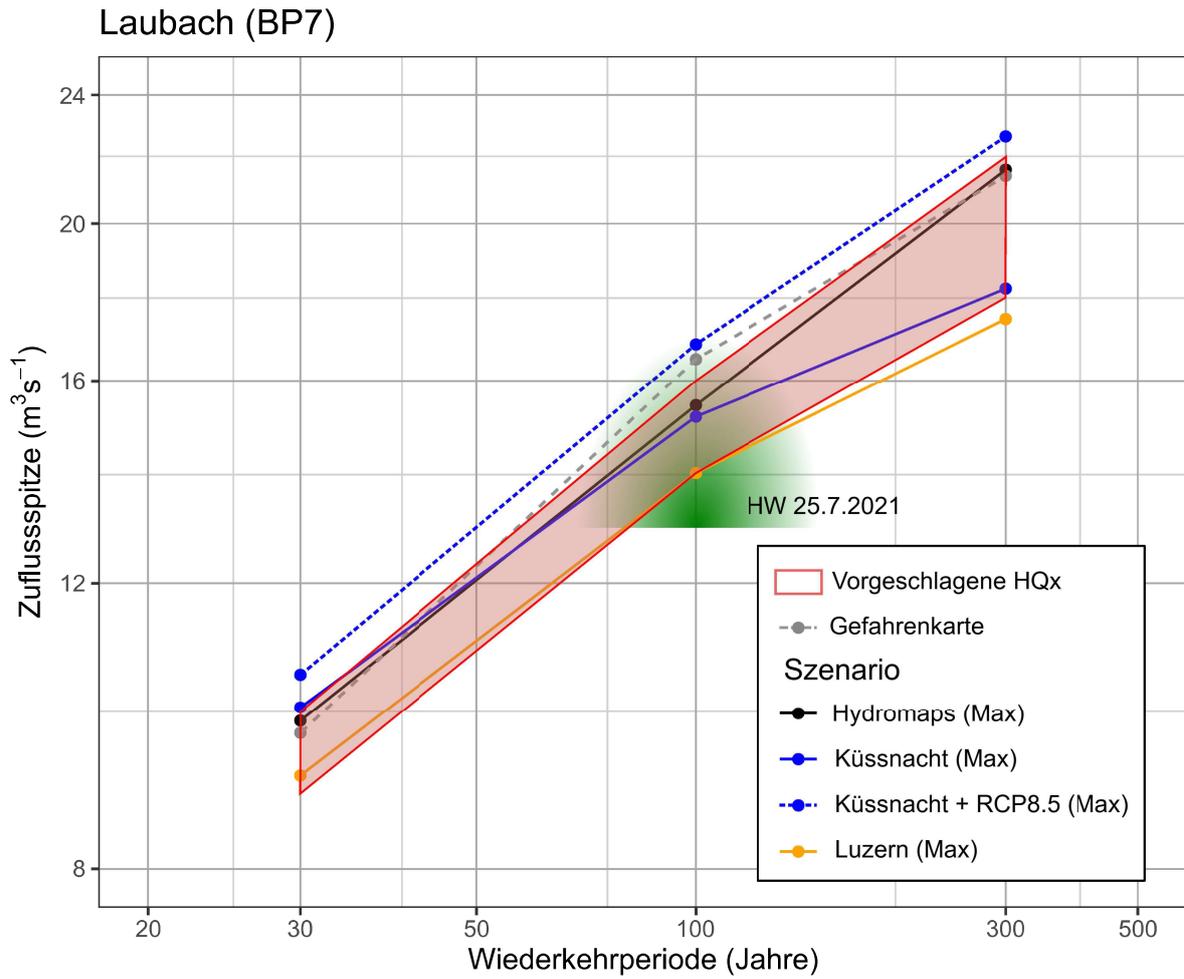
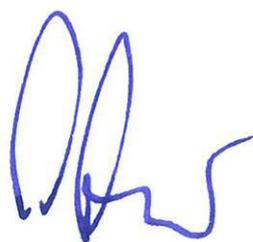


Abb. 7.2: Das Frequenzdiagramm des Laubachs (BP7: 3.46 km²). Das grüne Kästchen zeigt den eingeordneten rekonstruierten Abfluss des Ereignis vom 25.7.2021. Die Linien zeigen den maximalen berechneten Abfluss für das entsprechende Szenario. Der rote Bereich markiert die vorgeschlagenen HQ_x. Die graue Linie zeigt die Werte der Gefahrenkarte (Oeko-B, 2013).

Tab. 7.1: Die ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

BP	Bezeichnung	Fläche [km ²]	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	EZG oberhalb BP 1: Speckbach	0.17	0.5 - 0.6	0.7 - 0.9	0.9 - 1
2	EZG oberhalb BP 2: Dietisbergbach bei Schulhaus	0.76	2.5 - 3	4 - 5	5 - 6
3	EZG oberhalb BP 3: Dietisbergbach bei Hellmühlestrasse	1.19	3.5 - 4	5.5 - 6.5	7 - 8.5
4	EZG oberhalb BP 4: Gumbach bei Chäppelhof	0.99	2.9 - 3.3	4.5 - 5.4	5.8 - 7
5	EZG oberhalb BP 5: Gumbach bei Gerbe	1.34	4 - 4.5	6.1 - 7.2	7.7 - 9.3
6	EZG oberhalb BP 6: Gumbach bei Hellmüli	1.64	4.7 - 5.3	7.2 - 8.5	9.1 - 11
7	EZG oberhalb BP 7: Laubach	3.46	9 - 10	14 - 16	18 - 22
8	EZG oberhalb BP 8: Laubach bei der Autobahnunterführung	3.49	9 - 10	14 - 16	18 - 22
9	EZG oberhalb BP 9: Spichtenbach bei der Autobahnunterführung	0.76	1.2 - 1.3	1.7 - 1.9	2.2 - 2.6
10	EZG oberhalb BP 10: Erlibach bei der Meierskappelstrasse	2.43	5 - 6	8 - 9	10 - 12
11	EZG oberhalb BP 11: Aahusbach bei der Zugerstrasse	5.73	8.3 - 9.3	13 - 14	16 - 20
12	EZG oberhalb BP 12: Erlibach bei der Autobahnunterführung	9.92	15 - 17	22 - 25	29 - 35
13	EZG oberhalb BP 13: Aabach bei Oschweid	14.20	24 - 26	35 - 40	46 - 56
14	EZG oberhalb BP 14: Aabach Mündung ins Zugersee	15.48	25 - 28	38 - 44	49 - 60

Scherrer AG
Hydrologie und Hochwasserschutz



Dr. Simon Scherrer



Dr. Jaime Rivera

Reinach, 14. November 2023

Sachbearbeiter: Dr. Jaime Rivera, M.Sc. Wasserwirtschaft, Universität Stuttgart.
Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Anhang

- Anhang 1 Historische Hochwasser
- Anhang 2 Bodenprofile
- Anhang 3 Modellaufbau
- Anhang 4 Niederschlagsstatistiken
- Anhang 5 Abflussberechnungen Niederschlagsszenarien Küssnacht
- Anhang 6 Abflussberechnungen Niederschlagsszenarien Hydromaps, Luzern, und Küssnacht + RCP8.5
- Anhang 7 Hydraulische Rekonstruktionen vom 25.7.2021
- Anhang 8 Beschreibung Klima-Szenario RCP8.5

Datum	Niederschlag Information	Angaben zum Ereignis	Quelle
1896, 22.7.	Wolkenbruch, Überschwemmungen	Nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr entleert sich über Meierskappel ein gewaltiger Wolkenbruch. Die Bäche schwellen zu und Strömen an. Der Schaden ist bedeutend.	Naturhistorische Literatur und Naturchronik der fünf Orte für die Jahre 1906 bis 1909 (Innerschweiz)
1910.6.14	Stärke Niederschläge und Überschwemmungen 93 mm (interpoliert)	Durch Überschwemmung Küssnacht Totalschaden 2500, Bäume und Früchte 300, Land und Kultur 2 200 CHF. Jahrhunderthochwasser (Graubünden Prättigau) - Fachleute sprechen sogar von einem Jahrtausende, Hochwasserkatastrophe in 21 Kantonen der Alpennordseite. Die West- und Südwestschweiz blieben weitgehend verschont. Ursachen waren extreme Regenfluten und Wolkenbrüche. Verschärft wurde die Situation durch eine abnorme Schneeschmelze auf die ohnehin schon voll gesättigten Böden. Allein der Schaden an Strassen, Brücken und Gewässern betrug, in damaliger Währung, 7.6 Millionen Franken, der Schaden an privatem Besitz 5,5 Millionen (ohne die begüterten Privaten, Industrien und ohne die Schäden der Gemeinden und der SBB). Die totale Schadensumme erreichte die Höhe von 16 Millionen Franken, eine für die damalige Zeit ungeheure Summe.	H. Lanz-Stauffer und C. Rommel 1936 (LZ-SZ) http://www.sturmarchiv.ch/
1910, 10.8.	Starke Regen, Überschwemmungen 76 mm/2d (interpoliert)	In den Gemeinden Root und Meierskappel haben Bäche Überschwemmungen am Dienstag Abend teilweise beträchtlichen Schaden angerichtet. Am Dienstag Nachmittag ergingen über ziemlich grosse Gebietsteile unseres Kantons ungewöhnlich starke Niederschläge.... Besonders schlimm hauste das Unwetter in den Gemeinden Ebikon, Root, Gisikon, Meierskappel . Leider sind auch Menschenleben zu beklagen. In Root ertrank ein 27 Jahre alter Jüngling Gottstied Petermann, als er aus einem Bach Holz fischen wollte; in Meierskappel fiel ein 12 jähriger Knabe Käppeli... in den Bach und wurde als Leiche wieder herausgezogen.	Neue Zürcher Nachrichten, Nummer 216, 11. August 1910 Ausgabe 02
1912, 23.6.	Gewitter 60 mm (interpoliert)	Meierskappel , 24. Juni. Das Gewitter, das sich in der Sonntagnacht (1912.06.23) über unserer Gegend entlud, verursachte in den Gärten und an den Obstbäumen grossen Schaden. Die fallenden Schlossen erreichten die Grösse von Baumnüssen. Unter den vordem reich Behängen.	Neue Zürcher Nachrichten, Nummer 171, 25. Juni 1912
1927, 2.8.	Gewittersturm Hagel 28 mm (interpoliert)	Die Aufstellung zeigt, dass der bei weitem grösste Anteil am Schaden auf Hagel entfällt; während die Ziffern für Sturmschäden schon erheblich zurückbleiben, und Wasser- und Rutschungsschäden zusammen nur etwa 10% vom Total ausmachen. Meierskappel Gesamtschaden 55 150, Land und Kulturen 34 082, Gebäude 17 268, Fahrnis 3 800 CHF. Udligenswil Gesamtschaden 46 475, Land und Kulturen 23 433, Gebäude 17 762, Fahrnis 5 280 CHF. Im Kanton Luzern traf es 25 Gemeinden, vom Entlebuch hinüber nach Ruswil, Neuenkirch, über den Jnwilerberg bis nach Meierskappel und Udligenswil . Die Totalschadensumme von Fr. 5,630,462 verteilt sich auf 2285 Geschädigte..... Bäume fielen dem Sturm zum Opfer 7932, im Gesamtwerte von Fr. 779,239.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936) Neue Zürcher Nachrichten, Band 23, Nummer 305, 10. November 1927 Ausgabe 02, Luzern.
1932, 29.6.	Gewitter, Hagle, Überschwemmungen	Heftiges Gewitter mit Hagelschlag über dem Rossberg. Mehrere Bäche, darunter der Rufibach, führten Hochwasser und überfluteten Wiesen und Strassen in der Gemeinde Arth. Auch in Küssnacht entstanden Überschwemmungen. Die dem Schweizerischen Fonds von 9 Besitzern angemeldeten Schäden verteilen sich nach Gemeinden. Küssnacht Totalschaden 5 980, Technische Bauwerke 2 780, Kultur 50, Boden 3150 CHF.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)

Datum	Niederschlag Information	Angaben zum Ereignis	Quelle
1934, 9.9	Gewitterzug, Überschwemmungen Schwyz 92 mm 147 mm (interpoliert)	Zahlreiche Gebirgsbäche verwandelten sich in reissende Ströme und rissen viele Rufen und Runsen los. Strassen und Eisenbahnlinien wurden verschüttet und weggerissen, viel Kulturland überführt und zahlreiche Gebäude und Fahrnis überschwemmt. Küssnacht Totalschaden Fr. 17925, Fahrnis 170, Wuhren und Wege 6673, Kultur 1620, Kulturland 9 463 CHF (damaliger Geldwert). Ein gewaltiger Gewitterzug zog vom Genfersee über das Simmental und Thunerseegebiet in die Innerschweiz und weiter bis zum Bodensee. Bachausbrüche, Überschwemmungen und Rutschungen verursachten Schäden von über 6 Millionen Franken (damaliger Geldwert). Schwerpunkte der Verwüstungen waren die Kantone Schwyz und Zug, speziell die Regionen um die Rigi , den Zugerberg, den Rossberg und den Aegerisee. Auf dem Rigi-Kulm wurden in-ner 45 Minuten 120mm Niederschlag gemessen.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936) http://www.sturmarchiv.ch/
1975, 23.8.	Dauerregen und Überschwemmungen 70 mm (interpoliert)	Nicht nur in Luzern selbst, sondern auch auf der Strasse zwischen Adligenswil und Udligenswil sowie im Gebiet von Götzental und von Haltikon gab es überschwemmte Fahrbahnen, welche stundenlange Strassensperren und Verkehrsumleitungen nach sich zogen.... Wegen des Hochwassers mussten auch in Haltikon und Merlischachen im Kanton Schwyz Strassenabschnitte vorübergehend gesperrt werden. Haltikon : bei Haltikon , Merlischachen und Küssnacht Strassen überschwemmt, Verkehrsunterbrüche. Tal (nordwestlich von Küssnacht): Erdschlipf verschüttete Weg.	Neue Zürcher Zeitung, Nummer 195, 25. August 1975 WSL (2023)
1985, 16.7.	Gewitter, Bachausbrüchen, Rutschungen. 10 mm (interpoliert)	In Küssnacht am Rigi/SZ nach einem lokalen Gewitter erneut zu Bachausbrüchen und Rutschungen.	WSL (2023)
2003, 6.6.	Unwetter, Überschwemmungen 64 mm (interpoliert)	Im Kanton Luzern war die Gemeinde Meierskappel am stärksten vom Unwetter betroffen. Ein 7 m breiter Strom bahnte sich seinen Weg vom Michaelskreuz ins Dorf und überflutete zahlreiche Keller und Läden. Die Fluten drangen in die Backstube und das Lager einer Bäckerei ein und eine kleinere Brücke stürzte ein.	WSL (2023)
2004, x.x.	Überschwemmung in Fänn.	Überschwemmung durch den Erlibach und den Aabach verursacht.	StorMe, 2023
2005, 21.8.	Starkregen 148 mm/3d (interpoliert)	Landwirtschaft Schäden an Aabachbrücke In Haltikon wurde aus der Hauptstrasse ein Bach. Bei der Schilliger Holz AG wurde die Trafostation überflutet und viele Maschinen erlitten Wasserschaden. In Küssnacht standen Gebäude im Industrieareal Fänn im Wasser. Sofortiges Abpumpen verhinderte das Schlimmste.	WSL (2023)

Datum	Niederschlag Information	Angaben zum Ereignis	Quelle
2007, 7./8.8.	Dauerregen und Überschwemmungen 147 mm (interpoliert)	Aufgrund der heftigen Regenfälle standen im Kanton Schwyz 16 Gemeindefeuerwehren im Einsatz. In der Nacht auf Mittwoch hatte es stark geregnet. Tagsüber liessen die Niederschläge nach, um gegen Abend erneut einzusetzen. Fröhligens halt es in Küssnacht , Schwyz.... und Pfäffikon, überflutete Keller oder Tiefgaragen auszupumpen oder Strassenstücke vorübergehend zu sperren. In Küssnacht am Rigi wurden die Strassen zwischen Fänn und Risch und in Richtung Greppen vorübergehend gesperrt. Bei der Firma Schilliger Holz AG stand eine der Sägereien unter Wasser.... Vorsorglich wurden auch Sandsäcke bei der Firma Tschümperlin AG im Fänn abgefüllt. In Haltikon bildete sich am Morgen über dem Strassenstück zw. Golfplatz und Sägerei in einer Mulde ein Weiher. Eine Automobilistin unterschätzte die Wassertiefe und blieb stecken. Sie konnte sich aus dem Wagen befreien, das fast bis zum Dach versank. Die Haltikerstrasse wurde bis am frühen Nachmittag gesperrt.... Einige Häuser Richtung Chiemen mussten mit Sandsäcken abgedichtet werden.	WSL (2023)
2009, 7./8.8.	Gewitter, Überschwemmungen und Erdbeben 75 mm (interpoliert)	Bei der Kantonspolizei Luzern gingen über 120 Notrufe ein. Vor allem die Gemeinde Adligenswil, aber auch Udligenswil , Meggen, Ebikon, Dierikon, Root, Kriens und Malters waren betroffen. Bäche traten über die Ufer, Strassen waren unpassierbar und Keller mussten ausgepumpt werden. Im Kanton Schwyz war die Gemeinde Küssnacht am Rigi am meisten betroffen.... Wegen schwachen Höhenwinden wurden die Regenzellen nicht weiter geblasen sondern entleerten sich lokal. In der Zentralschweiz fielen zw. 50 und 55 l/m ² Regen zw. 11 und 15 Uhr. Zwischen Immensee (Gemeinde Küssnacht am Rigi) und Rotkreuz (Gemeinde Rotkreuz) (Ort unklar; SZ, LU oder ZG) ging ein kleiner Erdbeben auf die Bahnlinie nieder. Die Strecke war einspurig befahrbar.	WSL (2023) WSL (2023)
2010, 7.22.	Gewitter und Überschwemmungen 43 mm (interpoliert)	Ab 16 Uhr zogen heftige Gewitter mit starkem Regen, Hagel und Sturm über den Kt. Schwyz hinweg. Innert 2 h trafen bei der Kantonspolizei 123 Notrufe ein. Die ergiebigen Regenfälle führten innert Minuten zu überfluteten Strassen und Kellern. Betroffen war das gesamte Kantonsgebiet, v.a. aber die Region March und Einsiedeln. Die ersten Meldungen trafen ab 16:10 Uhr wegen Wassereinbrüchen aus der Region Küssnacht ein. U.a. musste im Industriegebiet Fänn Wasser abgepumpt werden, das in einen Keller lief.	WSL (2023)

Datum	Niederschlag Information	Angaben zum Ereignis	Quelle
2012, 7.6.	<p>Regen, Überschwemmung und Murgang</p> <p>> 30mm in 1 Stunde</p> <p>56 mm (interpoliert)</p>	<p>In Meierskappel, wo am Donnerstag das 4-tägige Country festival eröffnet wurde, überflutete der Erlibach den Campingplatz. «Der Platz stand zeitweise einen Meter unter Wasser», sagt Gregor Amstutz, Einsatzleiter der Feuerwehr Meierskappel. Personen seien auf dem gut besuchten Campingplatz keine zu Schaden gekommen. Neben Mobiliar haben mehrere Wohnwagen Totalschaden erlitten. Der Bach beim Campingplatz in Meierskappel ist am Abend des 07.06.2012 über die Ufer getreten und hat den Campingplatz überschwemmt. Das Wasser hat auf dem Campingplatz zum Teil massiven Schaden angerichtet. Einer der Betroffenen ist Peter Hodel aus Wollishofen. «Kurz nach 18 Uhr habe ich noch die Würste auf den Grill gelegt», erzählt der langjährige Camper aus Zürich. «Wenn jetzt der Regen kommt, verschiebe ich den Grill unter das Vordach», dachte er noch. Kurz danach habe es wie aus Kübeln gegossen. Minuten später sei der ganze Campingplatz unter Wasser gestanden. «So etwas habe ich noch nie gesehen.» <i>Seinen Wohnwagen stand in 80 cm tief im Wasser.</i></p> <p>Am stärksten betroffen war Meierskappel LU, wo der Erlibach über die Ufer trat und einen Campingplatz unter Wasser setzte. Neben Zelten erlitten mehrere Wohnwagen Totalschaden.</p> <p>Erlibach Gewässer. In den Kantonen Zug und Luzern war es am Abend nach heftigen Regenfällen zu Überschwemmungen gekommen. Gesamthaft standen 120 Feuerwehrleute von 8 Feuerwehren im Kanton LU im Einsatz. Laut Gebäudeversicherung entstanden nur geringe Schäden. Man erwartete insgesamt ca. 50 Meldungen mit einer gesamten Schadenssumme von 0.5 Mio. CHF. Der starke Regen ging zwischen 19:30 und 20 Uhr nieder und betraf am Rand die Stadt Luzern sowie vor allem Emmen... und Meierskappel. Am schwersten betroffen waren Root und Meierskappeln. Die Feuerwehr in Meierskappel hatte einige Keller ausgepumpt. Arg in Mitleidenschaft gezogen wurde der Campingplatz Gerbe, wo ein Country-Festival stattfand. Der Erlibach brachte innert kurzer Zeit derart viel Geschiebe mit, dass er über die Ufer trat und einen Teil des Platzes unter Wasser setzte und die vielen Zelte verschlammte.... <i>Der Campingplatz stand teilweise 1 m unter Wasser. Das Wasser reichte etwa einen halben Meter über die Türschwelle.</i> Neben Mobiliar haben mehrere Wohnwagen Totalschaden erlitten. Der Güllenkasten eines Bauernhofs überlief und floss auf das Gelände..... Ein Bach überschwemmte das Dorfzentrum. Die Rohrer-Garage war überschwemmt... Die Dietisbergstrasse musste wegen eines Murgang gesperrt werden. Dort musste man mit schwerem Gerät auffahren, um die Strasse zu räumen.</p> <p>Aufgrund der starken Regenfälle mussten diverse Strassen im Bereich der Zugerstrasse gesperrt werden.</p>	<p>Luzerner Zeitung</p> <p>Sturmarchiv.ch</p> <p>WSL (2023)</p>
2015, 7.6.	<p>Gewitter, Hochwasserabflüsse, Überschwemmungen</p> <p>37 mm (interpoliert)</p> <p>Würzenbach (2673074 1216102) 4.09 m³ s⁻¹</p>	<p>Ein starkes Unwetter mit Starkniederschlag und Hagel überzog die Gemeinden im Rontal, im Raum Rothenburg/Emmenbrücke und im Entlebuch. Es gingen über 115 Ereignismeldungen wegen Unwetterschäden ein. Es waren 14 Feuerwehrkorps mit 300 Personen an über 130 Stellen im Einsatz. Es gab überschwemmte Strassenabschnitte, Unterführungen und Keller. Am stärksten betroffen waren die Gemeinden Root, Meierskappel, Ebikon, Dirikon, Emmen und Buchrain.</p> <p>Durch ein starkes Gewitter am 7. Juni gab es Überschwemmungsschaden in Luzern, Dierikon, Udligenswil und Adligenswil LU sowie in Birmensdorf ZH. Im Kanton Schwyz drangen grössere Wassermassen in Keller ein. Dies vor allem in Küssnacht am Rigi und Oberiberg.</p> <p>Im Gebiet Goldispitz verkleuste der Durchlass der Meierskappelstrasse. Die Strasse wurde überschwemmt.</p>	<p>WSL (2023)</p>

Datum	Niederschlag Information	Angaben zum Ereignis	Quelle
2020, 2.7.	Gewittern, Überschwemmungen 54 mm (interpoliert)	Am 02. Juli 2020 zogen am Nachmittag mehrere Gewitter über Küssnacht hinweg. Zwischen 16:30 und 18:30 Uhr fielen etwa 30 mm Niederschlag, so dass der Erlibach bei Böschenrot über die Ufer trat <u>Für Hochwasser zu klein dimensioniert</u> Meierskapelle – Neubau Aabachbrücke und Sanierung Landhusbrücke Die alte Aabachbrücke war für die heutigen Hochwasser, die unter anderem wegen dem Zuwachs der Besiedelung im Einzugsgebiet grösser geworden sind, zu klein dimensioniert. Die Landhusbrücke musste saniert und infolge der ungenügenden Verkehrssicherheit auf den Stand der heutigen Technik gebracht werden. Die beiden Brücken erschliessen den Luzerner Weiler Böschenrot von der Zuger Gemeinde Risch her.... Der Kostenvoranschlag von Fr. 310'000.– konnte um rund 12'000 Franken unterschritten werden.	StorMe.bafu rontaler.ch 2017.03.28
2021, 21.6.	Gewitter, Hagel, Hochwasser 21 mm (interpoliert) Koordinaten 676136 218773	Ein starkes Unwetter mit Starkniederschlag und Hagel überzog die Gemeinden im Rontal, im Raum Rothenburg/Emmenbrücke und im Entlebuech. Wie die Luzerner Polizei weiter schreibt, standen wegen des heftigen Gewitters fast 300 Feuerwehrleute im Einsatz. Am stärksten betroffen waren die Gemeinden Root, Meierskappel , Ebikon, Dierikon, Emmen und Buchrain.	WSL (2023)
2021, 25.7.	Hagel, Überschwemmungen, Blitzflut 40 mm (interpoliert)	Meierskappel im Schnee und Schlamm, Überschwemmungen oeko-b. Überschwemmungen mit Häuserschaden an Schützenmatt- Straussrain- und Sagistrasse und an Schreinerei Arnold AG . Nach dem heftigen Unwetter am Sonntagmittag gingen innerhalb von zwei Stunden bei der Kantonspolizei Schwyz über 200 Meldungen ein. Wie die Kantonspolizei Schwyz mitteilt, wurde von Wassereinbrüchen in Gebäuden, über die Ufer getretene Bäche und überschwemmte oder blockierte Strassen berichtet. Aufgrund der vielen Notrufe standen und stehen mehrere Feuerwehren und Strassenunterhaltungsdienste im Einsatz. Verletzt wurde bisher niemand, so die Kantonspolizei Schwyz weiter. Die Autobahn A3 wird zwischenzeitlich gesperrt. Teils gibt es bis zu 40 Zentimeter Wasser auf der Fahrbahn. «Die Ausfahrt Reichenburg ist aktuell gesperrt», sagt Pascal Häderli, Mediensprecher der Kantonspolizei St.Gallen. Ebenso verhält es sich in umgekehrter Richtung auf Höhe Schmerikon. Gemäss Häderli ist noch nicht bekannt, wann die Sperrung aufgehoben werden kann. Die örtlichen Feuerwehren sind mit Abpump-Arbeiten beschäftigt.	StorMe. bafu Luzerner Zeitung 2021.07.30

Fotos vom Hochwasser 25.7.2021 in Meierskappel



Da der Durchlass wahrscheinlich (z.T.) verklaut war, floss der Dietisbergbach über die Schützenmatt beim Feuerwehrdepot Meierskappel (Filmausschnitt Christoph Rohrer).



Wasser an die Sagistrasse mit Strausrain 1 im Hintergrund (Filmausschnitt Christoph Rohrer).



Wasser überflute Dietisbergbach an Strausrain hinter Sagistrasse 3 (Filmausschnitt Christoph Rohrer).

Fotos vom Hochwasser 25.7.2021 in Meierskappel



Das auf dem Straussrain abfließende Wasser stürzte sich (bei der Sagistrasse 5) ins Sagitobel (Filmausschnitt Christoph Rohrer).



Wasser floss dem Sagitobel zu (Filmausschnitt Christoph Rohrer).

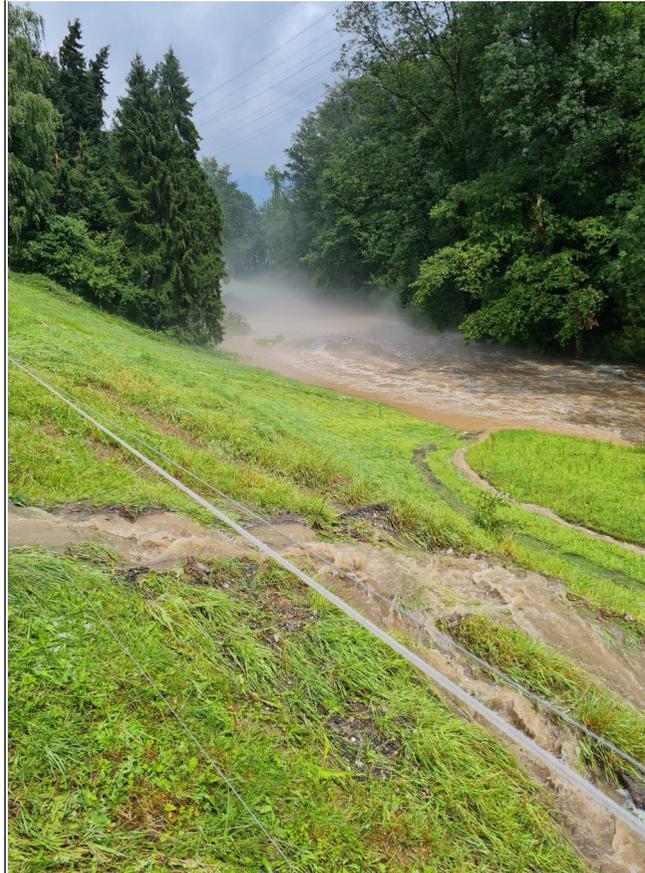


Wasser auf dem Parkplatz vor Straussrain 7 (Filmausschnitt Christoph Rohrer)

Fotos vom Hochwasser 25.7.2021 in Meierskappel



Dietisbergbach bei Schreinerei Arnold an Hellmühlestrasse 11 (Filmausschnitt Christoph Rohrer).



Randvoller Laubach 1 (Foto StorMe.bafu).



Feld zwischen Laubach und E41 (Foto StorMe.bafu).

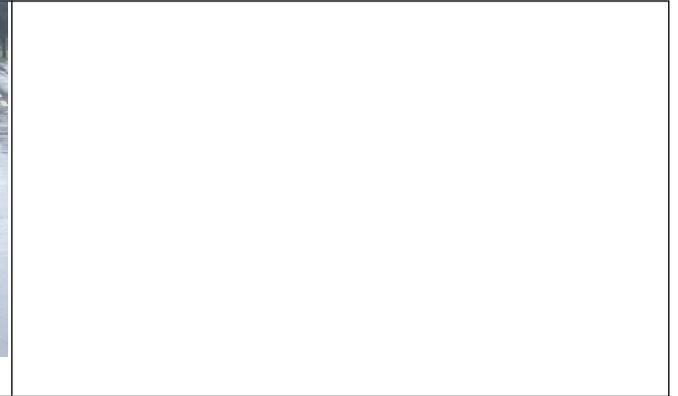
Fotos vom Hochwasser 2.7.2020 in Meierskappel



Erlibach Brücke bei der Zugstrasse (Foto StorMe.bafu)



Erlibach bei Zugstrasse (Foto StorMe.bafu).



Fotos vom Hochwasser 6.7.2012 in Meierskappel



Camping an Landiswilerstrasse wurde während des Musikfestivals überschwemmt (Foto Remo Nägeli Neue LZ)



(Foto Remo Nägeli Neue LZ)



(Foto Remo Nägeli Neue LZ)



(Foto Remo Nägeli Neue LZ)



(Foto Remo Nägeli Neue LZ)



(Foto 20Minuten)

Fotos vom Hochwasser 6.7.2012 in Meierskappel



Die Garage Rohrer an Hellmühlestrasse 1 war überschwemmt. (Foto Remo Nägeli Neue LZ)



Auch der Dorfplatz an der Dorfstrasse 3 war überschwemmt (Foto 20Minuten)



Im Bereich Dorfstrasse 3A wurde die Strasse und angrenzendes Gelände überschwemmt.



Sondierung-Nr.: M1

Datum Zeit: 30.08.2023 07:32

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Mulde

Geologie: USM/moräne

Bodentyp: Braunerde-Gley

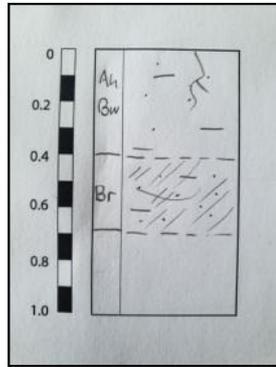
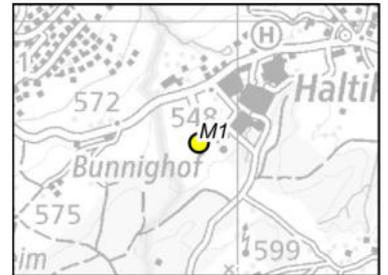
Infiltration: leicht gehemmt - normal

Speichervermögen: mässig

dom. Abflussprozess: SOF2

Abflusstyp: 2, 3

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
40 cm	Ah/Bw	Us	Dunkelbraun	
65 cm	Br	Su	Grau-braun	
cm			NULL	

Sondierung-Nr.: M2

Datum Zeit: 30.08.2023 08:07

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Weide

Situation: Mulde

Geologie: OMM

Bodentyp: Humus-Braunerde

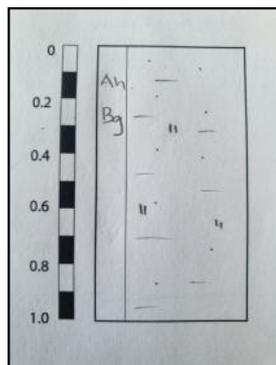
Infiltration: leicht gehemmt

Speichervermögen: mässig - gross

dom. Abflussprozess: SOF2, SOF3

Abflusstyp: 3

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
80 cm	Ah/Bg	Us	Dunkelbraun	



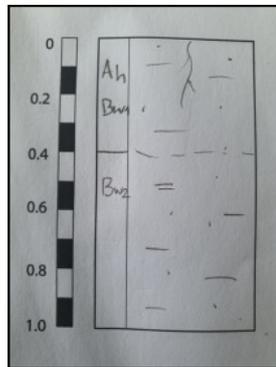
Sondierung-Nr.: M3

Datum Zeit: 30.08.2023 08:17

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Weide
Situation: Rücken
Geologie: OMM
Bodentyp: Braunerde

Infiltration: normal
Speichervermögen: gross
dom. Abflussprozess: SOF3
Abflusstyp: 4
Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
40 cm	Ah/Bw1	Us	Dunkelbraun	
90 cm	Bw2	Ls	Be	

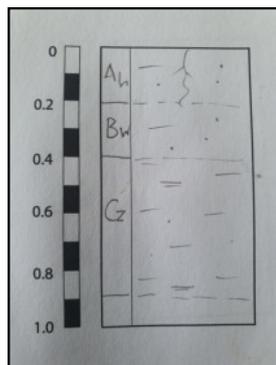
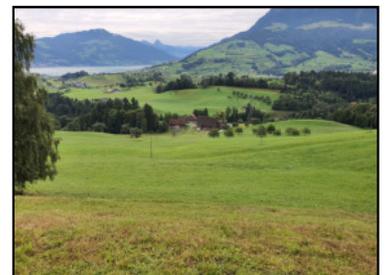
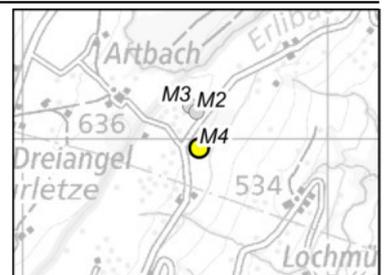
Sondierung-Nr.: M4

Datum Zeit: 30.08.2023 08:25

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Weide
Situation: Steilhang
Geologie: OMM
Bodentyp: Braunerde

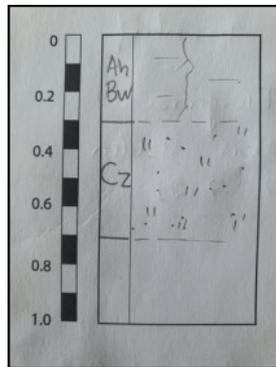
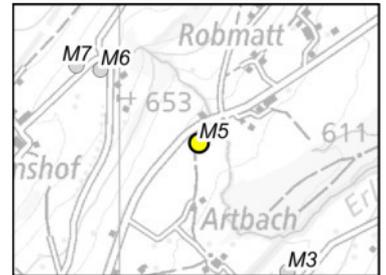
Infiltration: normal
Speichervermögen: mässig
dom. Abflussprozess: SSF2
Abflusstyp: 3
Bemerkung: Mergel



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
20 cm	Ah	Us	Braun	
40 cm	Bw	Us	Braun	
90 cm	Cz	Lu	Beige-grau	

Sondierung-Nr.: M5

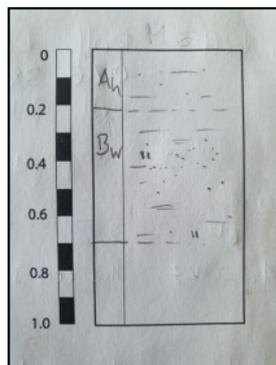
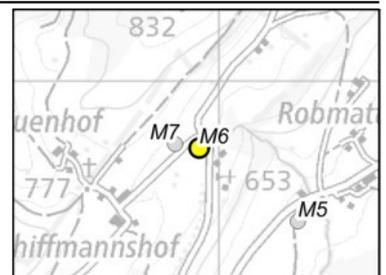
Datum Zeit: 30.08.2023 08:53
 Sondierung: Pürkhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Situation: Terrasse
 Geologie: Moräne
 Bodentyp: Regosol
 Infiltration: normal
 Speichervermögen: mässig - gross
 dom. Abflussprozess: SOF2, SOF3
 Abflusstyp: 3, 4
 Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
30 cm	Ah/Bw	U	Dunkelbraun	
70 cm	Cz	Sgg	Beige-grau	

Sondierung-Nr.: M6

Datum Zeit: 30.08.2023 09:11
 Sondierung: Pürkhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Situation: Rücken
 Geologie: OMM
 Bodentyp: Braunerde
 Infiltration: normal
 Speichervermögen: gross
 dom. Abflussprozess: SOF3
 Abflusstyp: 4
 Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
20 cm	Ah	Us	Braun	
70 cm	Bw	Lu/Su	Beige-braun	



Sondierung-Nr.: M7

Datum Zeit: 30.08.2023 09:19

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Hangfuss

Geologie: OMM

Bodentyp: Braunerde

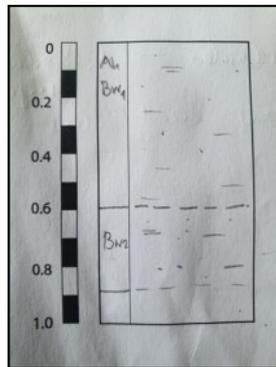
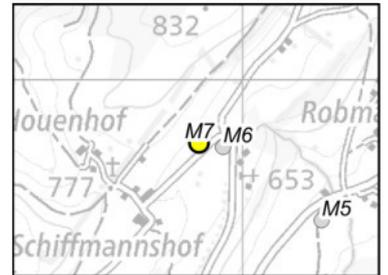
Infiltration: normal

Speichervermögen: gross

dom. Abflussprozess: SOF3

Abflusstyp: 4

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
60 cm	Ah/Bw1	Lu	Braun	
90 cm	Bw2	Ls	Beige-braun	

Sondierung-Nr.: M8

Datum Zeit: 30.08.2023 09:40

Sondierung: Aufschluss

Landnutzung: Mischwald

Situation: Steilhang

Geologie: OMM

Bodentyp: Ranker

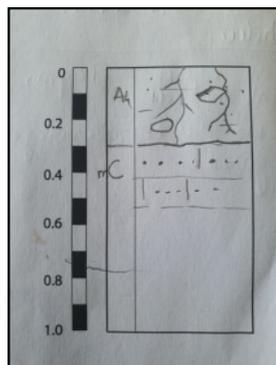
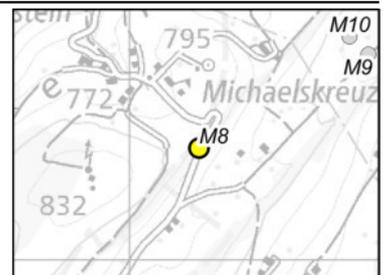
Infiltration: normal

Speichervermögen: gering

dom. Abflussprozess: SSF1, SSF2

Abflusstyp: 2, 3

Bemerkung:

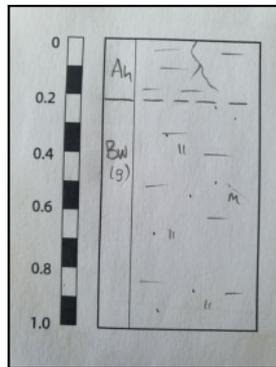
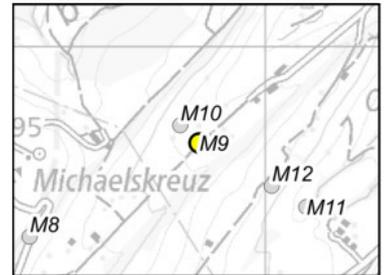


bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
30 cm	Ah	Us	Braun	
50 cm	mC	Kompakter Sandstein	Beige	



Sondierung-Nr.: M9

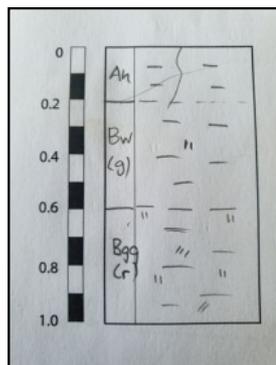
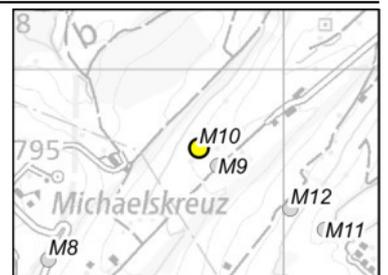
Datum Zeit: 30.08.2023 10:40
 Sondierung: Pürkhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Situation: Mulde
 Geologie: OMM Sandstein
 Bodentyp: Braunerde-Pyseudogley
 Infiltration: normal
 Speichervermögen: mässig - gross
 dom. Abflussprozess: SOF2, SOF3
 Abflusstyp: 3, 4
 Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
20 cm	Ah	U	Braun	
85 cm	Bw(g)	Us	Beige	

Sondierung-Nr.: M10

Datum Zeit: 30.08.2023 10:49
 Sondierung: Pürkhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Situation: Mulde
 Geologie: OMM mergel
 Bodentyp: Braunerde-Pyseudogley
 Infiltration: normal
 Speichervermögen: mässig - gross
 dom. Abflussprozess: SOF2, SOF3
 Abflusstyp: 3, 4
 Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
20 cm	Ah	U	Braun	
60 cm	Bw(g)	Us	Braun	
85 cm	Bgg(r)	Lu	Beige-braun	



Sondierung-Nr.: M11

Datum Zeit: 30.08.2023 11:26

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Mulde

Geologie: OMM

Bodentyp: Braunerde-Gley

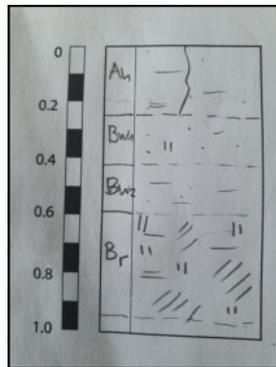
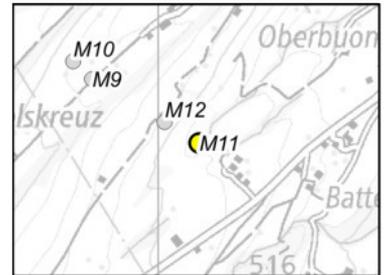
Infiltration: leicht gehemmt

Speichervermögen: mässig

dom. Abflussprozess: SOF2

Abflusstyp: 2, 3

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
25 cm	Ah	Lu	Dunkelbraun	
40 cm	Bw1	Us	Beige	
60 cm	Bw2	Lu	Dunkelbraun	
95 cm	Br		Grau-braun	

Sondierung-Nr.: M12

Datum Zeit: 30.08.2023 11:28

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Weide

Situation: Steilhang

Geologie: OMM

Bodentyp: Braunerde

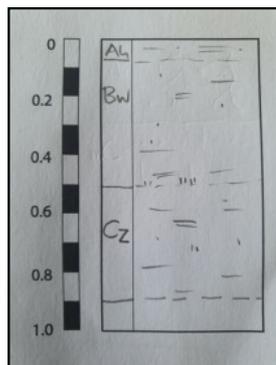
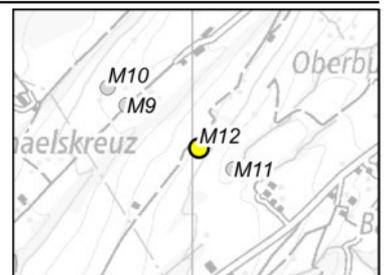
Infiltration: normal

Speichervermögen: mässig - gross

dom. Abflussprozess: SSF2, SSF3

Abflusstyp: 3, 4

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
5 cm	Ah	Lu	Braun	
50 cm	Bw	Lu	Beige	
90 cm	Cz	Lt	Rötlich-beige	



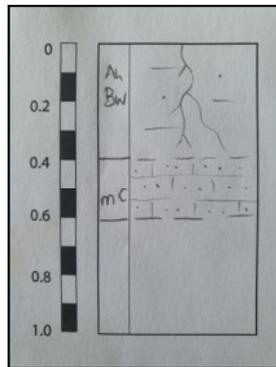
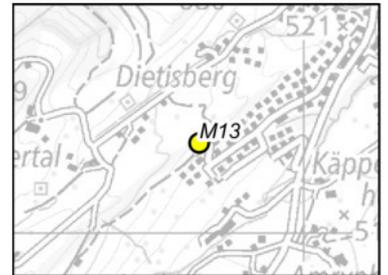
Sondierung-Nr.: M13

Datum Zeit: 30.08.2023 12:15

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mischwald
Situation: Steilhang
Geologie: OMM Sandstein
Bodentyp: Braunerde

Infiltration: normal
Speichervermögen: gering - mässig
dom. Abflussprozess: SSF2
Abflusstyp: 3
Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
40 cm	Ah/Bw	Us	Braun	
70 cm	mC	els/Sandste	Beige	

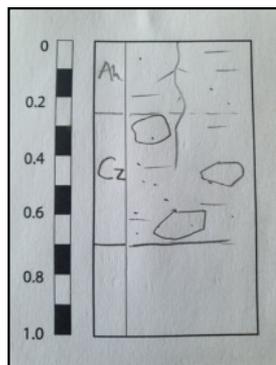
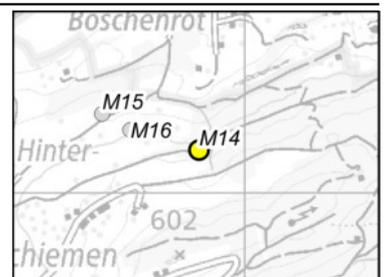
Sondierung-Nr.: M14

Datum Zeit: 30.08.2023 13:22

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Fichtenwald
Situation: Hang
Geologie: USM mit moräne
Bodentyp: Regosol

Infiltration: normal
Speichervermögen: gross
dom. Abflussprozess: SSF3
Abflusstyp: 4
Bemerkung: Felsbänder im Hang



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
25 cm	Ah	Us	Braun	
70 cm	Cz	Su	Beige	



Sondierung-Nr.: M15

Datum Zeit: 30.08.2023 13:40

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Mulde

Geologie: Moräne

Bodentyp: Braunerde

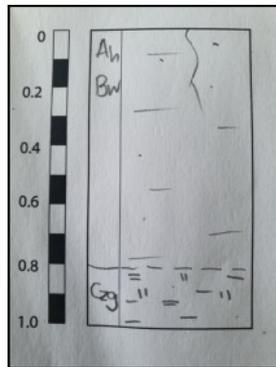
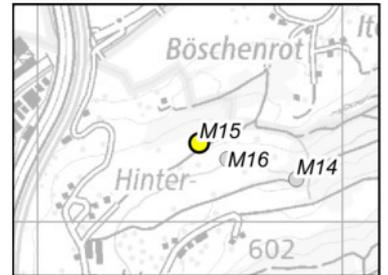
Infiltration: normal

Speichervermögen: gross

dom. Abflussprozess: SSF3

Abflusstyp: 4

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
80 cm	Ah/Bw	Us	Braun	
100 cm	Czg	Lt	Beige	

Sondierung-Nr.: M16

Datum Zeit: 30.08.2023 13:42

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Steilhang

Geologie: OMM Nagelfluh

Bodentyp: Braunerde

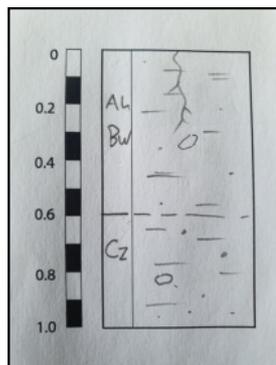
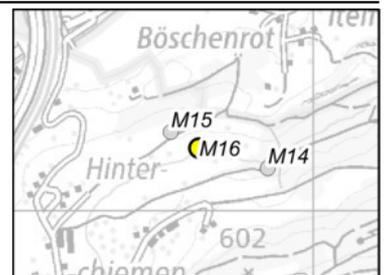
Infiltration: normal

Speichervermögen: gross

dom. Abflussprozess: SOF3, SSF3

Abflusstyp: 4

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
60 cm	Ah/Bw	Lu	Braun	
100 cm	Cz	Us mit Kis	Beige-braun	



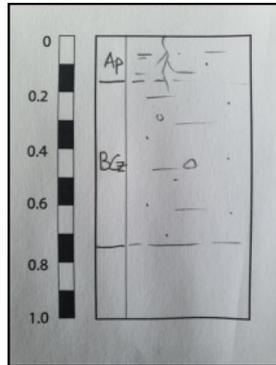
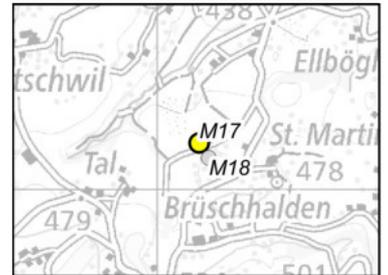
Sondierung-Nr.: M17

Datum Zeit: 30.08.2023 14:13

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese
Situation: Hang
Geologie: Künstliche Auffüllung
Bodentyp: Kultisol

Infiltration: leicht gehemmt
Speichervermögen: mässig
dom. Abflussprozess: SOF2
Abflusstyp: 3
Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
15 cm	Ap	Lu	Dunkelbraun	
75 cm	BCz	Us	Rötlich braun	

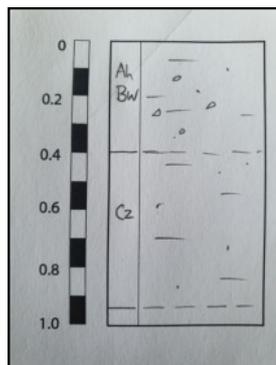
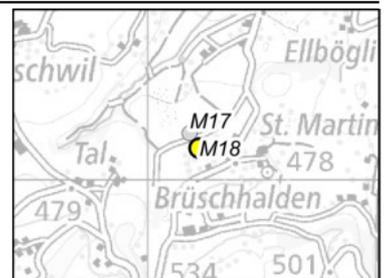
Sondierung-Nr.: M18

Datum Zeit: 30.08.2023 14:14

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Weide
Situation: Steilhang
Geologie: USM
Bodentyp: Braunerde

Infiltration: normal
Speichervermögen: mässig
dom. Abflussprozess: SSF2
Abflusstyp: 3
Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
40 cm	Ah/Bw	Us mit Kis	Braun	
95 cm	Cz	Us	Beige	



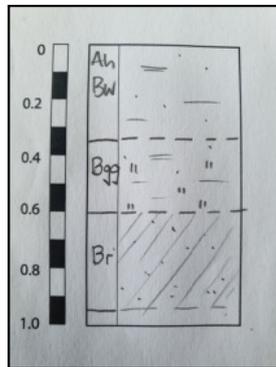
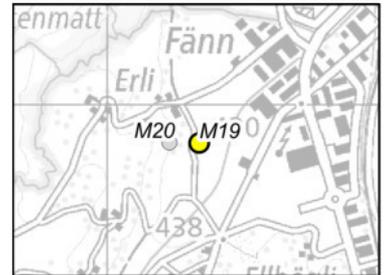
Sondierung-Nr.: M19

Datum Zeit: 30.08.2023 14:36

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese
Situation: Ebene
Geologie: Ehemalige Sumpf
Bodentyp: Braunerde-Gley

Infiltration: gehemmt
Speichervermögen: mässig
dom. Abflussprozess: SOF2
Abflusstyp: 3
Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
35 cm	Ah/Bw	Lu	Braun	
60 cm	Bgg	Lu	Beige	
95 cm	Br	S	Grau	

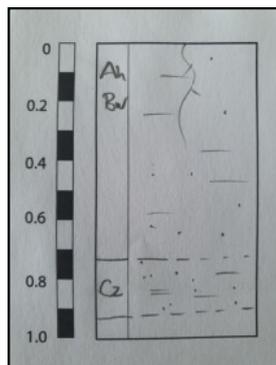
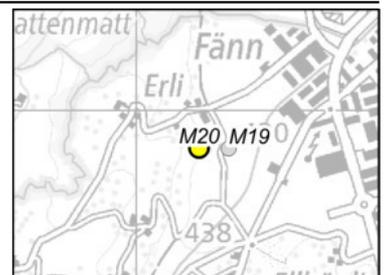
Sondierung-Nr.: M20

Datum Zeit: 30.08.2023 14:37

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese
Situation: Hang
Geologie: OMM
Bodentyp: Braunerde

Infiltration: normal
Speichervermögen: gross
dom. Abflussprozess: SOF3
Abflusstyp: 4
Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
75 cm	Ah/Bw	Us	Braun	
90 cm	Cz	Ls	Beige	



Sondierung-Nr.: M21

Datum Zeit: 30.08.2023 15:09

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Ebene

Geologie: Moräne

Bodentyp: Braunerde-Gley

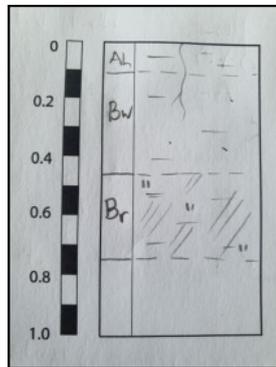
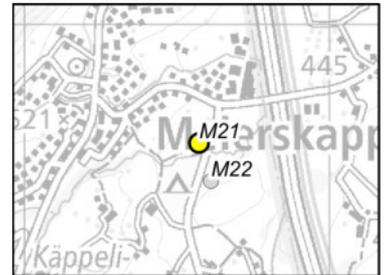
Infiltration: leicht gehemmt

Speichervermögen: mässig

dom. Abflussprozess: SOF2

Abflusstyp: 3

Bemerkung:



bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
10 cm	Ah	U	Braun	
45 cm	Bw	Us	Beige	
75 cm	Br	Lu	Beige-grau	

Sondierung-Nr.: M22

Datum Zeit: 30.08.2023 15:22

Sondierung: Pürkhauer

Landnutzung: Mähwiese

Situation: Hang

Geologie: Moräne

Bodentyp: Braunerde

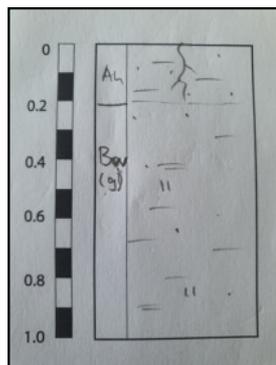
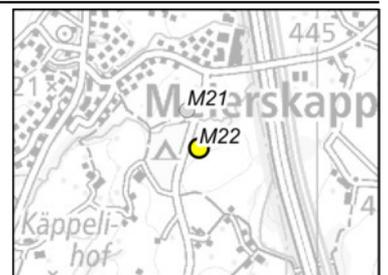
Infiltration: normal

Speichervermögen: gross - sehr gross

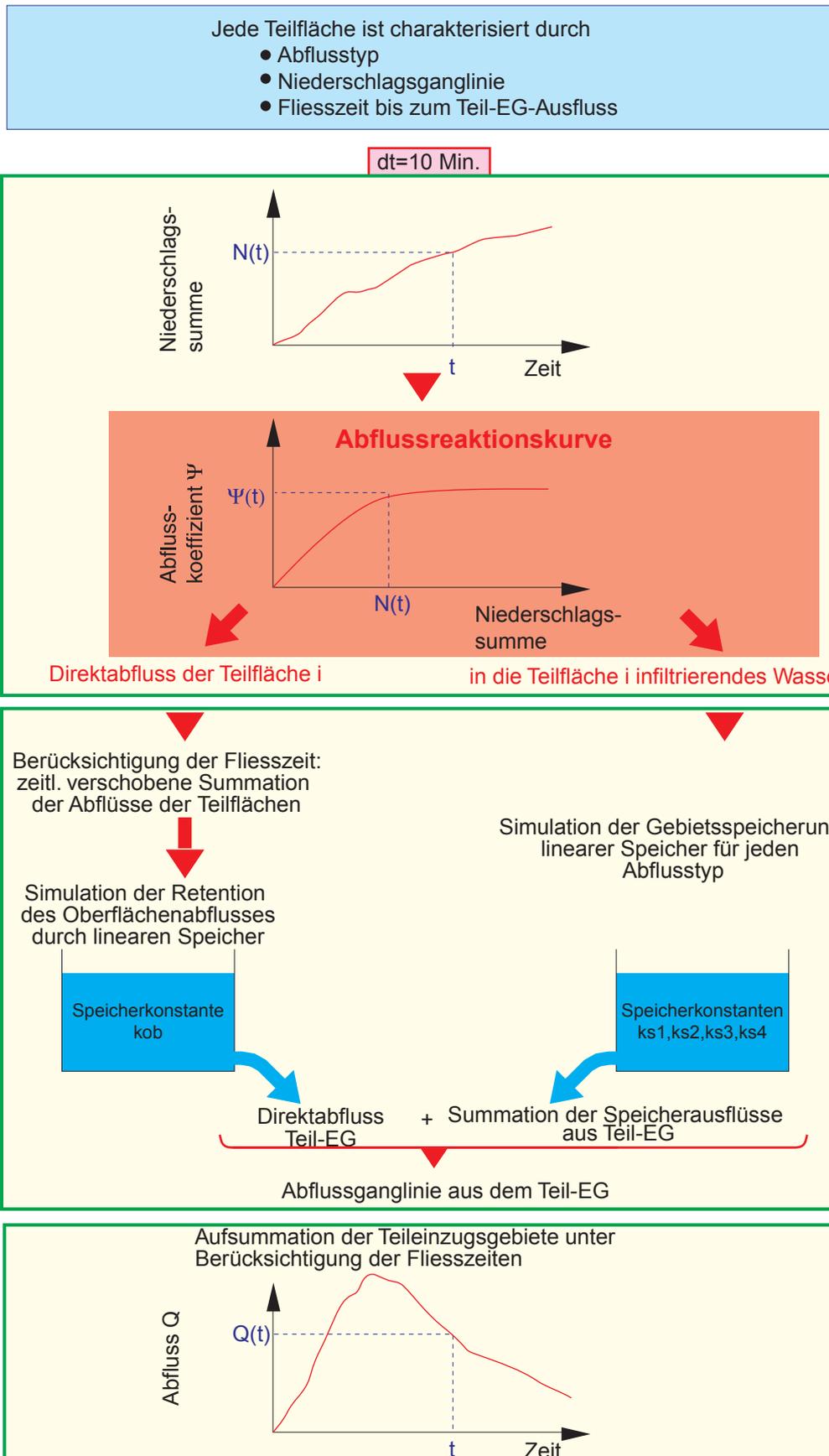
dom. Abflussprozess: DP, SOF3

Abflusstyp: 5, 4

Bemerkung:

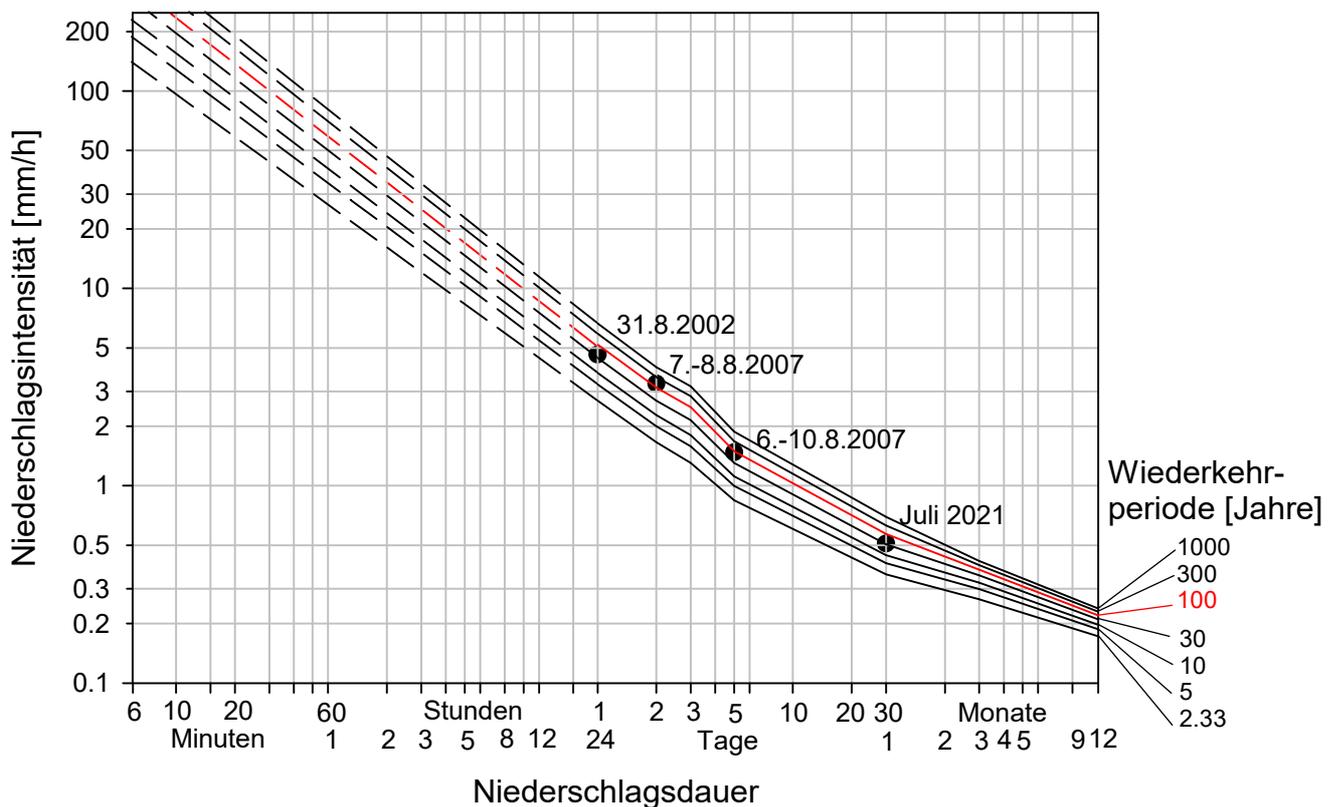
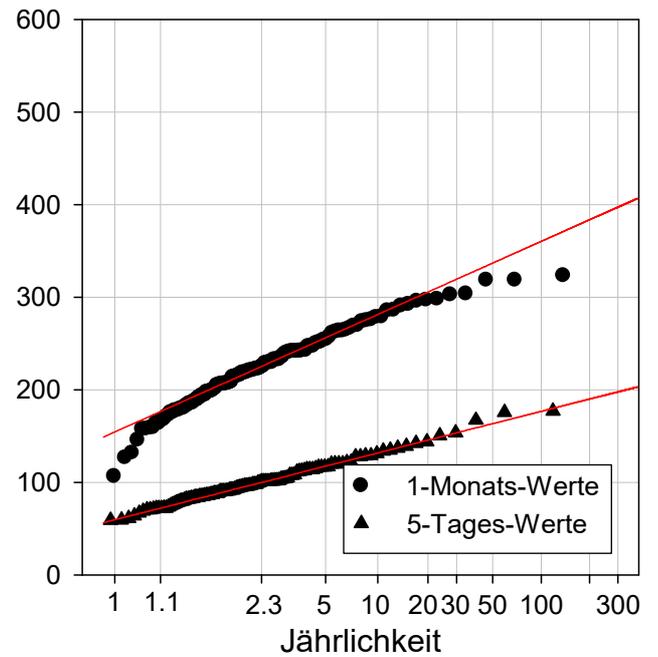
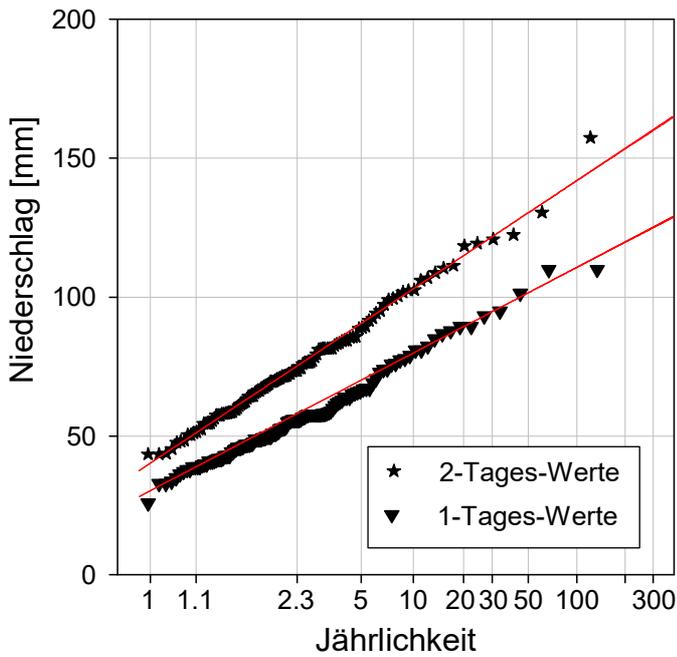


bis Tiefe	Horizont	Bodenart	Farbe	Bemerkung
20 cm	Ah	Us	Braun	
85 cm	Bw(g)	Lu	Braun	



Anhang 3: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells QA_{REA}^+ . Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlags-summe und Abflusskoeffizient beschreibt.

<h1>Küssnacht</h1> <h2>1883 - 2022</h2>	Regen und Schnee berücksichtigt
	1. Extremalverteilung: 1-Monats-Maxima
	1. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima



Küssnacht 1883 - 2022 Cham 1993 - 2022	Regen und Schnee berücksichtigt
	1. Extremalverteilung: 10-Min - 12-Stunden-Maxima
	1. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 1-Tages-Werte Küssnacht 1883 - 2022

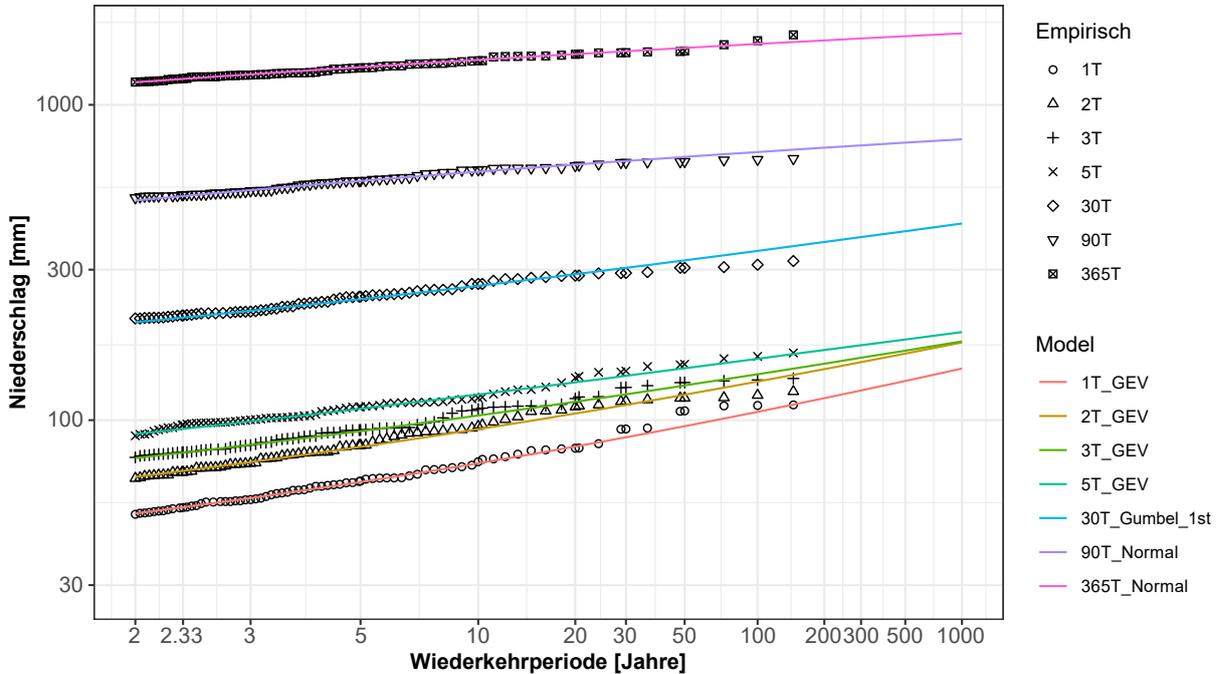
Rang	1 - Tag		2 - Tage		5 - Tage		1 - Monat		3 - Monate		1 - Jahr	
	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]
1	31.08.2002	110	07.-08.08.2007	157	06.08.-10.08.2007	176	Jul 2021	365	Jul-Sep 2010	803	1999	1802
2	21.08.2005	102	21.-22.08.2005	130	19.08.-23.08.2005	175	Aug 2005	325	Apr-Jun 1999	717	2002	1669
3	23.06.1973	93	31.-01.09.2002	120	20.06.-24.06.1973	166	Mai 1999	320	Mai-Jul 2021	714	2001	1617
4	08.08.2009	90	22.-23.06.1973	119	10.05.-14.05.1999	153	Aug 2010	305	Jun-Aug 2007	699	2010	1593
5	18.05.1994	90	24.-25.09.2010	111	19.07.-23.07.1976	150	Aug 1975	300	Jun-Aug 2014	688	1965	1571
6	07.08.1978	87	18.-19.05.1994	108	31.05.-04.06.2004	143	Aug 2002	299	Mai-Jul 2016	687	2016	1495
7	07.08.2007	83	09.-10.08.1984	107	17.05.-21.05.1994	141	Jul 1976	294	Mai-Jul 1999	681	1979	1482
8	10.08.1984	81	12.-13.05.2016	106	06.06.-10.06.2002	138	Jul 2014	288	Jun-Aug 2005	651	1995	1480
9	25.09.2010	79	31.-01.06.2013	102	28.05.-01.06.2013	134	Jul 1993	287	Jun-Aug 2002	651	2021	1471
10	06.06.2003	78	22.-23.08.1975	101	11.05.-15.05.2016	128	Aug 2007	280	Apr-Jun 2016	640	2014	1470

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 10-Minuten-Werte Cham 1993 - 2022

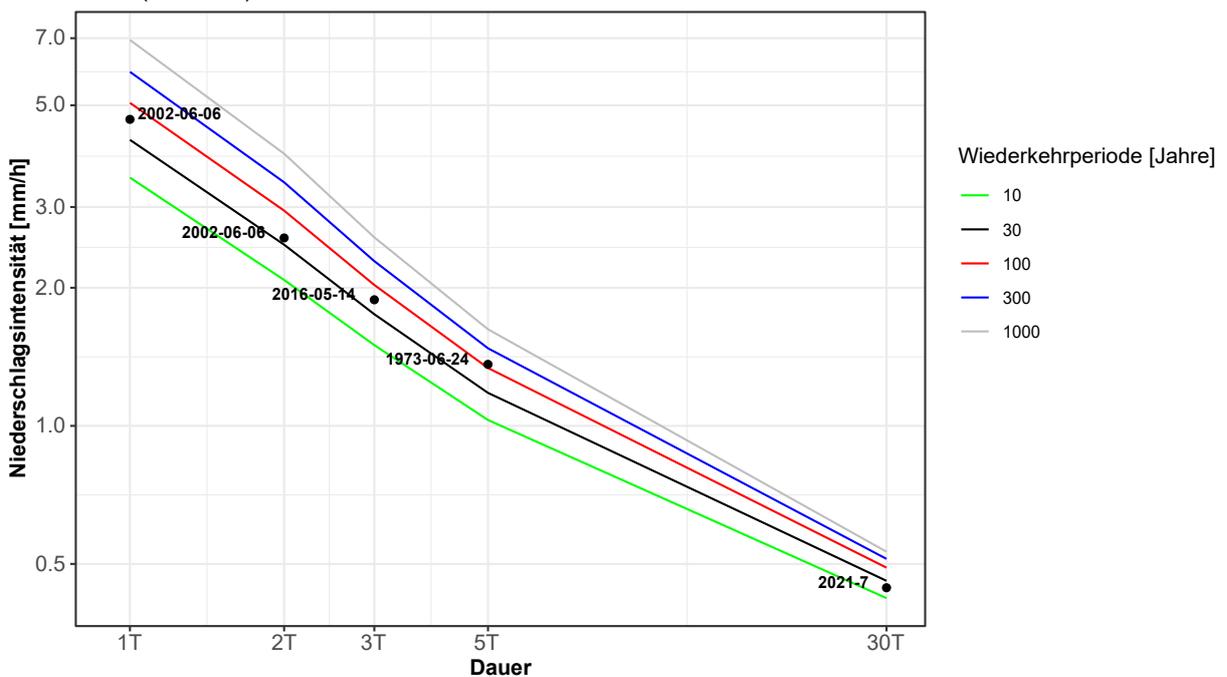
Rang	10 Min.		20 Min.		1 h		4 h	
	Datum	N [mm]						
1	23.08.1994	21.3	24.08.2017	29.0	01.07.2019	41.1	08.08.1995	49.7
2	18.08.2017	19.0	24.06.2022	24.0	18.08.2017	33.4	13.09.2018	47.4
3	09.06.2007	16.1	23.05.2018	23.2	23.05.2018	32.3	01.07.2019	46.8
4	16.08.2021	16.0	23.08.1994	23.1	08.08.1995	30.5	05.07.1993	41.8
5	21.06.1995	15.3	16.08.2021	22.6	16.08.2021	28.3	24.06.2022	39.5
6	23.05.2018	15.0	21.06.1995	22.0	24.06.2022	28.1	22.08.1998	38.3
7	25.08.2009	14.0	13.07.2011	20.5	24.07.2004	27.8	10.08.2014	37.0
8	18.08.2016	14.0	25.08.2009	18.8	25.08.2009	26.7	05.06.2000	36.9
9	01.08.1998	13.9	12.06.2003	18.2	22.08.1998	25.3	24.08.2017	36.2
10	13.07.2011	13.0	01.07.2019	17.3	18.08.2016	24.5	27.04.2015	33.8

<h1>Luzern</h1> <h2>1880-2022</h2> <p>Extremniederschlagsstatistik anhand Tageswerte</p>	Regen und Schnee berücksichtigt.
	GEV-Verteilung: 1 bis 365 Tages- Maxima.

GEV-Verteilung: Anpassung



GEV-Verteilung: Kalendarisch Korrigierte Werte
GEV (Kal Korr)



Luzern 1880-2022 Extremniederschlagsstatistik anhand Tageswerte	Regen und Schnee berücksichtigt.
	GEV Verteilung: 1 bis 5 Tages- Maxima.
	Gumbel 1st. Verteilung: Monat-Maxima. Normal Verteilung: 3-Monats und Jahres- Maxima.

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 1-Tages-Werte Luzern 1880 - 2022

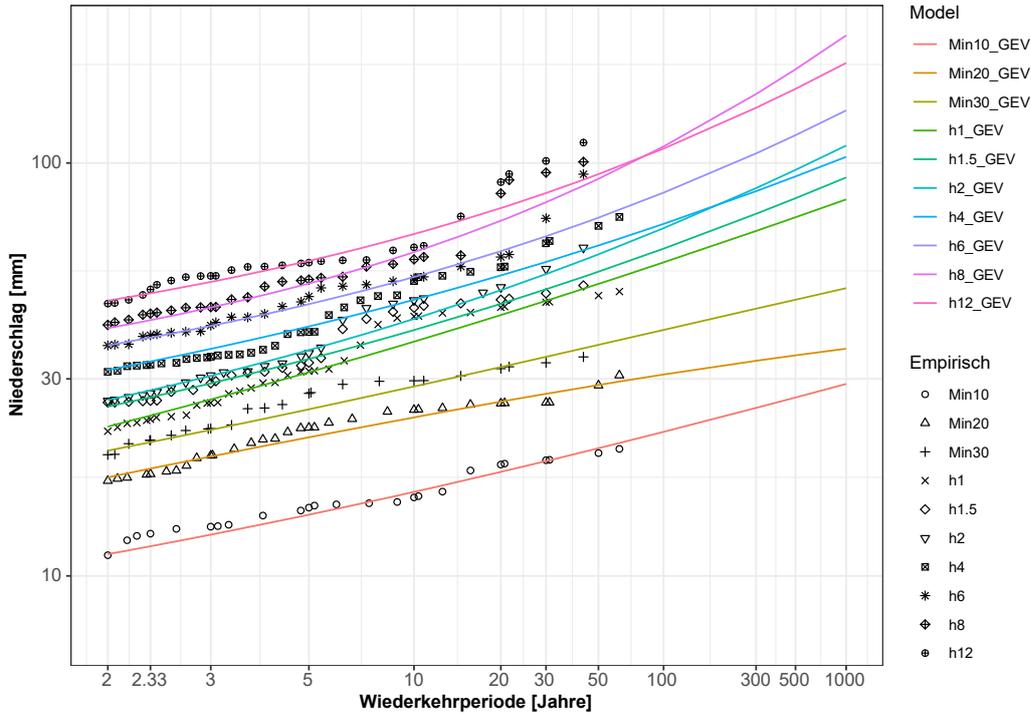
Rang	1-Tag		2-Tage		5-Tage		1-Monat		3-Monat		Jahr	
	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum (Ende)	N [mm]	Datum (Ende)	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum (Ende)	N [mm]	Jahr
1	112	2002-06-06	123	2002-06-06	163	1973-06-24	320	2021-7	675	1888-9	1666	1910
2	111	1944-08-24	118	1976-07-27	157	2005-08-22	306	1993-7	668	2021-7	1550	1965
3	107	1978-08-07	118	1972-11-22	150	1976-07-26	304	1976-7	660	2014-8	1475	1979
4	94	1993-07-05	116	1954-09-28	148	2002-06-09	295	1975-8	658	2010-9	1472	2001
5	94	1976-07-26	115	1978-08-07	142	2016-05-15	293	2005-8	656	2016-7	1461	1940
6	84	1954-09-27	112	2016-05-13	142	1999-05-14	292	1890-8	648	1997-8	1461	2002
7	82	1972-11-22	111	1944-08-24	138	1972-11-24	288	1900-7	643	1912-8	1449	1999
8	81	2005-08-21	108	2007-08-08	131	2020-07-02	287	1972-11	632	1927-8	1436	1922
9	81	1910-06-14	107	2005-08-22	127	1910-01-22	284	1979-6	632	1910-8	1427	1905
10	80	1973-06-23	107	1973-06-23	125	1954-09-30	283	1955-7	629	1914-7	1426	1995

Niederschlagsintensitäten in mm/h für ausgewählte Jährlichkeiten und Niederschlagsdauern

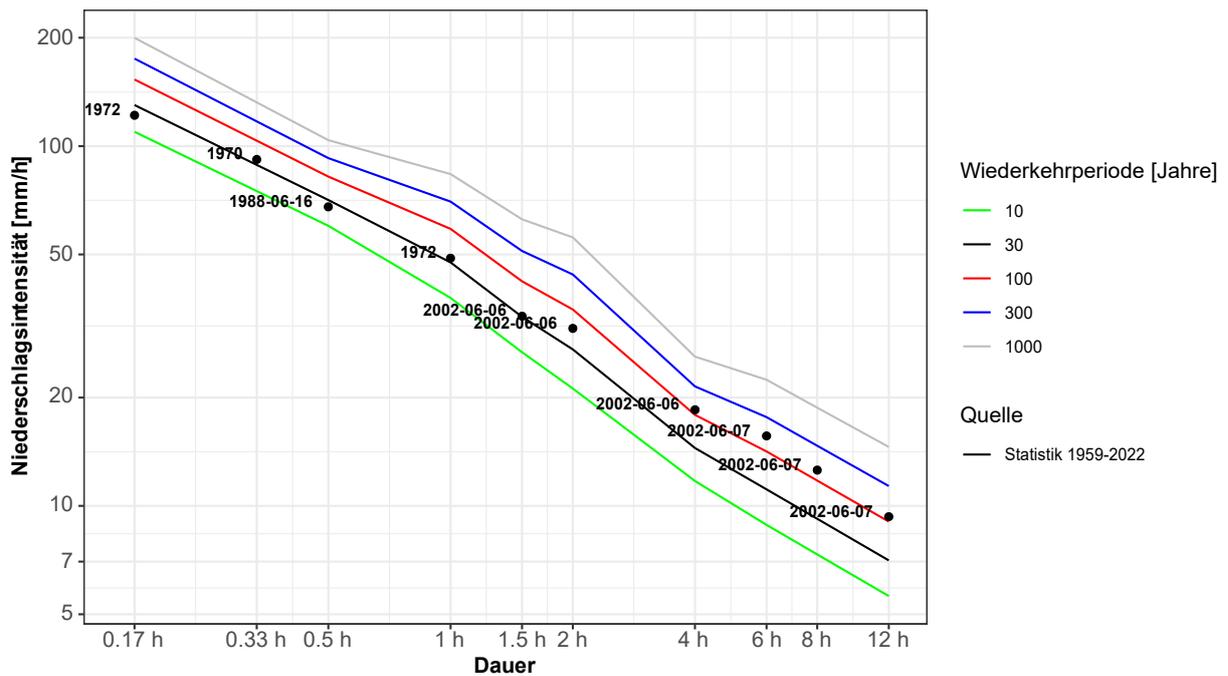
Jährlichkeit/ Dauer	1T	2T	3T	5T	30T	90T
2	2.41	1.47	1.10	0.77	0.33	0.24
2.33	2.52	1.53	1.14	0.80	0.34	0.25
3	2.70	1.64	1.21	0.85	0.36	0.26
5	3.03	1.83	1.34	0.93	0.39	0.28
10	3.48	2.08	1.50	1.03	0.42	0.29
20	3.93	2.33	1.66	1.13	0.45	0.31
30	4.20	2.48	1.75	1.18	0.46	0.31
50	4.56	2.68	1.87	1.25	0.47	0.32
100	5.06	2.95	2.03	1.34	0.49	0.32
200	5.59	3.23	2.19	1.43	0.51	0.33
300	5.91	3.40	2.29	1.48	0.51	0.33
500	6.34	3.61	2.41	1.54	0.52	0.33
1000	6.94	3.92	2.58	1.62	0.53	0.34

<h1>Luzern</h1> <h2>1959-2022</h2> <p>Extremniederschlagsstatistik anhand 10-Minuten-Werte</p>	Regen und Schnee berücksichtigt.
	GEV-Verteilung: 10-Min bis 12h- Maxima.

GEV-Verteilung: Anpassung



GEV-Verteilung: Kalendarisch Korrigierte Werte
GEV (Kal Korr)



Luzern 1959-2022 Extremniederschlagsstatistik anhand 10-Minuten-Werte	Regen und Schnee berücksichtigt.
	GEV-Verteilung: 10-Min bis 12h- Maxima.

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 10-Minuten-Werte Luzern 1959 - 2022

	10-Min		20-Min		30-Min		1h		1.5h	
Rang	N [mm]	Datum								
1	20.3	1972	30.6	1970	33.9	1988-06-16	48.8	1972	50.5	2002-06-06
2	19.1	2022-06-22	26.3	1972	32.1	2022-08-26	46.1	2002-06-06	46.9	1993-06-23
3	18.7	1969	26.2	2022-08-26	30.5	2014-06-12	44.9	2022-08-26	45.7	2022-08-26
4	18	2006-06-17	26	2014-06-12	29.7	1981-06-24	43.4	1988-06-16	45.1	1988-06-16
5	16	1997-07-14	25.5	1977	29.6	2002-06-06	43.3	1993-06-23	43.6	1981-06-24
6	15.6	1970	25.3	1969	29.6	2010-08-01	42.6	1970	41.9	1994-08-10
7	15.1	1975	25	1993-06-23	29.1	1992-07-21	42.1	1981-06-24	39.6	1996-08-02
8	15	2010-07-10	25	2001-08-20	27.8	1993-06-23	40.6	1969	33.7	1992-07-21
9	15	2014-06-12	24	1988-06-16	27.8	2015-06-07	36.2	1996-08-02	32.3	2014-06-12
10	14.9	1960	24	2006-06-17	26	2006-06-17	33.2	1992-07-21	31.9	2006-06-17
	2h		4h		6h		8h		12h	
Rang	N [mm]	Datum								
1	62.3	2002-06-06	74	2002-06-06	93.9	2002-06-07	100.6	2002-06-07	112	2002-06-07
2	48.5	1993-06-23	64.7	1972	60	1993-07-06	90.9	1993-07-06	94	1993-07-06
3	48.5	2022-08-26	56.1	1988-06-16	56.1	1988-06-16	59.7	1996-08-03	74.2	2005-08-22
4	47	1988-06-16	54.5	1969	53	2022-08-26	59.2	2005-08-22	63	1996-08-03
5	45.6	1994-08-10	53.3	1993-06-23	51.7	2005-08-22	56.9	1981-07-12	61.4	2016-05-14
6	44.5	1981-06-24	52.9	2022-08-26	50.7	1994-08-10	56.1	1988-06-16	58.2	2014-08-11
7	41.7	1996-08-02	47.8	1994-08-10	50.3	1996-08-02	53	2022-08-26	58.1	1981-07-12
8	35.7	2020-07-02	47.6	1996-08-02	49.8	2014-08-11	52.7	2014-08-11	57.8	2010-09-25
9	34	1992-07-21	46.5	1970	46.1	1981-07-12	51.9	1994-08-11	57.1	1984-08-11
10	32.7	2014-06-12	44.7	1981-06-25	44.9	1984-08-10	51.6	1984-08-10	56.5	2020-08-30

Luzern 1959-2022 Extremniederschlagsstatistik anhand 10-Minuten-Werte	Regen und Schnee berücksichtigt.
	GEV-Verteilung: 10-Min bis 12h- Maxima.

Niederschlagsintensitäten in mm/h für ausgewählte Jährlichkeiten und Niederschlagsdauern

Jährlichkeit/ Dauer	10-Min	20-Min	30-Min	1h	1.5h
2	77.43	52.61	41.97	23.56	17.44
2.33	80.93	55.10	44.01	25.06	18.38
3	86.33	58.93	47.13	27.41	19.86
5	96.48	66.00	52.86	31.90	22.75
10	109.56	74.96	60.04	37.85	26.73
20	122.48	83.62	66.89	43.88	30.94
30	130.08	88.63	70.82	47.51	33.55
50	139.76	94.93	75.71	52.21	37.01
100	153.12	103.49	82.30	58.86	42.08
300	174.98	117.14	92.63	70.12	51.10
500	185.45	123.53	97.40	75.68	55.75
1000	199.98	132.27	103.85	83.59	62.58
Jährlichkeit/ Dauer	2h	4h	6h	8h	12h
2	13.50	7.93	6.05	5.03	3.87
2.33	14.24	8.31	6.32	5.25	4.04
3	15.44	8.92	6.75	5.60	4.30
5	17.83	10.11	7.61	6.31	4.84
10	21.20	11.73	8.86	7.33	5.62
20	24.89	13.43	10.23	8.47	6.49
30	27.23	14.48	11.12	9.21	7.06
50	30.40	15.88	12.33	10.22	7.84
100	35.16	17.90	14.17	11.76	9.05
300	43.97	21.48	17.65	14.70	11.35
500	48.67	23.32	19.54	16.30	12.62
1000	55.75	26.01	22.42	18.75	14.58

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m³/s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	0.17	Max	0.36	1.91	3.00	2.50	3.31	3.91	7.97	8.04	0.86	2.82	5.90	10.30	17.00	18.04
30	0.17	Min	0.33	1.78	2.73	2.28	2.98	3.51	7.19	7.25	0.77	2.62	5.30	9.20	15.24	16.20
30	0.33	Max	0.41	2.17	3.38	2.83	3.79	4.41	8.97	9.05	0.98	3.19	6.76	11.90	19.67	20.91
30	0.33	Min	0.37	2.05	3.16	2.65	3.49	4.07	8.29	8.36	0.89	3.03	6.22	10.86	18.01	19.20
30	0.5	Max	0.43	2.27	3.63	2.98	4.04	4.73	9.65	9.74	1.06	3.44	7.42	13.01	21.63	23.08
30	0.5	Min	0.40	2.16	3.41	2.81	3.75	4.39	8.98	9.05	0.97	3.27	6.87	11.96	19.94	21.31
30	1	Max	0.44	2.29	3.74	3.04	4.18	4.92	10.06	10.16	1.18	3.86	8.55	15.05	25.18	26.90
30	1	Min	0.40	2.15	3.46	2.84	3.84	4.52	9.26	9.34	1.08	3.66	7.90	13.85	23.19	24.77
30	2	Max	0.40	2.00	3.28	2.66	3.67	4.38	9.03	9.13	1.24	3.96	9.22	16.41	26.27	28.21
30	2	Min	0.36	1.85	3.00	2.44	3.33	3.99	8.22	8.31	1.12	3.68	8.42	14.93	23.81	25.66
30	4	Max	0.32	1.55	2.55	2.07	2.85	3.43	7.12	7.22	1.17	3.51	8.66	15.36	23.45	25.39
30	4	Min	0.29	1.41	2.30	1.86	2.56	3.08	6.40	6.48	1.04	3.19	7.75	13.71	20.92	22.68
30	6	Max	0.23	1.10	1.78	1.44	1.99	2.39	5.02	5.09	0.98	2.80	6.95	12.10	18.18	19.60
30	6	Min	0.19	0.87	1.42	1.14	1.58	1.91	4.03	4.08	0.81	2.31	5.77	10.04	14.97	16.16
30	8	Max	0.20	0.94	1.52	1.23	1.70	2.06	4.33	4.38	0.87	2.49	6.22	10.79	16.08	17.37
30	8	Min	0.16	0.74	1.20	0.97	1.34	1.63	3.43	3.48	0.71	2.01	5.05	8.77	12.99	14.06
30	12	Max	0.16	0.74	1.21	0.98	1.35	1.64	3.45	3.50	0.72	2.04	5.14	8.90	13.15	14.25
30	12	Min	0.13	0.59	0.95	0.77	1.07	1.29	2.73	2.77	0.57	1.63	4.09	7.09	10.47	11.34
30	24	Max	0.11	0.51	0.82	0.67	0.93	1.13	2.37	2.40	0.50	1.45	3.60	6.23	9.16	9.93
30	24	Min	0.09	0.40	0.65	0.52	0.73	0.89	1.88	1.90	0.40	1.15	2.85	4.94	7.26	7.87
30	48	Max	0.08	0.36	0.58	0.47	0.66	0.80	1.68	1.71	0.36	1.07	2.62	4.52	6.60	7.17
30	48	Min	0.06	0.28	0.46	0.37	0.52	0.63	1.32	1.34	0.28	0.84	2.05	3.54	5.18	5.63
30	72	Max	0.07	0.31	0.50	0.41	0.57	0.69	1.45	1.47	0.31	0.94	2.29	3.96	5.75	6.25
30	72	Min	0.05	0.24	0.39	0.32	0.44	0.54	1.13	1.15	0.24	0.73	1.78	3.07	4.47	4.86
100	0.17	Max	0.56	3.12	4.75	3.98	5.17	6.07	12.46	12.55	1.31	4.53	9.12	15.78	26.17	27.82
100	0.17	Min	0.37	2.00	3.03	2.52	3.27	3.84	7.93	7.99	0.84	3.02	5.89	10.21	16.83	17.92
100	0.33	Max	0.63	3.48	5.34	4.46	5.87	6.85	13.96	14.06	1.48	5.09	10.40	18.11	30.07	32.02
100	0.33	Min	0.42	2.33	3.55	2.96	3.88	4.54	9.29	9.35	0.99	3.54	6.99	12.19	20.10	21.46
100	0.5	Max	0.66	3.61	5.68	4.66	6.22	7.30	14.92	15.03	1.60	5.46	11.36	19.74	32.90	35.16
100	0.5	Min	0.45	2.46	3.84	3.15	4.18	4.91	10.07	10.14	1.08	3.84	7.74	13.47	22.30	23.88
100	1	Max	0.66	3.55	5.70	4.66	6.29	7.42	15.20	15.32	1.75	6.04	12.89	22.54	37.71	40.33
100	1	Min	0.45	2.42	3.86	3.16	4.25	5.04	10.35	10.43	1.19	4.28	8.88	15.56	25.83	27.63
100	2	Max	0.58	3.00	4.86	3.96	5.38	6.44	13.28	13.41	1.79	6.03	13.59	24.04	38.34	41.29
100	2	Min	0.40	2.07	3.32	2.70	3.67	4.40	9.08	9.17	1.22	4.24	9.34	16.58	26.26	28.30
100	4	Max	0.45	2.26	3.66	2.98	4.06	4.89	10.18	10.30	1.64	5.18	12.38	21.87	33.28	36.08
100	4	Min	0.32	1.57	2.52	2.05	2.80	3.38	7.03	7.11	1.12	3.63	8.48	15.02	22.81	24.76
100	6	Max	0.32	1.53	2.47	2.01	2.76	3.32	6.98	7.06	1.35	3.96	9.68	16.86	25.28	27.26
100	6	Min	0.19	0.87	1.40	1.13	1.56	1.89	4.00	4.05	0.82	2.40	5.92	10.29	15.20	16.47
100	8	Max	0.28	1.30	2.10	1.71	2.35	2.83	5.96	6.04	1.20	3.49	8.61	14.94	22.21	24.00
100	8	Min	0.16	0.73	1.18	0.96	1.33	1.61	3.40	3.45	0.71	2.06	5.11	8.86	13.05	14.15
100	12	Max	0.22	1.03	1.67	1.36	1.88	2.27	4.77	4.83	0.98	2.88	7.11	12.31	18.17	19.66
100	12	Min	0.13	0.58	0.94	0.76	1.05	1.28	2.70	2.74	0.57	1.66	4.11	7.13	10.47	11.36
100	24	Max	0.15	0.70	1.12	0.92	1.27	1.54	3.25	3.29	0.68	2.04	5.00	8.64	12.64	13.71
100	24	Min	0.09	0.39	0.63	0.51	0.71	0.87	1.84	1.86	0.39	1.16	2.83	4.90	7.17	7.79

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	48	Max	0.11	0.48	0.77	0.63	0.87	1.06	2.23	2.26	0.47	1.45	3.51	6.07	8.83	9.60
100	48	Min	0.06	0.27	0.43	0.35	0.49	0.60	1.26	1.28	0.27	0.81	1.97	3.40	4.96	5.39
100	72	Max	0.09	0.42	0.66	0.54	0.75	0.91	1.92	1.95	0.41	1.26	3.05	5.27	7.64	8.31
100	72	Min	0.05	0.23	0.36	0.29	0.41	0.50	1.05	1.06	0.22	0.69	1.66	2.86	4.16	4.52
300	0.17	Max	0.69	3.84	5.83	4.90	6.38	7.49	15.34	15.46	1.62	5.59	11.24	19.49	32.26	34.28
300	0.17	Min	0.47	2.59	3.90	3.25	4.22	4.95	10.22	10.29	1.08	3.99	7.62	13.22	21.67	23.08
300	0.33	Max	0.76	4.27	6.51	5.43	7.12	8.31	16.98	17.09	1.78	6.29	12.64	21.97	36.43	38.82
300	0.33	Min	0.54	3.00	4.55	3.79	4.96	5.81	11.90	11.98	1.25	4.64	9.00	15.68	25.75	27.49
300	0.5	Max	0.79	4.41	6.90	5.66	7.52	8.83	18.08	18.21	1.92	6.75	13.79	23.92	39.79	42.53
300	0.5	Min	0.58	3.15	4.89	4.03	5.33	6.27	12.85	12.94	1.36	5.01	9.94	17.29	28.49	30.51
300	1	Max	0.79	4.28	6.84	5.60	7.54	8.91	18.24	18.39	2.10	7.39	15.50	27.08	45.17	48.33
300	1	Min	0.58	3.07	4.88	4.00	5.37	6.38	13.10	13.19	1.50	5.54	11.31	19.82	32.78	35.08
300	2	Max	0.70	3.63	5.87	4.78	6.52	7.79	16.06	16.22	2.15	7.25	16.31	28.91	46.18	49.70
300	2	Min	0.50	2.59	4.15	3.38	4.59	5.51	11.37	11.48	1.52	5.44	11.80	20.96	33.06	35.65
300	4	Max	0.55	2.75	4.45	3.62	4.95	5.96	12.39	12.54	1.98	6.30	15.03	26.56	40.43	43.84
300	4	Min	0.39	1.94	3.12	2.54	3.46	4.18	8.70	8.79	1.38	4.61	10.62	18.80	28.44	30.88
300	6	Max	0.39	1.84	2.96	2.41	3.31	3.98	8.37	8.47	1.63	4.90	11.83	20.58	30.70	33.11
300	6	Min	0.23	1.07	1.72	1.40	1.94	2.34	4.95	5.01	1.01	3.04	7.40	12.86	18.92	20.49
300	8	Max	0.33	1.56	2.51	2.05	2.81	3.39	7.14	7.23	1.44	4.30	10.44	18.10	26.81	28.97
300	8	Min	0.20	0.90	1.45	1.18	1.63	1.98	4.18	4.23	0.87	2.60	6.35	11.02	16.17	17.53
300	12	Max	0.27	1.23	1.98	1.62	2.23	2.70	5.68	5.75	1.17	3.52	8.56	14.83	21.79	23.60
300	12	Min	0.16	0.71	1.14	0.93	1.28	1.56	3.30	3.34	0.69	2.08	5.07	8.79	12.86	13.96
300	24	Max	0.18	0.81	1.29	1.06	1.46	1.78	3.76	3.80	0.79	2.41	5.86	10.15	14.78	16.06
300	24	Min	0.10	0.46	0.74	0.60	0.84	1.02	2.16	2.19	0.46	1.39	3.38	5.85	8.53	9.27
300	48	Max	0.12	0.54	0.87	0.71	0.98	1.19	2.52	2.55	0.54	1.65	3.99	6.89	10.01	10.88
300	48	Min	0.07	0.31	0.50	0.41	0.56	0.69	1.45	1.47	0.31	0.94	2.28	3.95	5.74	6.24
300	72	Max	0.10	0.47	0.74	0.60	0.83	1.01	2.14	2.17	0.46	1.40	3.40	5.87	8.51	9.27
300	72	Min	0.06	0.26	0.42	0.34	0.47	0.57	1.21	1.22	0.26	0.79	1.91	3.30	4.79	5.21

Verwendete Niederschlagswerte für das Hydromaps-Szenario (*)

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.33h30j	0.33	10	Dreieck	29.19	159.21
05h30j	0.5	10	Dreieck	32.79	114.75
1h30j	1	10	Dreieck	<u>39.97</u>	74.95
2h30j	2	10	Dreieck	48.74	47.22
4h30j	4	10	Dreieck	59.43	29.25
6h30j	6	10	Block	66.73	11.12
8h30j	8	10	Block	72.46	9.06
12h30j	12	10	Block	81.37	6.78
24h30j	24	10	Block	<u>99.21</u>	4.13
48h30j	48	10	Block	120.96	2.52
72h30j	72	10	Block	135.84	1.89
0.33h100j	0.33	30	Dreieck	38.57	210.38
05h100j	0.5	30	Dreieck	43.07	150.73
1h100j	1	30	Dreieck	<u>51.98</u>	97.47
2h100j	2	30	Dreieck	62.74	60.78
4h100j	4	30	Dreieck	75.73	37.27
6h100j	6	30	Block	84.54	14.09
8h100j	8	30	Block	91.41	11.43
12h100j	12	30	Block	102.04	8.50
24h100j	24	30	Block	<u>123.17</u>	5.13
48h100j	48	30	Block	148.67	3.10
72h100j	72	30	Block	165.96	2.31
0.33h300j	0.33	100	Dreieck	51.22	279.38
05h300j	0.5	100	Dreieck	56.82	198.86
1h300j	1	100	Dreieck	<u>67.81</u>	127.14
2h300j	2	100	Dreieck	80.93	78.40
4h300j	4	100	Dreieck	96.59	47.54
6h300j	6	100	Block	107.12	17.85
8h300j	8	100	Block	115.28	14.41
12h300j	12	100	Block	127.85	10.65
24h300j	24	100	Block	<u>152.58</u>	6.36
48h300j	48	100	Block	182.10	3.79
72h300j	72	100	Block	201.95	2.80

* Die unterstrichenen Werte geben die von Hydromaps (Frei und Fukutome, 2022) bereitgestellten Niederschlagsmengen an. Andere Werte wurden interpoliert oder extrapoliert (siehe Kap. 6.4.3 im Bericht).

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m³/s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	0.17	Max	0.33	1.70	2.68	2.23	2.97	3.50	7.13	7.20	0.78	2.51	5.29	9.24	15.26	16.19
30	0.17	Min	0.28	1.52	2.34	1.95	2.56	3.01	6.17	6.22	0.67	2.24	4.57	7.93	13.13	13.96
30	0.33	Max	0.38	2.00	3.13	2.62	3.52	4.09	8.32	8.40	0.91	2.95	6.28	11.06	18.29	19.44
30	0.33	Min	0.33	1.81	2.79	2.33	3.08	3.60	7.32	7.38	0.79	2.67	5.51	9.63	15.95	17.00
30	0.5	Max	0.41	2.14	3.43	2.82	3.83	4.48	9.14	9.23	1.01	3.25	7.04	12.35	20.52	21.90
30	0.5	Min	0.36	1.94	3.06	2.52	3.37	3.95	8.06	8.12	0.88	2.93	6.18	10.77	17.95	19.18
30	1	Max	0.43	2.25	3.66	2.98	4.10	4.83	9.87	9.97	1.16	3.79	8.40	14.78	24.73	26.41
30	1	Min	0.37	1.98	3.20	2.62	3.54	4.17	8.55	8.63	1.00	3.38	7.31	12.80	21.44	22.90
30	2	Max	0.40	2.04	3.34	2.71	3.74	4.46	9.18	9.29	1.26	4.03	9.37	16.69	26.72	28.69
30	2	Min	0.34	1.76	2.85	2.32	3.17	3.79	7.81	7.90	1.07	3.49	8.00	14.20	22.64	24.40
30	4	Max	0.34	1.64	2.69	2.18	3.01	3.62	7.52	7.62	1.23	3.71	9.14	16.20	24.73	26.78
30	4	Min	0.28	1.38	2.26	1.83	2.51	3.02	6.27	6.35	1.02	3.13	7.60	13.43	20.50	22.22
30	6	Max	0.25	1.18	1.92	1.55	2.14	2.57	5.40	5.48	1.05	3.03	7.50	13.06	19.60	21.13
30	6	Min	0.19	0.87	1.41	1.14	1.58	1.91	4.02	4.07	0.81	2.30	5.76	10.01	14.93	16.12
30	8	Max	0.22	1.02	1.65	1.34	1.85	2.23	4.70	4.76	0.95	2.72	6.79	11.79	17.54	18.95
30	8	Min	0.16	0.75	1.21	0.98	1.36	1.64	3.46	3.51	0.71	2.03	5.10	8.86	13.12	14.20
30	12	Max	0.18	0.83	1.34	1.09	1.50	1.82	3.83	3.88	0.80	2.29	5.71	9.89	14.61	15.82
30	12	Min	0.13	0.60	0.98	0.79	1.10	1.33	2.81	2.85	0.59	1.68	4.21	7.30	10.77	11.67
30	24	Max	0.13	0.59	0.94	0.77	1.07	1.30	2.73	2.77	0.57	1.70	4.18	7.23	10.60	11.50
30	24	Min	0.09	0.43	0.69	0.56	0.78	0.95	1.99	2.02	0.42	1.23	3.04	5.26	7.73	8.38
30	48	Max	0.09	0.41	0.66	0.54	0.75	0.91	1.92	1.94	0.41	1.24	3.01	5.20	7.57	8.23
30	48	Min	0.07	0.30	0.49	0.40	0.55	0.67	1.42	1.44	0.30	0.91	2.21	3.81	5.57	6.05
30	72	Max	0.07	0.33	0.53	0.43	0.60	0.73	1.53	1.55	0.33	1.00	2.42	4.18	6.08	6.61
30	72	Min	0.06	0.25	0.39	0.32	0.45	0.54	1.15	1.16	0.24	0.74	1.80	3.12	4.53	4.93
100	0.17	Max	0.53	2.91	4.44	3.72	4.84	5.68	11.65	11.74	1.23	4.24	8.54	14.79	24.51	26.06
100	0.17	Min	0.33	1.80	2.73	2.27	2.95	3.46	7.15	7.20	0.76	2.72	5.31	9.21	15.18	16.17
100	0.33	Max	0.60	3.36	5.15	4.31	5.67	6.61	13.48	13.58	1.43	4.91	10.04	17.50	29.05	30.94
100	0.33	Min	0.39	2.15	3.27	2.73	3.57	4.18	8.56	8.62	0.91	3.26	6.45	11.24	18.55	19.80
100	0.5	Max	0.64	3.55	5.59	4.59	6.12	7.18	14.68	14.78	1.57	5.37	11.18	19.43	32.38	34.59
100	0.5	Min	0.42	2.30	3.59	2.94	3.90	4.59	9.41	9.47	1.01	3.58	7.24	12.60	20.86	22.34
100	1	Max	0.67	3.61	5.80	4.74	6.39	7.54	15.45	15.57	1.78	6.14	13.10	22.91	38.32	40.98
100	1	Min	0.44	2.31	3.70	3.03	4.06	4.82	9.91	9.99	1.14	4.09	8.50	14.89	24.73	26.45
100	2	Max	0.62	3.19	5.19	4.22	5.76	6.89	14.21	14.36	1.92	6.34	14.38	25.52	40.87	43.99
100	2	Min	0.39	2.02	3.25	2.64	3.59	4.31	8.90	8.99	1.19	4.15	9.15	16.25	25.73	27.73
100	4	Max	0.52	2.57	4.17	3.39	4.64	5.58	11.61	11.75	1.86	5.85	14.06	24.86	37.90	41.08
100	4	Min	0.32	1.57	2.53	2.06	2.81	3.39	7.05	7.13	1.12	3.64	8.52	15.07	22.89	24.85
100	6	Max	0.39	1.83	2.95	2.41	3.30	3.97	8.34	8.44	1.61	4.82	11.66	20.29	30.36	32.73
100	6	Min	0.19	0.88	1.43	1.15	1.59	1.93	4.08	4.13	0.84	2.44	6.04	10.49	15.49	16.78
100	8	Max	0.34	1.59	2.55	2.08	2.86	3.45	7.25	7.34	1.45	4.33	10.53	18.26	27.09	29.26
100	8	Min	0.17	0.75	1.22	0.99	1.37	1.66	3.50	3.55	0.73	2.13	5.26	9.14	13.45	14.58
100	12	Max	0.28	1.29	2.07	1.69	2.33	2.82	5.93	6.00	1.22	3.66	8.91	15.43	22.69	24.56
100	12	Min	0.13	0.61	0.98	0.79	1.10	1.34	2.83	2.87	0.60	1.75	4.31	7.47	10.97	11.89
100	24	Max	0.19	0.88	1.41	1.16	1.59	1.94	4.08	4.13	0.86	2.63	6.38	11.03	16.07	17.45
100	24	Min	0.09	0.42	0.68	0.55	0.77	0.94	1.97	2.00	0.42	1.25	3.05	5.28	7.72	8.38

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	48	Max	0.13	0.59	0.94	0.77	1.06	1.29	2.73	2.76	0.58	1.78	4.32	7.45	10.82	11.77
100	48	Min	0.07	0.29	0.47	0.38	0.53	0.64	1.35	1.37	0.29	0.87	2.12	3.66	5.34	5.80
100	72	Max	0.10	0.46	0.73	0.60	0.82	1.00	2.13	2.15	0.45	1.40	3.38	5.83	8.46	9.20
100	72	Min	0.05	0.23	0.37	0.30	0.42	0.51	1.09	1.10	0.23	0.71	1.72	2.96	4.31	4.68
300	0.17	Max	0.76	4.22	6.43	5.40	7.02	8.24	16.88	17.01	1.77	6.13	12.35	21.39	35.44	37.66
300	0.17	Min	0.41	2.25	3.40	2.83	3.68	4.31	8.91	8.98	0.94	3.47	6.66	11.55	18.94	20.18
300	0.33	Max	0.85	4.73	7.25	6.05	7.99	9.32	19.01	19.15	2.01	6.90	14.15	24.64	40.89	43.51
300	0.33	Min	0.49	2.68	4.06	3.39	4.44	5.19	10.63	10.70	1.12	4.14	8.04	14.03	23.04	24.60
300	0.5	Max	0.90	4.94	7.78	6.43	8.53	10.02	20.49	20.64	2.19	7.51	15.60	27.09	45.16	48.17
300	0.5	Min	0.52	2.86	4.44	3.65	4.83	5.68	11.65	11.73	1.24	4.53	9.01	15.68	25.85	27.69
300	1	Max	0.93	5.04	8.09	6.59	8.92	10.54	21.59	21.76	2.47	8.53	18.21	31.83	53.08	56.82
300	1	Min	0.54	2.85	4.54	3.72	5.00	5.94	12.19	12.28	1.40	5.15	10.53	18.45	30.52	32.66
300	2	Max	0.85	4.42	7.14	5.81	7.91	9.46	19.50	19.69	2.59	8.89	19.80	35.08	55.95	60.24
300	2	Min	0.48	2.48	3.96	3.23	4.39	5.27	10.87	10.97	1.45	5.19	11.27	20.02	31.59	34.06
300	4	Max	0.69	3.44	5.55	4.52	6.16	7.42	15.44	15.61	2.46	7.97	18.78	33.17	50.37	54.66
300	4	Min	0.39	1.91	3.06	2.49	3.40	4.11	8.54	8.63	1.36	4.52	10.43	18.45	27.92	30.31
300	6	Max	0.50	2.35	3.75	3.08	4.21	5.07	10.66	10.78	2.07	6.37	15.13	26.31	39.17	42.25
300	6	Min	0.23	1.07	1.72	1.40	1.93	2.34	4.94	5.00	1.01	3.04	7.38	12.83	18.88	20.44
300	8	Max	0.43	2.02	3.22	2.64	3.62	4.38	9.21	9.32	1.85	5.67	13.55	23.50	34.70	37.51
300	8	Min	0.20	0.91	1.47	1.19	1.65	2.00	4.22	4.28	0.88	2.63	6.42	11.13	16.33	17.71
300	12	Max	0.35	1.60	2.55	2.09	2.87	3.48	7.34	7.43	1.52	4.67	11.24	19.48	28.49	30.90
300	12	Min	0.16	0.73	1.17	0.95	1.32	1.60	3.39	3.43	0.71	2.14	5.22	9.05	13.23	14.35
300	24	Max	0.23	1.05	1.68	1.38	1.89	2.30	4.86	4.92	1.03	3.17	7.65	13.23	19.24	20.91
300	24	Min	0.11	0.49	0.78	0.64	0.89	1.08	2.28	2.31	0.49	1.47	3.57	6.17	9.00	9.78
300	48	Max	0.15	0.68	1.09	0.89	1.22	1.49	3.15	3.19	0.67	2.06	5.00	8.62	12.51	13.61
300	48	Min	0.07	0.33	0.53	0.43	0.60	0.73	1.54	1.56	0.33	1.00	2.43	4.19	6.10	6.63
300	72	Max	0.12	0.53	0.85	0.69	0.94	1.15	2.44	2.47	0.52	1.60	3.88	6.69	9.70	10.56
300	72	Min	0.06	0.26	0.42	0.34	0.47	0.58	1.22	1.24	0.26	0.80	1.94	3.34	4.86	5.28

Verwendete Niederschlagswerte für das Luzern-Szenario

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.33h10j	0.33	10	Dreieck	24.98	136.26
05h10j	0.5	10	Dreieck	30.02	105.06
1h10j	1	10	Dreieck	37.85	70.96
2h10j	2	10	Dreieck	42.28	40.96
4h10j	4	10	Dreieck	46.91	23.09
6h10j	6	10	Block	53.14	8.86
8h10j	8	10	Block	58.65	7.33
12h10j	12	10	Block	67.40	5.62
24h10j	24	10	Block	83.44	3.48
48h10j	48	10	Block	99.90	2.08
72h10j	72	10	Block	108.03	1.50
0.33h30j	0.33	30	Dreieck	29.54	161.11
05h30j	0.5	30	Dreieck	35.41	123.93
1h30j	1	30	Dreieck	47.51	89.08
2h30j	2	30	Dreieck	54.29	52.59
4h30j	4	30	Dreieck	57.93	28.51
6h30j	6	30	Block	66.71	11.12
8h30j	8	30	Block	73.66	9.21
12h30j	12	30	Block	84.70	7.06
24h30j	24	30	Block	100.86	4.20
48h30j	48	30	Block	119.23	2.48
72h30j	72	30	Block	126.08	1.75
0.33h100j	0.33	100	Dreieck	34.49	188.12
05h100j	0.5	100	Dreieck	41.15	144.02
1h100j	1	100	Dreieck	58.86	110.37
2h100j	2	100	Dreieck	70.11	67.92
4h100j	4	100	Dreieck	71.61	35.25
6h100j	6	100	Block	85.04	14.17
8h100j	8	100	Block	94.11	11.76
12h100j	12	100	Block	108.55	9.05
24h100j	24	100	Block	121.44	5.06
48h100j	48	100	Block	141.44	2.95
72h100j	72	100	Block	146.01	2.03

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m³/s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	0.17	Max	0.25	1.36	2.11	1.76	2.31	2.72	5.57	5.62	0.61	2.02	4.13	7.18	11.89	12.64
30	0.17	Min	0.23	1.14	1.82	1.51	2.04	2.40	4.89	4.94	0.54	1.69	3.64	6.40	10.57	11.21
30	0.33	Max	0.33	1.83	2.81	2.36	3.12	3.63	7.40	7.46	0.80	2.70	5.56	9.72	16.11	17.17
30	0.33	Min	0.31	1.59	2.51	2.10	2.83	3.29	6.69	6.75	0.74	2.35	5.08	8.96	14.80	15.74
30	0.5	Max	0.39	2.10	3.31	2.72	3.64	4.26	8.70	8.77	0.95	3.17	6.66	11.61	19.35	20.68
30	0.5	Min	0.36	1.88	3.03	2.48	3.38	3.96	8.07	8.15	0.90	2.86	6.23	10.95	18.19	19.40
30	1	Max	0.40	2.07	3.38	2.75	3.79	4.47	9.13	9.22	1.08	3.49	7.78	13.70	22.92	24.47
30	1	Min	0.38	1.99	3.21	2.63	3.56	4.19	8.58	8.66	1.01	3.39	7.33	12.85	21.51	22.98
30	2	Max	0.33	1.64	2.70	2.20	3.04	3.63	7.47	7.57	1.03	3.26	7.66	13.67	21.86	23.46
30	2	Min	0.31	1.56	2.54	2.06	2.83	3.38	6.97	7.04	0.95	3.10	7.13	12.67	20.22	21.78
30	4	Max	0.24	1.15	1.89	1.54	2.14	2.57	5.33	5.41	0.88	2.60	6.50	11.56	17.66	19.10
30	4	Min	0.23	1.13	1.85	1.50	2.06	2.48	5.16	5.23	0.84	2.55	6.23	11.03	16.86	18.26
30	6	Max	0.18	0.85	1.38	1.12	1.54	1.85	3.89	3.94	0.76	2.11	5.34	9.31	14.03	15.11
30	6	Min	0.15	0.71	1.16	0.93	1.30	1.56	3.29	3.34	0.66	1.86	4.69	8.17	12.20	13.17
30	8	Max	0.16	0.76	1.24	1.00	1.38	1.67	3.51	3.56	0.71	1.96	4.98	8.64	12.93	13.96
30	8	Min	0.14	0.62	1.02	0.82	1.14	1.38	2.90	2.94	0.60	1.67	4.23	7.35	10.92	11.82
30	12	Max	0.14	0.64	1.04	0.84	1.17	1.42	2.98	3.03	0.62	1.74	4.39	7.62	11.29	12.22
30	12	Min	0.11	0.51	0.84	0.67	0.94	1.14	2.40	2.44	0.50	1.42	3.59	6.22	9.19	9.95
30	24	Max	0.10	0.46	0.74	0.60	0.84	1.02	2.14	2.17	0.45	1.30	3.25	5.61	8.26	8.95
30	24	Min	0.08	0.37	0.59	0.48	0.67	0.82	1.72	1.74	0.36	1.04	2.60	4.50	6.62	7.19
30	48	Max	0.07	0.32	0.51	0.42	0.58	0.71	1.49	1.51	0.31	0.94	2.30	3.97	5.81	6.31
30	48	Min	0.06	0.25	0.41	0.33	0.47	0.57	1.19	1.21	0.25	0.75	1.84	3.17	4.65	5.05
30	72	Max	0.06	0.25	0.40	0.32	0.45	0.55	1.16	1.17	0.24	0.74	1.81	3.12	4.54	4.94
30	72	Min	0.05	0.20	0.33	0.27	0.37	0.45	0.95	0.97	0.20	0.61	1.49	2.57	3.74	4.07
100	0.17	Max	0.34	1.84	2.85	2.38	3.12	3.68	7.52	7.58	0.81	2.72	5.55	9.66	15.97	16.97
100	0.17	Min	0.26	1.32	2.13	1.75	2.38	2.80	5.71	5.77	0.63	1.94	4.25	7.49	12.35	13.08
100	0.33	Max	0.46	2.50	3.84	3.22	4.26	4.96	10.10	10.18	1.08	3.67	7.56	13.21	21.90	23.33
100	0.33	Min	0.36	1.85	2.93	2.44	3.30	3.84	7.82	7.90	0.87	2.71	5.92	10.48	17.31	18.38
100	0.5	Max	0.53	2.90	4.57	3.76	5.03	5.89	12.03	12.12	1.30	4.37	9.18	15.98	26.62	28.45
100	0.5	Min	0.43	2.22	3.58	2.94	4.00	4.69	9.57	9.66	1.06	3.36	7.37	12.97	21.54	22.96
100	1	Max	0.61	3.27	5.26	4.30	5.81	6.85	14.03	14.14	1.62	5.55	11.90	20.82	34.85	37.26
100	1	Min	0.43	2.26	3.62	2.96	3.97	4.72	9.69	9.77	1.12	4.00	8.32	14.56	24.19	25.88
100	2	Max	0.50	2.60	4.22	3.43	4.68	5.60	11.54	11.66	1.56	5.20	11.81	20.90	33.36	35.94
100	2	Min	0.35	1.80	2.90	2.35	3.20	3.85	7.94	8.02	1.07	3.69	8.16	14.48	22.95	24.73
100	4	Max	0.35	1.74	2.83	2.29	3.14	3.78	7.86	7.96	1.28	3.94	9.55	16.89	25.74	27.89
100	4	Min	0.27	1.32	2.13	1.73	2.36	2.85	5.93	6.00	0.94	3.04	7.14	12.65	19.23	20.87
100	6	Max	0.27	1.30	2.11	1.71	2.35	2.82	5.93	6.01	1.14	3.30	8.14	14.17	21.33	22.98
100	6	Min	0.16	0.74	1.19	0.96	1.33	1.62	3.41	3.46	0.70	2.03	5.05	8.79	12.99	14.07
100	8	Max	0.25	1.16	1.87	1.52	2.09	2.53	5.31	5.38	1.06	3.08	7.64	13.26	19.75	21.33
100	8	Min	0.14	0.64	1.03	0.83	1.16	1.40	2.97	3.01	0.62	1.78	4.45	7.72	11.39	12.34
100	12	Max	0.21	0.98	1.58	1.29	1.78	2.15	4.53	4.59	0.94	2.72	6.75	11.69	17.25	18.67
100	12	Min	0.12	0.52	0.85	0.68	0.95	1.16	2.44	2.47	0.51	1.49	3.70	6.41	9.43	10.22
100	24	Max	0.14	0.65	1.05	0.86	1.19	1.44	3.04	3.08	0.64	1.90	4.66	8.05	11.80	12.80
100	24	Min	0.08	0.36	0.58	0.47	0.66	0.81	1.70	1.72	0.36	1.06	2.61	4.51	6.62	7.18

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	48	Max	0.10	0.44	0.70	0.57	0.79	0.96	2.03	2.06	0.43	1.31	3.19	5.51	8.02	8.71
100	48	Min	0.06	0.25	0.40	0.32	0.45	0.55	1.16	1.17	0.25	0.74	1.80	3.12	4.55	4.95
100	72	Max	0.07	0.32	0.51	0.42	0.58	0.71	1.49	1.51	0.32	0.97	2.35	4.05	5.89	6.41
100	72	Min	0.04	0.20	0.31	0.25	0.35	0.43	0.91	0.93	0.19	0.59	1.43	2.48	3.61	3.92
300	0.17	Max	0.41	2.27	3.44	2.87	3.74	4.40	9.02	9.09	0.96	3.36	6.63	11.47	19.02	20.22
300	0.17	Min	0.36	1.88	2.94	2.45	3.25	3.83	7.81	7.89	0.85	2.76	5.78	10.10	16.68	17.70
300	0.33	Max	0.54	3.02	4.63	3.87	5.08	5.93	12.09	12.18	1.28	4.53	9.01	15.69	26.05	27.76
300	0.33	Min	0.48	2.58	4.00	3.35	4.47	5.21	10.59	10.68	1.13	3.79	7.96	13.97	23.12	24.58
300	0.5	Max	0.63	3.49	5.47	4.49	5.97	7.01	14.33	14.44	1.53	5.34	10.92	18.96	31.58	33.77
300	0.5	Min	0.56	3.01	4.76	3.91	5.18	6.10	12.50	12.58	1.33	4.55	9.67	16.82	27.71	29.68
300	1	Max	0.76	4.06	6.54	5.32	7.22	8.53	17.47	17.61	2.01	6.87	14.74	25.79	43.10	46.11
300	1	Min	0.54	2.86	4.55	3.74	5.01	5.95	12.23	12.32	1.40	5.17	10.56	18.51	30.61	32.76
300	2	Max	0.69	3.56	5.77	4.69	6.40	7.65	15.77	15.93	2.12	7.10	16.02	28.40	45.38	48.83
300	2	Min	0.44	2.23	3.58	2.91	3.96	4.76	9.81	9.91	1.31	4.67	10.16	18.05	28.49	30.72
300	4	Max	0.44	2.19	3.57	2.89	3.97	4.77	9.93	10.05	1.61	4.99	12.06	21.33	32.52	35.25
300	4	Min	0.33	1.60	2.57	2.09	2.86	3.45	7.17	7.25	1.14	3.77	8.72	15.44	23.39	25.40
300	6	Max	0.35	1.66	2.68	2.18	2.99	3.60	7.57	7.67	1.48	4.39	10.68	18.58	27.73	29.92
300	6	Min	0.19	0.89	1.43	1.16	1.60	1.94	4.10	4.16	0.84	2.50	6.12	10.64	15.67	16.98
300	8	Max	0.32	1.48	2.39	1.95	2.68	3.23	6.80	6.88	1.37	4.07	9.93	17.21	25.51	27.56
300	8	Min	0.17	0.76	1.23	1.00	1.38	1.68	3.55	3.60	0.74	2.19	5.38	9.34	13.71	14.87
300	12	Max	0.27	1.27	2.03	1.66	2.29	2.77	5.83	5.90	1.20	3.62	8.79	15.23	22.37	24.23
300	12	Min	0.14	0.62	1.00	0.81	1.13	1.37	2.90	2.94	0.61	1.82	4.45	7.71	11.30	12.25
300	24	Max	0.17	0.78	1.25	1.02	1.41	1.72	3.63	3.67	0.77	2.32	5.65	9.77	14.25	15.47
300	24	Min	0.10	0.43	0.69	0.56	0.78	0.95	2.01	2.03	0.43	1.28	3.13	5.41	7.90	8.58
300	48	Max	0.11	0.50	0.80	0.66	0.91	1.10	2.33	2.36	0.50	1.52	3.68	6.35	9.23	10.03
300	48	Min	0.06	0.28	0.46	0.37	0.51	0.63	1.33	1.34	0.28	0.86	2.08	3.60	5.24	5.69
300	72	Max	0.08	0.36	0.58	0.47	0.65	0.79	1.67	1.69	0.36	1.09	2.65	4.57	6.64	7.22
300	72	Min	0.05	0.22	0.36	0.29	0.40	0.49	1.03	1.05	0.22	0.68	1.63	2.82	4.09	4.45

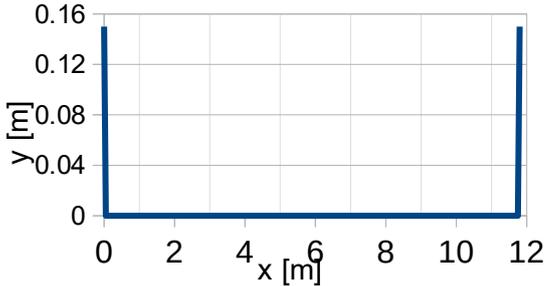
Verwendete Niederschlagswerte für das Küssnacht+RCP8.5-Szenario

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.33h10j	0.33	10	Dreieck	31.72	173.04
05h10j	0.5	10	Dreieck	35.12	122.91
1h10j	1	10	Dreieck	41.81	78.40
2h10j	2	10	Dreieck	49.79	48.23
4h10j	4	10	Dreieck	59.28	29.18
6h10j	6	10	Block	65.65	10.94
8h10j	8	10	Block	70.59	8.82
12h10j	12	10	Block	78.17	6.51
24h10j	24	10	Block	93.08	3.88
48h10j	48	10	Block	113.01	2.35
72h10j	72	10	Block	133.58	1.86
0.33h30j	0.33	30	Dreieck	42.52	231.93
05h30j	0.5	30	Dreieck	46.82	163.89
1h30j	1	30	Dreieck	55.26	103.62
2h30j	2	30	Dreieck	65.22	63.19
4h30j	4	30	Dreieck	76.98	37.89
6h30j	6	30	Block	84.82	14.14
8h30j	8	30	Block	90.86	11.36
12h30j	12	30	Block	100.10	8.34
24h30j	24	30	Block	118.15	4.92
48h30j	48	30	Block	139.38	2.90
72h30j	72	30	Block	161.22	2.24
0.33h100j	0.33	100	Dreieck	54.43	296.91
05h100j	0.5	100	Dreieck	59.70	208.95
1h100j	1	100	Dreieck	69.97	131.20
2h100j	2	100	Dreieck	82.02	79.45
4h100j	4	100	Dreieck	96.13	47.31
6h100j	6	100	Block	105.49	17.58
8h100j	8	100	Block	112.67	14.08
12h100j	12	100	Block	123.64	10.30
24h100j	24	100	Block	144.92	6.04
48h100j	48	100	Block	166.57	3.47
72h100j	72	100	Block	188.51	2.62

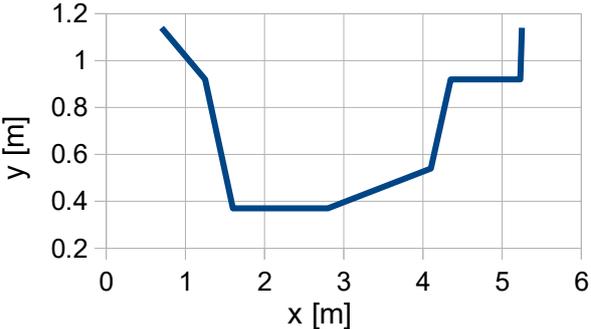
Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m³/s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	0.17	Max	0.38	2.00	3.12	2.61	3.45	4.07	8.29	8.37	0.90	2.94	6.13	10.71	17.67	18.76
30	0.17	Min	0.33	1.82	2.79	2.33	3.05	3.59	7.35	7.41	0.79	2.68	5.42	9.40	15.58	16.56
30	0.33	Max	0.43	2.27	3.54	2.96	3.96	4.61	9.38	9.46	1.02	3.34	7.07	12.42	20.54	21.84
30	0.33	Min	0.38	2.11	3.25	2.72	3.58	4.18	8.52	8.58	0.91	3.11	6.38	11.14	18.48	19.69
30	0.5	Max	0.45	2.37	3.80	3.12	4.22	4.95	10.09	10.18	1.11	3.60	7.75	13.58	22.58	24.09
30	0.5	Min	0.41	2.22	3.50	2.88	3.85	4.51	9.22	9.29	1.00	3.36	7.05	12.27	20.46	21.87
30	1	Max	0.46	2.40	3.92	3.19	4.37	5.15	10.54	10.64	1.24	4.05	8.95	15.74	26.34	28.13
30	1	Min	0.42	2.22	3.57	2.92	3.95	4.65	9.52	9.60	1.11	3.77	8.13	14.24	23.84	25.47
30	2	Max	0.42	2.10	3.44	2.80	3.85	4.60	9.47	9.58	1.30	4.16	9.66	17.20	27.54	29.58
30	2	Min	0.37	1.91	3.10	2.51	3.44	4.11	8.47	8.56	1.15	3.79	8.67	15.38	24.53	26.44
30	4	Max	0.33	1.64	2.68	2.18	3.00	3.60	7.49	7.59	1.22	3.70	9.11	16.14	24.64	26.68
30	4	Min	0.29	1.46	2.38	1.92	2.64	3.18	6.61	6.69	1.07	3.30	8.01	14.16	21.60	23.41
30	6	Max	0.24	1.15	1.87	1.52	2.09	2.51	5.28	5.35	1.03	2.96	7.32	12.75	19.14	20.63
30	6	Min	0.19	0.90	1.46	1.18	1.63	1.97	4.16	4.21	0.84	2.39	5.97	10.38	15.47	16.71
30	8	Max	0.21	0.99	1.60	1.29	1.79	2.16	4.54	4.60	0.92	2.62	6.54	11.36	16.91	18.26
30	8	Min	0.17	0.76	1.24	1.00	1.39	1.68	3.54	3.59	0.73	2.08	5.22	9.06	13.42	14.53
30	12	Max	0.17	0.78	1.27	1.03	1.42	1.72	3.62	3.67	0.75	2.15	5.40	9.35	13.81	14.96
30	12	Min	0.13	0.61	0.99	0.79	1.10	1.34	2.82	2.87	0.59	1.69	4.24	7.34	10.83	11.74
30	24	Max	0.12	0.53	0.86	0.70	0.98	1.19	2.49	2.53	0.52	1.54	3.81	6.58	9.66	10.48
30	24	Min	0.09	0.41	0.67	0.54	0.76	0.92	1.95	1.97	0.41	1.20	2.97	5.13	7.54	8.17
30	48	Max	0.08	0.38	0.61	0.50	0.69	0.84	1.76	1.79	0.37	1.13	2.75	4.75	6.92	7.52
30	48	Min	0.06	0.29	0.46	0.38	0.52	0.64	1.34	1.36	0.28	0.85	2.09	3.60	5.27	5.72
30	72	Max	0.07	0.32	0.52	0.42	0.58	0.71	1.50	1.52	0.32	0.98	2.37	4.10	5.95	6.48
30	72	Min	0.05	0.24	0.39	0.31	0.44	0.53	1.12	1.14	0.24	0.73	1.77	3.05	4.45	4.83
100	0.17	Max	0.62	3.44	5.24	4.39	5.69	6.68	13.71	13.81	1.44	5.00	10.03	17.34	28.76	30.58
100	0.17	Min	0.37	2.02	3.05	2.54	3.30	3.88	8.00	8.06	0.85	3.05	5.94	10.30	16.97	18.07
100	0.33	Max	0.69	3.86	5.91	4.94	6.49	7.57	15.44	15.55	1.63	5.65	11.49	20.01	33.21	35.36
100	0.33	Min	0.43	2.36	3.60	3.00	3.93	4.60	9.41	9.47	1.00	3.59	7.08	12.35	20.36	21.74
100	0.5	Max	0.72	4.00	6.28	5.16	6.87	8.07	16.50	16.62	1.76	6.07	12.56	21.81	36.34	38.83
100	0.5	Min	0.45	2.50	3.89	3.19	4.23	4.98	10.20	10.27	1.09	3.89	7.85	13.65	22.60	24.20
100	1	Max	0.73	3.94	6.32	5.17	6.97	8.22	16.85	16.98	1.93	6.72	14.29	24.98	41.74	44.65
100	1	Min	0.46	2.46	3.92	3.21	4.31	5.12	10.51	10.60	1.21	4.35	9.02	15.80	26.23	28.06
100	2	Max	0.65	3.35	5.45	4.44	6.05	7.24	14.92	15.08	2.01	6.73	15.10	26.77	42.87	46.15
100	2	Min	0.41	2.10	3.38	2.74	3.73	4.48	9.24	9.33	1.24	4.32	9.51	16.87	26.73	28.80
100	4	Max	0.52	2.61	4.23	3.44	4.71	5.66	11.78	11.93	1.89	5.94	14.26	25.23	38.46	41.68
100	4	Min	0.32	1.60	2.57	2.09	2.86	3.45	7.16	7.25	1.14	3.70	8.65	15.32	23.26	25.25
100	6	Max	0.39	1.83	2.94	2.40	3.28	3.95	8.31	8.41	1.61	4.80	11.61	20.20	30.23	32.59
100	6	Min	0.19	0.89	1.43	1.16	1.60	1.94	4.09	4.14	0.84	2.45	6.06	10.53	15.54	16.83
100	8	Max	0.33	1.56	2.51	2.05	2.81	3.39	7.13	7.22	1.43	4.25	10.34	17.93	26.62	28.76
100	8	Min	0.16	0.75	1.21	0.98	1.36	1.65	3.48	3.53	0.73	2.11	5.23	9.08	13.36	14.48
100	12	Max	0.27	1.24	1.99	1.63	2.25	2.72	5.72	5.79	1.18	3.52	8.58	14.86	21.87	23.67
100	12	Min	0.13	0.59	0.96	0.78	1.08	1.31	2.77	2.81	0.58	1.71	4.22	7.31	10.74	11.65
100	24	Max	0.18	0.83	1.33	1.09	1.50	1.83	3.85	3.90	0.81	2.47	6.00	10.39	15.14	16.44
100	24	Min	0.09	0.40	0.65	0.53	0.73	0.89	1.89	1.91	0.40	1.19	2.91	5.04	7.37	8.01

Komb. Wiederkehr- periode [a]	Dauern Nieder- schlag [h]	Statistik	Abflussspitzen [m³/s] bei den Bemessungspunkten (BP)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	48	Max	0.12	0.54	0.86	0.70	0.97	1.18	2.49	2.53	0.53	1.63	3.94	6.80	9.89	10.75
100	48	Min	0.06	0.27	0.44	0.35	0.49	0.60	1.27	1.28	0.27	0.82	1.98	3.43	5.00	5.43
100	72	Max	0.10	0.44	0.70	0.57	0.79	0.96	2.03	2.06	0.43	1.33	3.23	5.57	8.09	8.80
100	72	Min	0.05	0.22	0.36	0.29	0.40	0.49	1.04	1.05	0.22	0.68	1.64	2.83	4.11	4.47
300	0.17	Max	0.85	4.76	7.23	6.08	7.88	9.24	18.95	19.08	1.99	6.92	13.85	23.97	39.71	42.22
300	0.17	Min	0.48	2.64	3.98	3.32	4.31	5.05	10.43	10.50	1.10	4.07	7.77	13.48	22.10	23.54
300	0.33	Max	0.93	5.20	7.96	6.63	8.74	10.21	20.83	20.98	2.20	7.59	15.50	26.97	44.75	47.62
300	0.33	Min	0.56	3.07	4.66	3.88	5.08	5.95	12.19	12.27	1.28	4.75	9.21	16.06	26.36	28.14
300	0.5	Max	0.97	5.33	8.39	6.93	9.18	10.79	22.07	22.23	2.36	8.13	16.80	29.16	48.60	51.83
300	0.5	Min	0.59	3.23	5.01	4.12	5.46	6.42	13.16	13.25	1.39	5.13	10.18	17.70	29.17	31.24
300	1	Max	0.98	5.28	8.48	6.90	9.34	11.04	22.63	22.80	2.58	8.96	19.08	33.34	55.57	59.50
300	1	Min	0.59	3.15	5.00	4.11	5.51	6.54	13.43	13.53	1.53	5.69	11.60	20.33	33.62	35.98
300	2	Max	0.87	4.51	7.28	5.93	8.07	9.64	19.89	20.08	2.64	9.07	20.20	35.78	57.05	61.42
300	2	Min	0.52	2.66	4.26	3.47	4.72	5.66	11.68	11.79	1.56	5.60	12.13	21.53	33.96	36.63
300	4	Max	0.68	3.42	5.51	4.49	6.12	7.37	15.33	15.50	2.44	7.91	18.64	32.93	50.02	54.27
300	4	Min	0.41	2.00	3.21	2.61	3.56	4.30	8.95	9.04	1.42	4.75	10.93	19.35	29.27	31.77
300	6	Max	0.49	2.29	3.67	3.01	4.11	4.95	10.41	10.53	2.02	6.21	14.78	25.69	38.26	41.27
300	6	Min	0.24	1.11	1.78	1.45	2.00	2.42	5.10	5.17	1.04	3.15	7.63	13.26	19.52	21.14
300	8	Max	0.42	1.95	3.11	2.55	3.50	4.23	8.90	9.00	1.79	5.47	13.08	22.68	33.50	36.21
300	8	Min	0.21	0.93	1.50	1.22	1.68	2.04	4.31	4.37	0.90	2.69	6.56	11.38	16.69	18.10
300	12	Max	0.33	1.53	2.44	2.00	2.75	3.33	7.03	7.11	1.45	4.45	10.72	18.57	27.18	29.48
300	12	Min	0.16	0.73	1.18	0.96	1.33	1.61	3.41	3.45	0.72	2.15	5.25	9.10	13.30	14.43
300	24	Max	0.22	0.99	1.57	1.29	1.77	2.15	4.55	4.61	0.97	2.96	7.15	12.37	17.99	19.55
300	24	Min	0.11	0.48	0.77	0.62	0.87	1.06	2.23	2.26	0.47	1.43	3.49	6.04	8.80	9.57
300	48	Max	0.14	0.61	0.98	0.80	1.10	1.34	2.84	2.87	0.60	1.86	4.50	7.77	11.27	12.26
300	48	Min	0.07	0.32	0.51	0.41	0.57	0.70	1.47	1.49	0.31	0.96	2.32	4.00	5.82	6.33
300	72	Max	0.11	0.49	0.78	0.64	0.87	1.06	2.25	2.28	0.48	1.48	3.58	6.17	8.95	9.74
300	72	Min	0.06	0.26	0.41	0.34	0.46	0.57	1.20	1.22	0.26	0.79	1.90	3.28	4.77	5.19

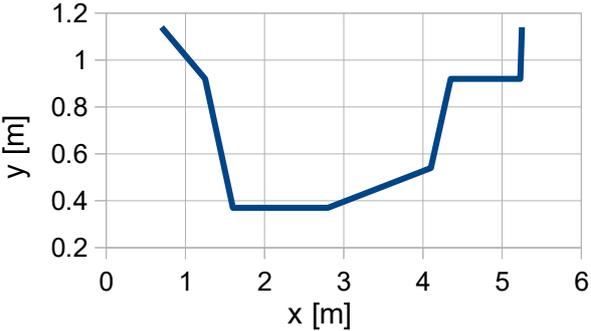
Tab. A7.1: Hochwasser 25. Juli 2021: Hydraulische Rekonstruktion am Dietisbergbach beim Feuerwehrdepot (BP2).

Hochwasser	25. Juli 2021	Abschätzung oberirdischer Abfluss	4.5 – 5.5 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: 3 - 4 m/s)
Bach	Dietisbergbach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	Durchlass oberhalb Schulhaus wahrscheinlich voll verkleust.
Situation/Ort	BP 2	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
			
<p>Der Dietisbergbach fließt über die Schützenmatt (Blick Aufwärts). Quelle: Video StorMe (2023), Fotos von Herrn Knüsel und Herrn Huber.</p>		<p>Annahme: Querprofile vor Ort und Wassertiefe.</p>	
<p>Diese Abschätzung berücksichtigt den Abfluss über die Schützenmatt und ungefähre Abschätzungen des (unbekannten) Abflusses im Schulareal und den Verkleusungsgrad des Durchlasses. Die hydraulische Kapazität des Durchlasses gemäss Gefahrenkarte (GEOTEST, Oeko-B, 2007) beträgt 3.7 m³/s</p>			

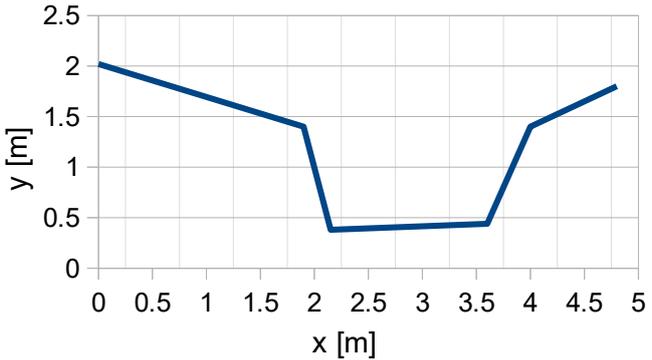
Tab. A7.2: Hochwasser 25. Juli 2021: Hydraulische Rekonstruktion am Dietisbergbach oberhalb Hellmühlestrasse (BP3).

Hochwasser	25. Juli 2021	Abschätzung oberirdischer Abfluss	5.5 – 7.0 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: 2.4 – 3.0 m/s)
Bach	Dietisbergbach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	-
Situation/Ort	BP 3	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
 <p>Der Dietisbergbach beim Hellmühlestrasse. Quelle: Videos und Fotos aus StorMe (2023) und von Herrn Arnold.</p>		 <p>Annahme: Querprofile (Blick aufwärts) vor Ort und Wassertiefe.</p>	
<p>Die Abschätzung wurde am Gerinne und weit genug flussaufwärts von der Durchlässe am Hellmühlestrasse durchgeführt, um eine Auswirkung aufgrund von Rückhaltung/Verklauserung oder Änderung des Abflussregimes zu vermeiden. Es wird davon ausgegangen, dass das stromaufwärts aufgestaute oder über einen anderen Weg fließende Wasser (z. B. auf der Wiese im «Bode») im Vergleich zum Hauptbach vernachlässigbar ist.</p>			

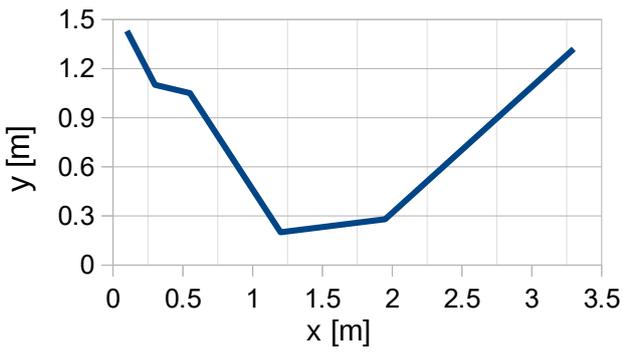
Tab. A7.3: Hochwasser 2. Juli 2020: Hydraulische Rekonstruktion am Dietisbergbach oberhalb Hellmühlestrasse (BP3).

Hochwasser	2. Juli 2020	Abschätzung oberirdischer Abfluss	2.0 – 3.0 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: ca. 2.0 m/s)
Bach	Dietisbergbach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	-
Situation/Ort	BP 3	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
			
<p>Der Dietisbergbach beim Hellmühlestrasse. Quelle: Fotos von Herrn Huber.</p>		<p>Annahme: Querprofile (Blick aufwärts) vor Ort und Wassertiefe.</p>	

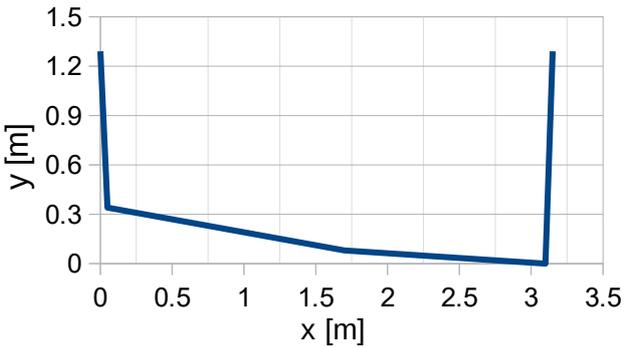
Tab. A7.4: Hochwasser 25. Juli 2021: Hydraulische Rekonstruktion am Laubach (BP7).

Hochwasser	25. Juli 2021	Abschätzung oberirdischer Abfluss	> 13 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: > 2.8 m/s)
Bach	Laubach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	-
Situation/Ort	BP 7	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
			
<p>Der Laubach bei der Liegenschaft Laubach 2. Quelle: Fotos und Videos von Herrn Koller.</p>		<p>Annahme: Querprofile vor Ort und Wassertiefe.</p>	
<p>Die hydraulische Kapazität des Vollgerinnens wurde nur auf 10 m³/s geschätzt, aber Bildmaterial und Gewährspersonen deuten auf grosse überflutete Flächen hin, die den Spitzenabfluss dämpfen. Die hydraulische Kapazität des Gerinnens gemäss Gefahrenkarte (Oeko-B, 2013) beträgt 8.7 m³/s.</p>			

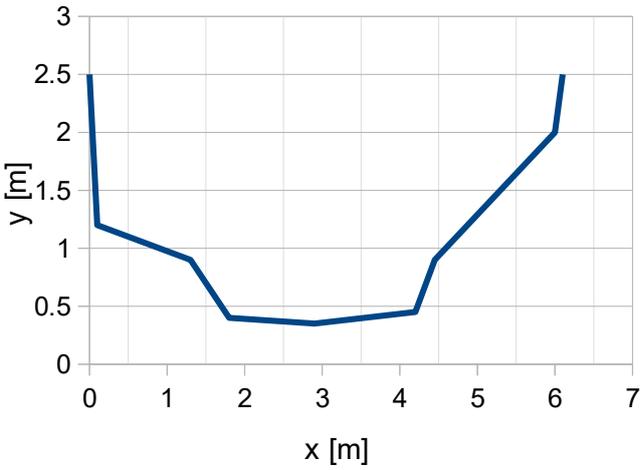
Tab. A7.5: Hochwasser 25. Juli 2021: Hydraulische Rekonstruktion am Erlibach innerhalb des Geländes von Tschümperlin (BP10).

Hochwasser	25. Juli 2021	Abschätzung oberirdischer Abfluss	5 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: ca. 2.3 m/s)
Bach	Erlibach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	-
Situation/Ort	BP 10	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
 <p>Der Erlibach überschwemmt das Gelände von Tschümperlin. Quelle: StorMe (2023).</p>		 <p>Annahme: Querprofile vor Ort und Wassertiefe.</p>	
Dieser Abfluss entspricht der unteren Grenze der Abschätzung am Erlibach.			

Tab. A7.6: Hochwasser 25. Juli 2021: Hydraulische Rekonstruktion am Erlibach (Durchlass Meierkappelstrasse - BP10).

Hochwasser	25. Juli 2021	Abschätzung oberirdischer Abfluss	8 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: ca. 2.1 m/s)
Bach	Erlibach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	-
Situation/Ort	BP 10	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
 <p>Abflusskapazität knapp genügend, oeko-b Beobachtung 28.07.2021</p>		 <p>Annahme: Querprofile vor Ort und Wassertiefe.</p>	
<p>Der Kapazität des Durchlasses war knapp genügend.. Quelle: StorMe (2023).</p>		<p>Dieser Abfluss entspricht der obere Grenze der Abschätzung am Erlibach (Eingaben von Louis Ingenieurgeologie, Bart AG, 2018).</p>	

Tab. A7.7: Hochwasser 2. Juli 2020: Hydraulische Rekonstruktion am Aabach bei Ochseweid (BP13).

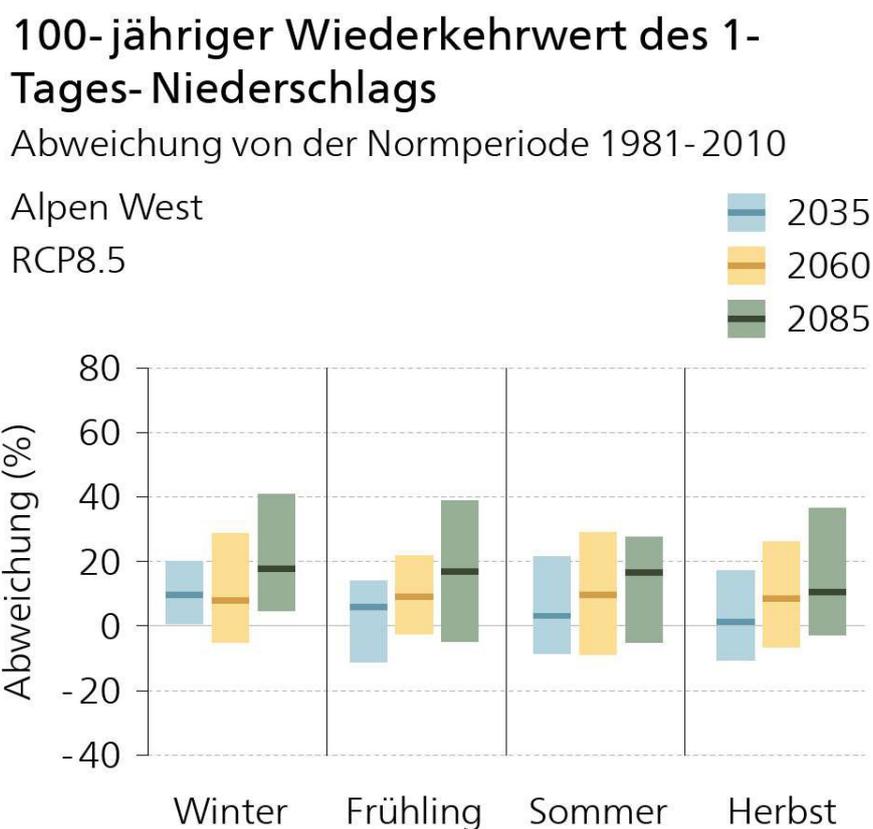
Hochwasser	2. Juli 2020	Abschätzung oberirdischer Abfluss	> 27 m ³ /s (Fließgeschwindigkeit: ca. 2.6 m/s)
Bach	Aabach	Abschätzung unterirdischer Abfluss	-
Situation/Ort	BP 13	Kommentare	Abschätzungen mittels Normalabfluss.
Grundlage			
			
<p>Der Aabach war an der Grenze seiner Kapazität. Quelle: StorMe (2023).</p>		<p>Annahme: Querprofile vor Ort und Wassertiefe.</p>	

Anhang 8: Beschreibung Klima-Szenario RCP8.5

Abbildung 1 zeigt die von Meteoschweiz (2018) gelieferte Ausgabe für die in Kap. 6.4.3 beschriebene Konfiguration. Der Median der erwarteten Abweichung des 100-jährlichen 1-Tages Niederschlags gegenüber der Normperiode 1981 - 2010 beträgt +16.5% (untere Schätzung: -5.1%, obere Schätzung: +27.5%). Für die 50- und 10-jährlichen Wiederkehrperioden beträgt die mediane Abweichung +13.4% bzw. +4.1%.

Die geschätzten Abweichungen sollten im vorliegenden Projekt mit Vorsicht verwendet werden, da sie im Vergleich zu den Grundlagen aus Meteoschweiz (2018) deutliche Unstimmigkeiten aufweisen. Erstens beziehen sich die Niederschlagsmengen für die Szenarien auf unterschiedliche Bezugszeiträume. Für die Szenarien, die auf der Statistik von Küssnacht basieren, ist der Bezugszeitraum 1883 - 2022. Für die Hydromaps-Szenarien gilt die Referenzperiode 1961 - 2020 für Tageswerte und 1981-2020 für Stundenwerte. Ausserdem wurden die Abweichungen von Meteoschweiz (2018) nur für 1-, 3- und 5- Tagesniederschläge angegeben.

Angesichts der Tatsache, dass es kein klares Verfahren gibt, wie die Meteoschweiz (2018) auf bestimmte Gebiete anzuwenden sind, werden diese Mängel vernachlässigt und die in Tab. 1 angegebenen Zuschläge angewendet.



© Klimaszenarien CH2018

Abb. 1: Abweichung des 100-jährlichen 1-Tages Niederschlags gegenüber der Normperiode 1981-2010 (Quelle: Meteoschweiz, 2018).

Tab. 1: Zuschlag oder Minderung (%) auf die Referenzniederschlagsstatistik (Küssnacht 1883-2022) zur Berücksichtigung des RCP8.5-Szenarios. Die roten Werte sind von Meteoschweiz (2018) gegeben, die schwarzen Werte sind interpoliert oder extrapoliert.

Wiederkehr- periode	Dauer				
	10 Min bis 12 h	1 Tag	2 Tage	3 Tage	Ab 5 Tage
2	3.1	3.1	1.5	-0.1	-1.9
2.33	3.1	3.1	1.5	-0.1	-1.9
3	3.1	3.1	1.5	-0.1	-1.9
5	3.1	3.1	1.5	-0.1	-1.9
10	4.1	4.1	3.7	3.3	1.5
20	8.9	8.9	6.65	4.4	2.6
30	11.15	11.15	8.1	5.05	3.6
50	13.4	13.4	9.55	5.7	4.6
100	16.5	16.5	10.8	5.1	6.7
200	16.5	16.5	10.8	5.1	6.7
300	16.5	16.5	10.8	5.1	6.7
500	16.5	16.5	10.8	5.1	6.7
1000	16.5	16.5	10.8	5.1	6.7