

Überprüfung der hydrologischen Grundlagen für die Bachableitung Gütschgebiet (Stadt Luzern)



*Klosterstrasse mit Blick auf Bruchstrasse beim Hochwasser vom 16. Juni 1988
Quelle: unbekannt*

Auftraggeber:
Tiefbauamt der Stadt Luzern

Bericht: 21/279

Reinach, Juni 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Gebietskennwerte.....	2
1.3 Gewährspersonen.....	3
2 Verwendete Daten und Unterlagen	5
3 Erkundung historischer Hochwasser	7
3.1 Einleitung.....	7
3.2 Hinweise aus den schriftlichen Quellen und Befragungen.....	7
3.3 Rekonstruktion des Hochwassers vom 16.6.1988.....	10
3.4 Einschätzung der Jährlichkeiten.....	11
3.5 Schlussfolgerungen aus den historischen Erkundungen.....	13
4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets	14
4.1 Einleitung.....	14
4.2 Tektonik und Geologie.....	14
4.3 Böden.....	15
4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen Flächen.....	16
4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	20
4.6 Abflussreaktionskurven.....	20
5 Abflussberechnungen	22
5.1 Einleitung.....	22
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea ⁺	22
5.3 Verifikation des Modells.....	24
5.4 Niederschlags-Szenarien.....	25
5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung.....	25
5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten.....	25
5.5 Abflussberechnungen.....	27
6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit	28
6.1 Einleitung.....	28
6.2 Gütschbach (Gue-1).....	29
6.3 Hochwasserabflüsse.....	31
6.4 Ganglinienüberlagerung Krienbach / Gütschbäche.....	31
Anhang	33

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Im Westen von Luzerns Innenstadt erhebt sich der Hügelzug Gütsch-Sonnenberg (Abb. 1.1). Verschiedene kleine Bäche entwässern die meist bewaldeten Steilhänge oberhalb der Quartiere Obergrund, Säli-Bruch-Obergütsch. Heute entwässern diese Bäche Richtung Stadt, wo sie dann in Eindolungen geführt werden.

Die Stadt Luzern hat ein Projekt, das vorsieht, die Giglibäche, den Gütschbach und den Gütschgrabenbach in den Bruchmattbach – im Folgenden "Gütschbäche" genannt – zu leiten. Von dort sollen die gesammelten Gewässer über ein Einlaufbauwerk in einen Entlastungsstollen und schliesslich zum Krienbachstollen geleitet werden. Das Projekt ist aufwändig und bedarf u.a. auch noch komplexer hydraulischer Untersuchungen. Diese sollen durchgeführt werden, um die Auslegung dieser Bauwerke allenfalls noch zu optimieren.

Da es wichtig ist, dieses Projekt auf verlässlichen hydrologischen Grundlagen (HQ₃₀, HQ₁₀₀ und HQ₃₀₀) zu basieren, werden die Werte aus den bestehenden Gefahrenkarten überprüft und nötigenfalls angepasst. Wichtig sind sowohl die Prüfung der Abflüsse der einzelnen Bäche, aber auch der künftige Zustand, wenn alle Bäche beim Einlaufwerk zusammengeführt werden.

1.2 Gebietskennwerte

Diese Kennwerte beziehen sich auf die in Abbildung 1.1 aufgeführten Teil-EZG. Die Bemessungspunkte richten sich nach den Einleitstellen für die Ableitung in den Krienbachstollen.

Tab. 1.1: *Gebietskennwerte der untersuchten Gütschbäche in Luzern. Hilfspunkte sind kursiv dargestellt.*

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (unbekannt)	663 m ü. M.
Tiefster Punkt im Einzugsgebiet (Eindolung Bruchmattbach)	480 m ü. M.
EZG oberhalb BP Gg-2: Gütschgrabenbach	0.081 km ²
<i>EZG oberhalb BP Gg-1: Gütschgrabenbach</i>	<i>0.086 km²</i>
EZG oberhalb BP Gue-2: Gütschbach, Berglistrasse	0.362 km ²
<i>EZG oberhalb BP Gue-1: Gütschbach, Klosterstrasse</i>	<i>0.399 km²</i>
EZG oberhalb BP Bm: Bruchmattbach, Steinhofstrasse	0.138 km ²
EZG oberhalb BP Gi-1: Gigelibach (Nord), Steinhofstrasse	0.033 km ²
EZG oberhalb BP Gi-2: Gigelibach (Süd), Steinhofstrasse	0.021 km ²

1.3 Gewährspersonen

Folgende Personen haben uns bei den Untersuchungen mit Informationen zu den historischen Hochwassern unterstützt:

- Xaver Gloggner, Anwohner, Hochbühlstrasse 5a
- David Cathomas, Leiter Unterhalt und Siedlungsentwässerung, Stadt Luzern
- Rolf Stocker, ehem. Wuhmeister, Stadt Luzern
- Josef Metz, Depot Südteil Eichwald, Strasseninspektorat, Tiefbauamt Stadt Luzern

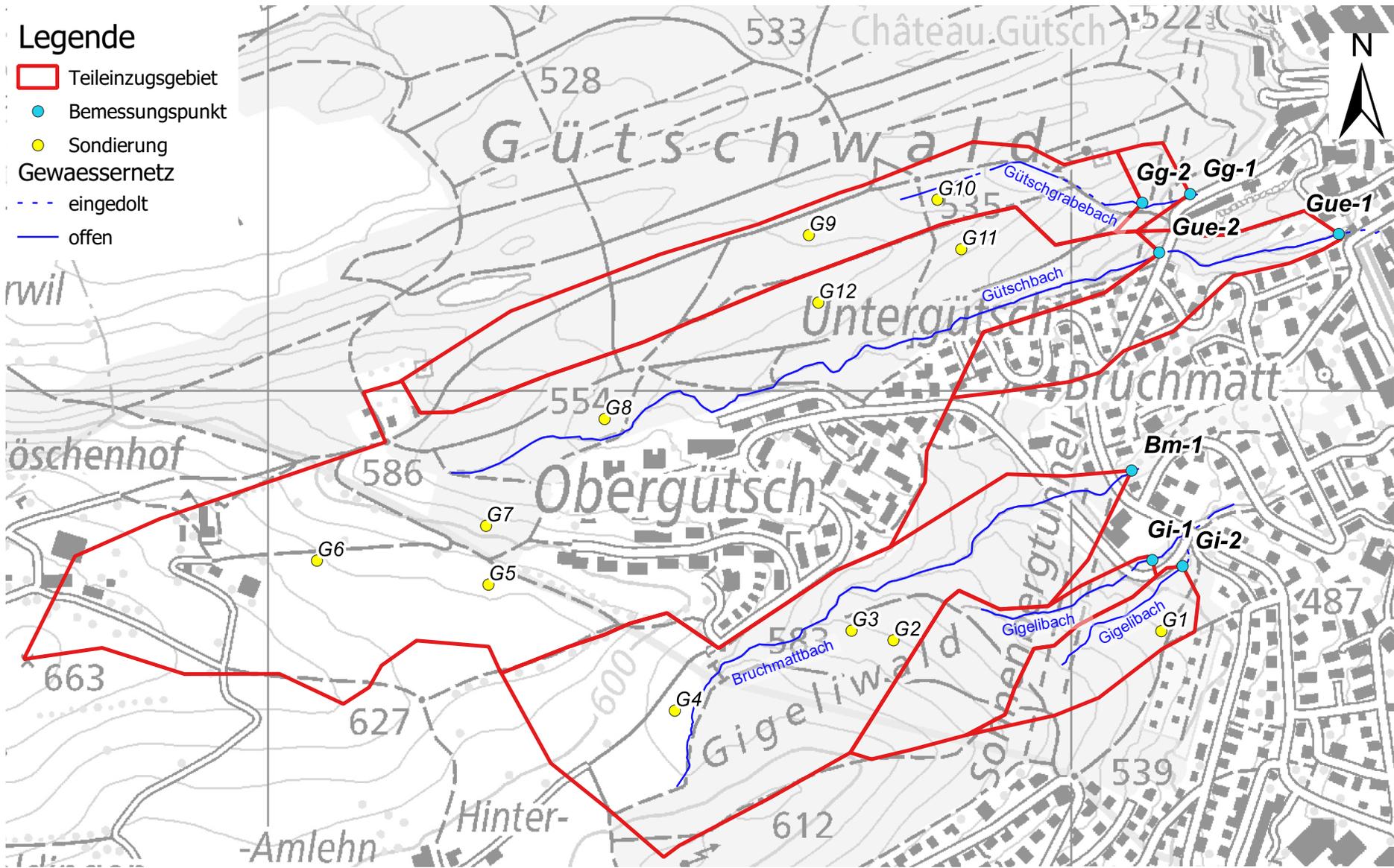


Abb. 1.1: Übersicht des Einzugsgebiets der Gütschbäche und der Teileinzugsgebiete mit den Bemessungspunkten und Sondierungsstandorten.

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Brunner H., Ruef A. (1988): Bodenkarte Luzern, Hrsg. Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz.
- Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau (1988)
- Keller A. (2013): Die Krienbach-Rechnungen von 1624 bis 1794. Hochwasser und Hochwasserschutz am Krienbach und Ränggbach. Masterarbeit. Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte (WSU), Historisches Institut, Universität Bern.
- Kienzler P. & Naef F. (2008): Subsurface storm flow formation at different hillslopes and implications for the 'old water paradox'. *Hydrol. Processes* 22, 104–116 (2008). <http://scherrer-hydrol.ch/expertise/publikationen/kienzler.php>
- Kopp J. (1962): Gologischer Atlas der Schweiz, Blatt Luzern. Erläuterungen.
- Meier J. (1939): Die Unwetter in der Schweiz 1900 – 1950. Kant. Tiefbauamt Luzern.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregeneignisse. Witterungsbericht und Annalen, diverse Jahre.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrugg 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, 11/12, 331-338. <http://scherrer-hydrol.ch/expertise/publikationen/scherrer.php>
- Lanz-Staufner H., Rommel C. (1936): Elementarschäden und Versicherung (Elementarschäden und Versicherung (Elementarschäden von 1841 - 1935)).
- Oeschger-Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern und der Schweizerischen Mobiliar Versicherung (2020): Kollektives Überschwemmungsgedächtnis.
- OLV Luzern (2011): Gütschwald - Gigeliwald. Massstab 1: 10'000, Äquidistanz 5 m.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz, Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 330
- Scherrer S., Naef F. (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten - Praxis-hilfe. Hrsg. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. Berichte des BWG, Serie Wasser – Nr. 4 – Bern 2003. M. Spreafico, R. Weingartner, M. Barben, A. Ryser, S. 25-32. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/hochwasserabschaetzung-schweizerischen-einzugsgebieten.html>
- 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 AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. <http://scherrer-hydrol.ch/expertise/publikationen/scherrer.php>
- Scherrer AG (2015): Hydrologische Grundlagen für den Götzentaltbach in Dierikon (Kt. LU) unter Berücksichtigung des Hochwassers vom 7. Juni 2015. Auftraggeber: Kanton Luzern, Verkehr und Infrastruktur (vif), Abteilung Naturgefahren. Bericht 15 / 202, August 2015.
- StorMe – Naturereigniskataster, Auszug Kanton Luzern
- swisstopo (2021): verschiedene Daten wie geocover, Übersichtspläne, etc.
- Weikinn C. (1958): Quellensammlung zur Hydrographie und Meteorologie Band I, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Institut für physikalische Hydrographie

- WSL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2020): Schadendatenbank der Stadt Luzern (1972–2020).
- Zeitungen, verschiedene

3 Erkundung historischer Hochwasser

3.1 Einleitung

An so kleinen Fliessgewässern, wie den Gütschbächen wird normalerweise kein Abfluss gemessen. Durch die Untersuchung historischer Hochwasser lassen sich aber dennoch Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen zusammentragen. Durch das Zusammentragen von Informationen aus Zeitungen, Archiven und verbürgten Angaben von Gewährsleuten (Anwohner, Feuerwehrleute, Gemeindeangestellte) kann der Beobachtungszeitraum ausgedehnt werden. Dadurch können im Normalfall überlieferte Hochwasser statistisch besser eingeordnet werden.

Alte Landeskarten zeigen, dass wahrscheinlich mit dem Bau der Eisenbahnlinie (1859) die Gütschbäche am Rand der damaligen Stadt umgeleitet resp. eingedolt wurden. Anfänglich wurde der Gütschbach noch am Tunnelportal vorbeigeleitet, seit Mitte der 1950er-Jahren liegt der Einlauf etwas weiter oben oberhalb der Klosterstrasse (Abb. 1.1, BP Gue1).

3.2 Hinweise aus den schriftlichen Quellen und Befragungen

Die **untersuchten schriftlichen Quellen** (Ortschroniken, Zeitungen, Berichte von Versicherungen, Schadendatenbank WSL, etc. siehe Kap. 2) reichen bis 1333 zurück. Schäden von Seiten der Gütschbäche werden erstmals 1589 genannt. Abbildung 3.1 zeigt die erwähnten Hochwasser im Laufe der Zeit. Vor 1800 sind drei Schadenereignisse eindeutig auf die Gütschbäche zurückzuführen. Im 19. Jh. werden drei Hochwasser an den Gütschbächen genannt, nach 1900 weitere acht. Am 16.6.1988 ereignete sich das letzte Schadenhochwasser. Während die Überlieferung der Hochwasser vor 1900 lückenhaft sein dürften, sind die Ereignisse des 20. Jh. gut dokumentiert (siehe Abb. 3.1).

Schadenhochwasser Gibraltar-Bruch

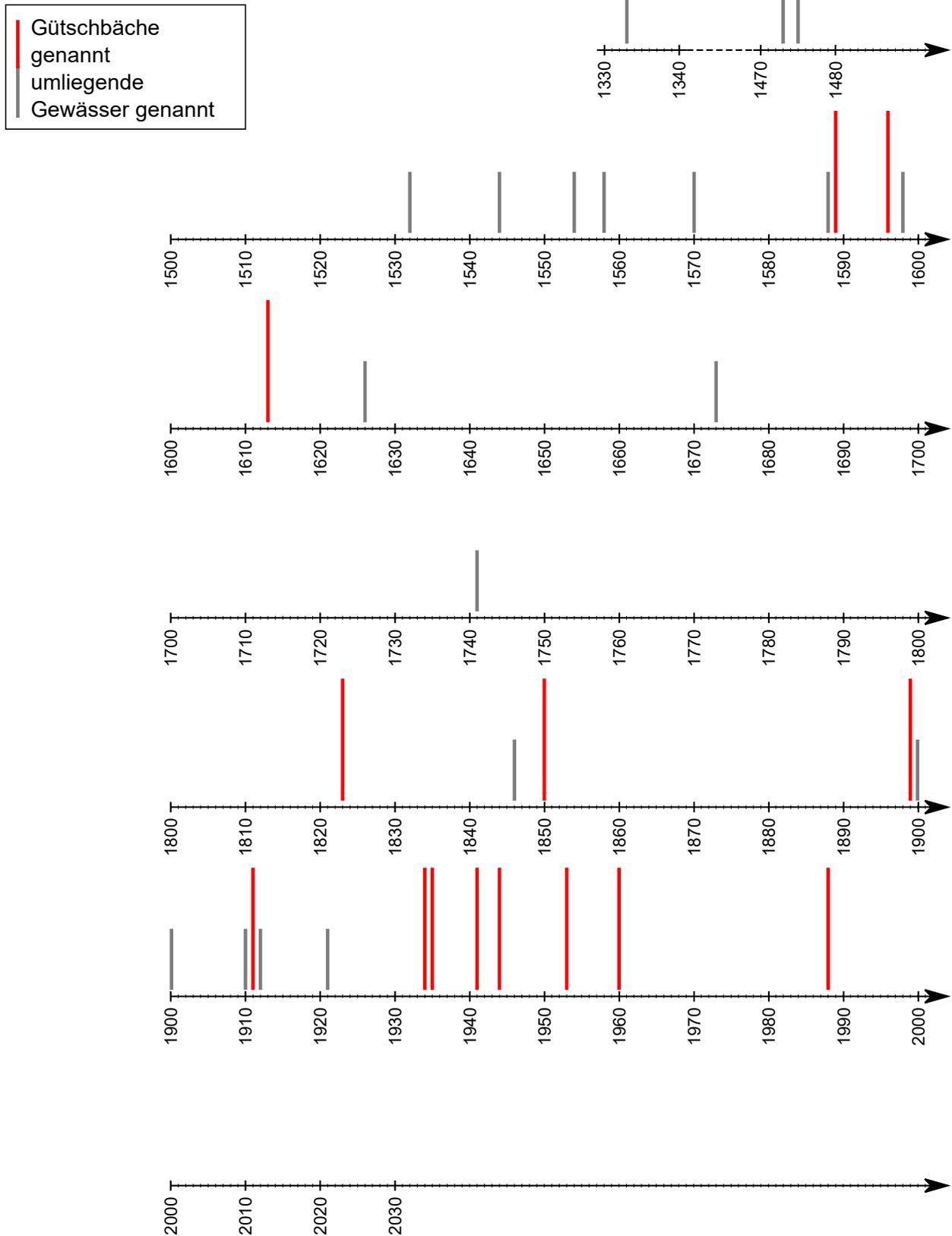


Abb. 3.1: Dokumentierte Schadenhochwasser an den Gütschbächen.

Durch **Befragungen** lassen sich die Hochwasser, ihre Schäden und Grösse üblicherweise gut rekonstruieren.

Es wurden die im Kapitel 1.3 aufgeführten Personen nach Hochwasserereignissen an den Gütschbächen befragt. Ihre Aussagen sind im Anhang 1 zusammengestellt.

Mit Hilfe der Befragungen können 40 Jahre überblickt werden, wobei es in dieser Zeitspanne ein grosses Hochwasser am Gütschbach gab. Der Gütschbach ist nach Aussagen von Herrn Xaver Gloggner (Anwohner) in den vergangenen 40 Jahren nur einmal (16.6.1988, siehe Abb. 3.2 - 3.5) in die Stadt gelaufen.

Über Ausuferungen der Gütschbäche ist gemäss Herrn David Cathomas (Leiter Unterhalt und Siedlungsenwässerung Stadt Luzern) seit 1999 nichts bekannt. Nach seinen Aussagen sind in diesem Gebiet vor allem bachnahe Rutschungen problematisch, die schnell zur vollständigen Verklauung von Einläufen führen können.

Gemäss Herrn Josef Merz (Depot Südteil Eichwald, Strasseninspektorat) kam es nach 1988 noch zwei bis drei weitere Male zu kleineren Austritten bei der Eindolung des Gütschbachs. Der Grund war aber nicht die Kapazität des Einlaufs, sondern dass der Einlauf verstopft war. Beim Ereignis 1988 traten auch andere Gewässer (Gütschgraben, Bruchmattbach und Gigelibäche) nur ein wenig aus, weil die Einsatzkräfte vor Ort das angeschwemmte Material laufend entfernten.

3.3 Rekonstruktion des Hochwassers vom 16.6.1988

Das bedeutendste Hochwasser der letzten 40 Jahre trat bei einem heftigen Gewitter am Nachmittag des 16.6.1988 auf. Aufgrund von Fotos (siehe Abb. 3.2 bis 3.5) und Filmaufnahmen lässt sich die Abflussspitze rekonstruieren.



Abb. 3.2: Klosterstrasse 20a. Garagen direkt unterhalb Einlauf Eindolung Gütschbach beim Ereignis vom 16.6.1988.



Abb. 3.3: Klosterstrasse 20a. Garagen direkt unterhalb Einlauf Eindolung Gütschbach beim Ereignis vom 16.6.1988.



Abb. 3.4: Klosterstrasse 20a. Garagen direkt unterhalb Einlauf Eindolung Gütschbach beim Ereignis vom 16.6.1988.



Abb. 3.5: Klosterstrasse auf Höhe Gibraltarstrasse in Blickrichtung Kreuzung Bruchstrasse (Bus) beim Ereignis vom 16.6.1988.

Auf der Grundlage der Abbildungen 3.1 - 3.5 sowie der Filmaufnahmen des Schweizer Fernsehens (DRS) vor Ort konnte die Abflussspitze abgeschätzt werden. Gemäss Schilderungen war der oberhalb der Garage (Abb. 3.2 - 3.4) liegende Einlauf durch Holz und Geschiebe vollständig verstopft, so dass sämtliches Wasser über die Garagen resp. durch den Treppenaufgang (Abb. 3.4) und weiter über die Klosterstrasse abfloss. Gemäss Aussage von Herrn Metz, der auch die Abflussspitze vor Ort erlebt hat, lief das Wasser hauptsächlich über die Klosterstrasse ab und wenn, dann nur minimal über die angrenzenden Trottoirs. Auf der Klosterstrasse konnte die Abflussspitze daher auf 1.4 - 1.8 m³/s eingegrenzt werden.

3.4 Einschätzung der Jährlichkeiten

Da die Gütschbäche im Siedlungsgebiet eingedolt verlaufen, werden Hochwassersituationen nur dann erkannt und dokumentiert, wenn Ausuferungen und Überschwemmungsereignisse im bewohnten Gebiet stattfinden. Dazu kommt es, wenn die Kapazität der Eindolungen überschritten wird oder deren Einläufe durch Holz und Geschiebe verklausen.

Die Kapazität der Eindolungen wurde gemäss der Leitungskataster-Auszügen abgeschätzt. Es zeigt sich, dass die Eindolungen für die Grösse der Gewässer grosszügig bemessen sind. So beträgt die Kapazität der ersten Haltungsabschnitte des Bruchmattbachs ca. 3 m³/s und der Gigelibäche ca. 8 m³/s, in der Eindolung nach deren Zusammenfluss. Beim Gütschbach ist die Kapazitätsschätzung aufgrund fehlender Gefällsangaben schwierig, dürfte aber, zumindest auf den ersten Haltungsabschnitten im Bereich von 1.5 - 2.5 m³/s liegen. Beim Gütschgraben liegt die Kapazität der Eindolung in die Oberhochbühlstrasse bei rund 600 l/s. Verklausungsfrei vermögen die ersten Abschnitte der Eindolungen demnach auch bei seltenen Ereignissen die Wassermassen abzuführen.

Aufgrund der grossen Kapazitäten ist also eine Einordnung vergangener Hochwasser schwierig. Um die Grösse der dokumentierten Ereignisse dennoch einzuschätzen und daraus eine Einordnung der Jährlichkeiten abzuleiten, sind zusätzliche Informationen erforderlich. Hier werden zusätzlich zu den Schilderungen die auslösenden Niederschläge untersucht (siehe Tab. 3.1).

Sämtliche dokumentierte Schadenereignisse der Gütschbäche traten im Sommerhalbjahr auf und wurden fast ausschliesslich von Gewitterereignisse ausgelöst. Bei den langen Niederschlägen hat nicht einmal der bemerkenswerte Dauerregen von 19. - 22.8.2005 (155 mm) zu Ausuferungen geführt.

Über das Ereignis vom 24.8.1944 wird berichtet (siehe Anhang 1, Freiburger Nachrichten), dass es sich um ein Unwetter "vom Donnerstagabend mit Sturm" handelte, das in Luzern "fürchterlich gehaust" habe. Unter anderem wurden das Gibraltar- und Obergrundquartier "auf das Schwerste mitgenommen... Von den Anhöhen schossen die entfesselten Wasser nieder, rissen die gepflästerten Strassen auf und schwemmen die Pflastersteine zu wirren Haufen zusammen". Die drei darauf folgenden Tage war es trocken. Laut der Schilderungen aus den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (1944) sind von den gemessenen 111 mm 105 mm innert 25 Minuten (Intensität: 252 mm/h) gefallen. Solch hohe Regenintensitäten sind extrem selten. Die extreme Niederschlagsintensität und die beobachteten Schäden lassen vermuten, dass das Hochwasserereignis der Gütschbäche vom 24.8.1944 das grösste der vergangenen 120 Jahre war.

Die Schilderungen des Ereignisses vom 16.6.1988 sind mit denjenigen vom 9.9.1934 vergleichbar: "Das Unwetter vom Sonntag (9.9.1934) hat auch in Luzern und Umgebung an vielen Stellen grossen Schaden verursacht. Besonders von Gütsch her strömte das Wasser in die angrenzenden Strassen, hauptsächlich ins Bruch- und Baselstrasse-Quartier, wo das Wasser und der Schlamm in Häuser und Keller eindrangen." (siehe Anhang 1, Oberländer Tagblatt). Beide Ereignisse wurden durch Gewitter ausgelöst. Die Niederschlagsmenge von 9.9.1934 (71 mm) liegt rund 25% höher als diejenige vom 16.6.1988 (57 mm). Die Niederschlagskarte (siehe Abb. 3.6) zeigt zudem, dass die Niederschlagsmenge 1934 über dem Gütsch eher höher war und möglicherweise gegen 100 mm betragen hat. Damit dürfte das Hochwasser von 1934 das zweitgrösste der vergangenen 120 Jahre gewesen sein.



Abb. 3.6: Niederschlagskarte vom 9. September abends bis 10. September mittags 1934. Quelle Meier J. (1939).

Das Unwetter vom 16.6.1988 dürfte neben der Niederschlagsintensität auch hinsichtlich Abflussspitze an dritter Stelle der vergangenen 120 Jahre stehen, könnte aber auch häufiger sein. Damit ergibt sich eine Wiederkehrperiode von maximal 40 Jahren.

Die weiteren dokumentierten Hochwasser sind ebenfalls auf diese Weise eingeordnet worden.

Tab. 3.1: Qualitative Einschätzung der Ereignisschwere der Unwetter nach 1900 anhand der bekannten Schilderungen und der beobachteten Niederschlagsmengen und -intensitäten. Angaben zu den gemessenen Tagesniederschlägen stammen von der Station Luzern.

Datum	Tages-Niederschlag	Bemerkung (siehe Anhang 1)	Rang (qualitativ)
24.8.1944	111 mm	ein abendliches Gewitter (105 mm in 25 Minuten)	1
9.9.1934	71 mm	Gewitter	2
16.6.1988	57 mm	Heftiges Gewitter mit 34 mm in 30 Minuten	3
30.6.1953	33 mm	heftiges Gewitter nach intensiven Landregen an vorangegangenen Tagen. Ab 17:30 Uhr nach sonnigem Tag, Strassen wurden binnen weniger Minuten zu reissenden Bächen	4
10./11.7.1941	29 / 15 mm	über Tagesgrenze hinweg (von 6:30 – 9:00 Uhr). Total 44 mm. 4/5 in erster Stunde	5
3.7.1935	60 mm	mehrere heftige Gewitter	6
17./18.5.1911	64 mm	Gewitter und intensiver Landregen	7
31.7.1960	36 mm	heftiges Gewitter ab 17:00 Uhr, Sturmschäden genannt, unklar ob Überschwemmungen	8

3.5 Schlussfolgerungen aus den historischen Erkundungen

- Mit den Erkundungen konnten dokumentierte Hochwasserereignisse bis ins Mittelalter zurückverfolgt werden. Ab 1900 dürfte die Dokumentation weitgehend lückenlos sein.
- Eine Einordnung vergangener Hochwasser ist schwierig, da anzunehmen ist, dass viele Hochwasserereignisse, welche nicht zu Überschwemmungen im Siedlungsgebiet führten, unbemerkt blieben.
- Die dokumentierten Hochwasser mit Ausuferungen der Gütschbäche traten ausschliesslich im Sommerhalbjahr auf. Basierend auf den Schilderungen und der Niederschlagsdaten waren es mit grosser Wahrscheinlichkeit vorwiegend heftige Gewitter.
- In der Periode von 1900 - 2020 dürfte der extreme Niederschlag vom 24.8.1944 (105 mm in 25 Minuten; 252 mm/h¹) zum grössten Abfluss an den Gütschbächen geführt haben.
- Die letzte bekannte Ausuferung der Gütschbäche datiert vom 16.6.1988 und dürfte maximal das drittgrösste zwischen 1900 - 2020 gewesen sein. Die rekonstruierte Abflussmenge liegt bei 1.4 - 1.8 m³/s. Die Jährlichkeit dieses Ereignisses dürfte maximal bei 40 Jahren liegen.
- Gemäss den Schilderungen neigen die Tobel der Gütschbäche dazu bei Hochwasser sehr viel Geschiebe und Totholz zu führen, was bei den Eindolungen zu Problemen führt. Es ist anzunehmen, dass die Überflutungen meist auf Verklausungsprobleme zurückzuführen sind.

1 Ein Niederschlag von 105 mm in 25 Min. hat gemäss Niederschlagsstatistik eine Wiederkehrperiode von weit über 100 Jahre.

4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

4.1 Einleitung

Bei einem Starkregen fliesst nur 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 Hochwasserreaktion 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.

4.2 Tektonik und Geologie

Folgende geologische Unterlagen dienen als Grundlage: Geologischer Atlas Blatt Luzern mit Erläuterungen (Kopp, 1962), geocover-Daten von swisstopo (2021).

Tektonik: Abbildung 4.1 zeigt das geologische N-S-Querprofil durch den Sonnenberg. Die kleinen Untersuchungsgebiete liegen in der steil gestellten Subalpinen Molasse des Gütschenbergs / Sonnenbergs eingebettet, die hier aus der Oberen Meeresmolasse (m_1) und der Unteren Süsswassermolasse (O_4) besteht.

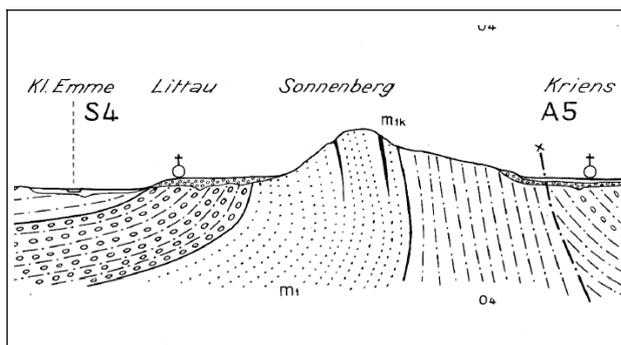


Abb. 4.1: Ausschnitt aus den geologischen Querprofilen vom Geologischen Atlas der Schweiz, Atlasblatt Luzern im Bereich des Sonnenbergs mit Kriens im Süden und der Kleinen Emme im Norden (Kopp, 1962).

Geologie: Die Gütschbäche entwässern den östlichsten Teil des Sonnenbergs. Die Bäche verlaufen oben entlang von langgezogenen Mulden und haben sich im steilen unteren Teil örtlich stark in die Molasse eingetieft.

Die Obere Meeresmolasse (m_1) ist im Bereich des Sonnenbergs aus Sandstein, Mergelzwischenlagen und Kohleflözen (m_{1k}) aufgebaut. Die Untere Süsswassermolasse besteht ebenfalls aus Sandsteinen und Mergeln. Der Gütschbach liegt im Übergang von der Oberen Meeresmolasse

zur Unteren Süsswassermolasse, wo noch Moränenreste zu finden sind. Die übrigen Bäche haben sich in die Untere Süsswassermolasse eingeschnitten. Durch den Schichtverlauf und die glaziale Überprägung sind oben langgezogene Hügel und schmale Tälchen entstanden, wobei die Mulden meist im weicheren mergeligen Gestein liegen. Von den Gletschern abgelagerte Moräne wurde auf den Geländerücken und Mulden vielerorts erodiert.

4.3 Böden

Von den landwirtschaftlich genutzten offenen Flächen gibt die Bodenkarte des Kt. LU im Massstab 1 : 5'000 ein detailliertes Bild der Böden im EZG. Im Wald zeigt die relativ grobe Bodenkarte 1 : 25'000 Blatt Luzern (Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, 1988) mit welchen Böden zu rechnen ist. Um eine bessere Vorstellung über die vorkommenden Böden zu gewinnen, wurden mit einer Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm, Tiefe 1 m) 12 Sondierungen (G1 - G12) abgeteuf. 9 der 12 durchgeführten Sondierungen befinden sich im Wald.

Die Böden sind im Anhang 4.1a-e als Profile dargestellt und beschrieben. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und zu erwartendem Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft (Kap. 4.4).

Im oberen Gebietsteil werden die Böden landwirtschaftlich genutzt. Die Bodenkarte zeigt mittelgründige sandig-lehmige Braunerden. Sie sind teilweise schwach gleyig bis gleyig (Vergleynungsmerkmale) und verglichen mit anderen Standorten weniger durchlässig (vgl. auch Sondierung G6). In der bachnahen Mulde (G4) besteht der Boden (Kultisol) aus einer künstlichen Auffüllung aus standortfremdem, weniger durchlässigem Material. Ebenfalls im oberen Gebietsteil weist der Standort G5 auf einer Geländenase aus Sandstein einen recht flachgründigen Boden von 50 – 60 cm Tiefe auf.

Im Wald wird die Mächtigkeit der Böden vor allem durch die Geländeneigung und Unterlage (Fels oder Moräne) beeinflusst. Die Standorte G2, G8 und G9 liegen auf Moräne und sind tiefgründig, teilweise schwach gleyig. Sondierung G3 (Hanggley) und G10 (Braunerde-Gleye) liegen in einer vernässten Mulde. Auf harten Sandsteinbänken haben sich flachgründige gut durchlässige Böden von < 40 cm (G11) resp. < 70 cm (G12) Mächtigkeit entwickelt. Diese Böden sind meist sandig-lehmig.

Dieses kleine Untersuchungsgebiet zeigt geologisch und topographisch bedingt bezüglich Mächtigkeit und Vernässung der Böden eine grosse Vielfalt. Sowohl die staunassen, vernässten aber auch die flachgründigen Böden haben ein geringes bis mässiges Wasserspeichervermögen. Vernässungen resp. Vergleynungsmerkmale erscheinen in einem Boden, wenn die Durchlässigkeit durch eine stauende Schicht eingeschränkt ist. Sind diese Stauschichten oberflächennah, so nehmen sie nicht nur Einfluss auf die Speicherfähigkeit des Boden, sondern auch auf die Infiltration des Niederschlagwassers.

4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen Flächen

Abflussprozesse

Tabelle 4.1 zeigt die Kriterien zur Klassifizierung der Abflussbereitschaft. Die Beurteilung und Kartierung der Flächen stützt sich im wesentlichen auf die Bodenkarte, die geologische Karte, Orientierungslaufkarten 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 z.B. über Hangschutt vor. Abfluss im Boden 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 sandigem Lockermaterial (z.B. Moräne) oder bei sehr durchlässigem Fels (z.B. Sandsteine der Oberen Meeresmolasse) versickert ein Grossteil des Niederschlags in den tieferen Untergrund, ohne wesentlich zum Hochwasserabfluss beizutragen. Die Voraussetzungen für diesen Prozess wurde im EZG nicht angetroffen.

Abflusstypen

Gemäss den in Tabelle 4.1 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 QArea⁺. Abbildung 4.2 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. Die Flächen des Abflusstyps 1 (Feucht- und Nassflächen und stark vernässte Böden an Hanglagen) sind im Gebiet keine vorhanden. Die Flächen des Abflusstyps 2 (10.4%) sind bachnahe Flächen oder Flächen mit einem geringen Sättigungsdefizit. Dem Abflusstyp 3 (35.8%) gehören beispielsweise Flächen mit Infiltrationshemmnissen oder Steilflächen im Freiland und in Wäldern an. Dem Abflusstyp 4 gehören durchlässige und speicherfähige Böden an, diese machen 33.8% des EZG aus. Flächen des Abflusstyps 5 (bachferne durchlässige Böden mit speicherfähiger Geologie: Moräne, Schotter, etc.) liegen hier keine vor.

Im ganzen Untersuchungsgebiet gehören 66.2% den sehr rasch bis leicht verzögert reagierenden Abflusstypen 1 – 3, resp. Siedlungsabflusstypen 1 – 3 (siehe Tab. 4.2) an. Aufgrund dieser Ver-

teilung kann die Abflussbereitschaft der Gütschbäche als stark beurteilt werden.

Die einzelnen Bäche reagieren wesentlich stärker als das Untersuchungsgebiet (siehe Kuchen-
diagramme Abb. 4.2): Am stärksten reagiert der relativ kleine Giggelibach (TEG 6) ganz im
Südosten des Untersuchungsgebiets mit einem Flächenanteil der sehr rasch bis leicht verzögert
reagierenden Abflusstypen 1 – 3, resp. Siedlungsabflusstypen 1 – 3 von 91%. TEG 2 und 7 sind
zwar noch stärker (99% resp. 100%), aber nur die jeweils untersten und kleinsten Teile des
Gütschgrabens (TEG 1 + 2) resp. Gütschbachs (TEG 3 + 7) im Norden. Insgesamt reagiert der
Gütschgraben eher mässig (36%). Dort gibt es auch keinen durchgehenden Bachlauf, was ein
Hinweis auf die moderate Abflussbildung ist. Der Bruchmattbach (TEG 4) hat mit 72% eine
starke Abflussbereitschaft wie auch auch der Gütschbach (TEG 3), der zudem einen grossen
Siedlungsanteil aufweist (67%). Bis zur Klosterstrass (inkl. TEG 7) erhöht sich der Flächenanteil
der sehr rasch bis leicht verzögert reagierenden Abflusstypen 1 – 3, resp. Siedlungsabflusstypen
1 – 3 des Gütschbachs auf 69.7%.

Legende

Einzugsgebiet

☐ Teileinzugsgebiete

Abflusstypen

- Abflusstyp 1: rasch und stark beitragend (0%)
- Abflusstyp 2: leicht verzögert beitragend (10.4%)
- Abflusstyp 3: verzögert beitragend (35.8%)
- Abflusstyp 4: stark verzögert beitragend (33.8%)
- Abflusstyp 5: sehr stark verzögert beitragend (0%)
- Siedlungstyp S1: rasch und stark beitragend (0.8%)
- Siedlungstyp S2: leicht verzögert beitragend (17.9%)
- Siedlungstyp S3: verzögert beitragend (1.3%)

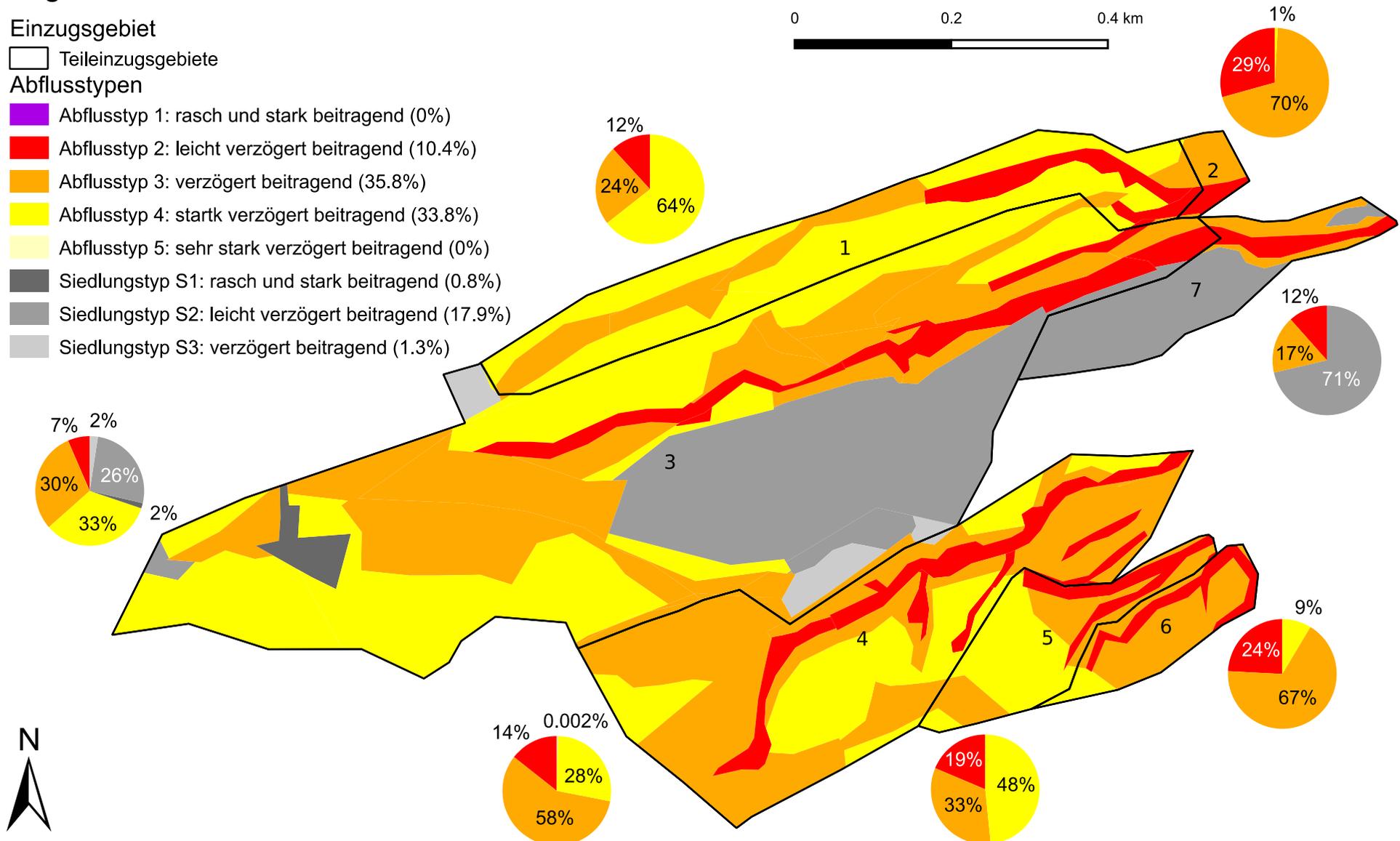


Abb. 4.2: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im EZG der Gütschbäche.

Tab. 4.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen der natürlichen Flächen im EZG des Untersuchungsgebiets der Gütschbäche.

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	0.0	0
		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	0.070	10.4
		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	0.242	35.8
		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	0.229	33.8
		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	0.0	0.0
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen, gerinnefern		
Total				0.541	80.0

4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die Siedlungsflächen wurden gesondert kartiert. Die Beurteilung basiert auf den Erfahrungen der Glatzstudie (Naef et al., 2004). Wichtige Kriterien waren dabei die Bebauungsdichte und die Geländeneigung. Die Siedlungsflächen machen beachtliche 20% des Untersuchungsgebiets aus.

Tab. 4.2: 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	0.006	0.8
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.121	17.9
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.009	1.3
Total			0.136	20.0

4.6 Abflussreaktionskurven

Abbildung 4.3 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 3 (35.8% des Untersuchungsgebiet) fliessen bei 100 mm Niederschlag etwas über 30% ab.

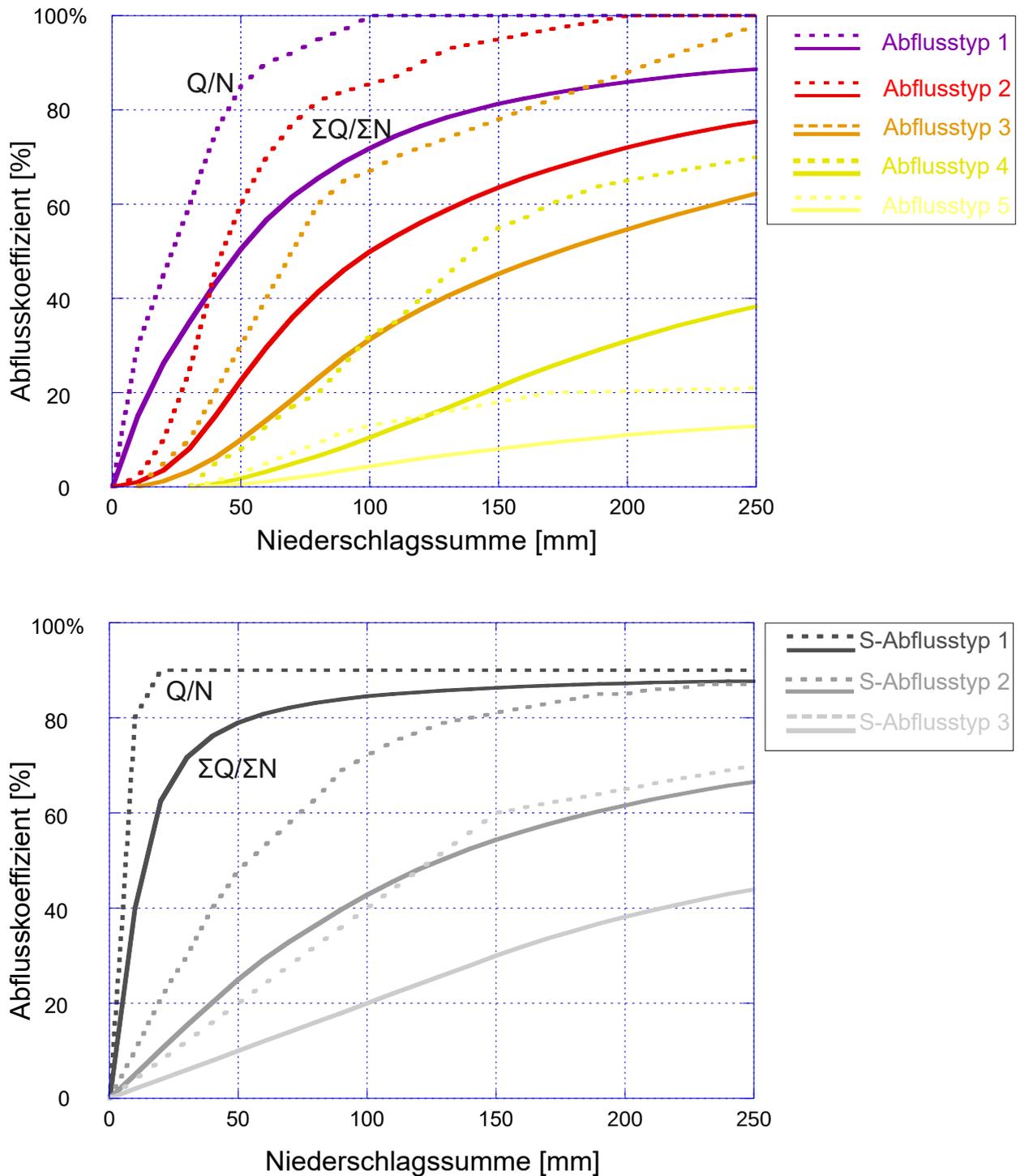


Abb. 4.3: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (oben) und für Siedlungsflächen (unten). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , gestrichelt) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie).

5 Abflussberechnungen

5.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) QArea⁺ wurde am Institut für Hydro-mechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt und wurde in Scherrer & Naef (2003) beschrieben. 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.

5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea⁺

Die Abbildung 5.1 zeigt die Grundlagen des NAM QArea⁺. Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für die Gütschbäche erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells QArea⁺:

- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1d).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 5.1c).
- **Niederschläge**: Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann ein Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon. Aufgrund der geringen Einzugsgebietsgrösse der Gütschbäche wird angenommen, dass Gewitterniederschläge das gesamte Einzugsgebiet betreffen können.

Ein Schema des eingesetzten Modells ist in Anhang 5 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.

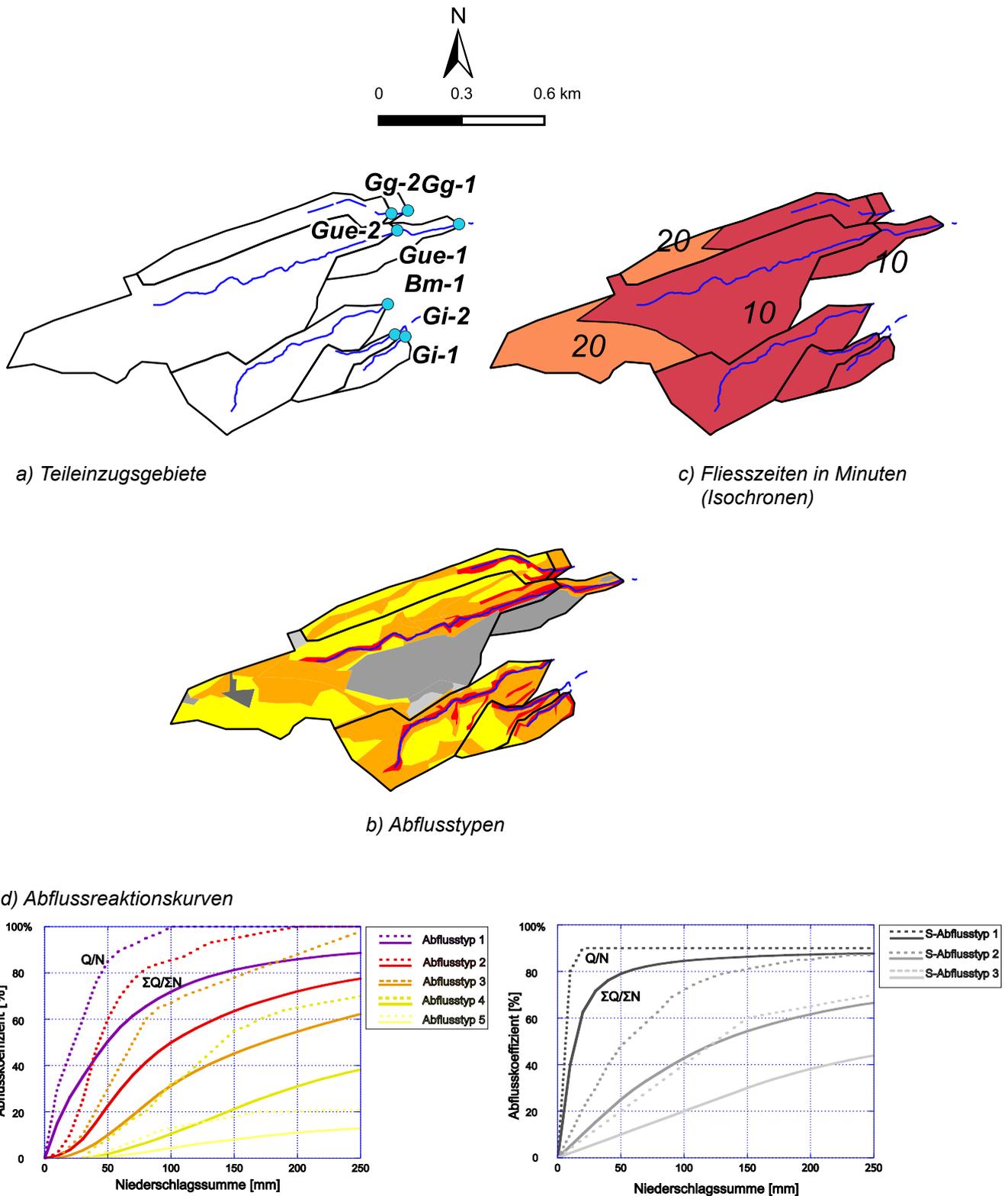


Abb. 5.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QArea
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
d) die Abflussreaktionskurven

5.3 Verifikation des Modells

Für die Modelleichung wurde das Hochwasser vom 16. Juni 1988 nachgerechnet. Bei diesem Hochwasserereignis war folgende Voraussetzung für eine Modelleichung gegeben:

- Es konnte die zeitliche Niederschlagsverteilung der nahegelegenen, zeitlich hoch aufgelöst messenden Station Luzern (LUZ) für den Niederschlagsinput verwendet werden.
- Das Ereignis ist ausreichend dokumentiert, um die Berechnungen anhand der Rekonstruktion der beobachteten Abflussspitzen verifizieren zu können.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 5.2 dargestellt. Die berechnete Abflussspitze liegt innerhalb der Bandbreite des rekonstruierten Abflusses.

Insgesamt ergibt das Modell plausible Ergebnisse und kann für die Abflussberechnungen anhand der Niederschlagsszenarien (Kap. 5.5) eingesetzt werden.

Modelleichung am Ereignis 16. Juni 1988

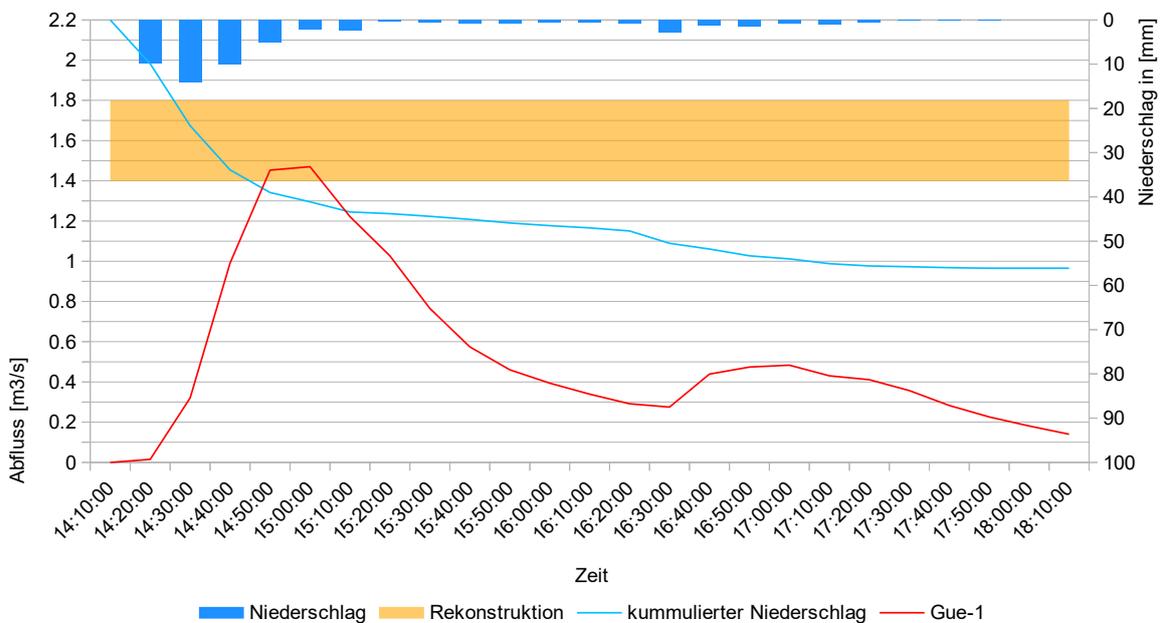


Abb. 5.2: Vergleich Modellrechnung am BP Gue-1, Gütschbach Klosterstrasse (rote Linie) mit dem rekonstruierten Abfluss (oranges Band). Niederschlag blau.

5.4 Niederschlags-Szenarien

5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Sowohl für kurze Starkniederschläge, als auch für langandauernde Niederschlagsereignisse (> 6 h Dauer) wurde angenommen, dass das nur rund 0.7 km² grosse EZG gleichmässig überregnet wird.

5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Südöstlich des EZG der Gütschbäche liegt die Regenmessstation Luzern der MeteoSchweiz. Von den Regenmessstationen, die über eine statistische Auswertung verfügen, liegt Luzern dem EZG der Gütschbäche am nächsten (Zeller et al. 1978). In der Niederschlagsstatistik von Zeller et al. (1978) wurden die Jahre 1881 – 1977 ausgewertet. Seit den 1990er-Jahren gab es eine Häufung von extremen Starkregen, welche in dieser Statistik nicht berücksichtigt sind. Daher wurden die Daten aus Jahrbüchern und digitalen Daten der MeteoSchweiz (Messreihe von 1881 – 2010) zusammengetragen und statistisch analog zu Zeller et al. (1978) ausgewertet². Für den Götzentalbach (Scherrer AG, 2015) wurden zusätzlich die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Station Luzern der Jahre 1981 bis 2014 ausgewertet (Anhang 6).

Folgende Ergänzungen zur Auswertung der hochaufgelösten Messreihe von Luzern sind zu berücksichtigen:

- Zeller et al. (1978) haben die Pluviographenstreifen von 1959 bis 1977 ausgewertet. Ergänzt wurden die Daten mit der Reihe von 1981 bis 2014, so dass eine 53 jährliche Messreihe vorliegt (10 Min., 20 Min., 1 h und 4 h).
- Geiger et al. (1944) erwähnen folgende Extremwerte ausserhalb dieser Periode:
 - 57 mm in 45 Min. am 4.6.1875 und
 - 100 bis 105 mm in 25 Minuten am 24.8.1944.
- Arnet (1881) ergänzt folgende Details: „1875, 4. Juni, Nachmittags Gewitter mit Hagel in $\frac{3}{4}$ Stunden Niederschlag 57 mm.“
- Zeller et al. (1978): „Am 24. August 1944 wurde in 25 Minuten eine Rekordmenge von 100 mm gemessen, die einem über 10000jährigen Ereignis entspricht. (Laut Angaben der MZA vorwiegend Hagel).“
- Die Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1944, einundachtzigster Jahrgang (1945) erwähnen das Ereignis wie folgt: „Sehr bemerkenswert ist ein intensiver lokaler Starkregen, der am 24. August in Luzern niederging. Hier sind nach Feststellungen der Armeewetterwarte zwischen 20:55 h und 21:20 h mindestens 105 mm (total 111 mm) gefallen. Von Luzern aus erstreckt sich noch ein Niederschlagsgebiet mit mehr als 30 mm in Gestalt eines Streifens von 10 bis 20 km Breite westsüdwestwärts dem Voralpenrand entlang, bezeichnet durch die Stationen: Entlebuch (57 mm), Marbach (57), Beatenberg (40) bis Zweisimmen (82). Es handelt sich um die Niederschläge von Gewittern, die durch eine leichte westostwärts wandernde Störungslinie ausgelöst wurden. Hier liegt vermutlich ein ähnlicher Fall vor, wie bei dem denkwürdigen Starkregen im Rigigebiet am 9. September 1934.“

2 Die neuen statistischen Werte der Station Luzern sind gegenüber Zeller et al. (1978) für den 100-jährlichen 1-Tageswert ca. 5 % höher.

Nach Anhang 3 waren seit 1880 nur die Tagesniederschläge vom 6.6.2002 (112 mm), vom 24.8.1944 (111 mm) und vom 7.8.1978 (107 mm) grösser als 100 mm. Nach Arnet (1881) war der grösste Tagesniederschlag zwischen 1861 und 1880 92 mm. Demzufolge ist sicher, dass der 25 Minuten Niederschlag vom 24.8.1944 mit 100 bis 105 mm sicher der grösste seit 1861, d.h. der vergangenen 153 Jahre ist. Zu bemerken bleibt ferner, dass es sich hiermit um den grössten in der Nordschweiz gemessenen Niederschlag dieser Dauer handelt, in Morges wurde ein ähnlich grosser 30 Min. Niederschlag von 110 mm gemessen (Geiger et al., 1991).

Aufgrund der 1875 und 1944 beobachteten Gewitterniederschläge wurden die mit der neuen Statistik (Anhang 3) ermittelten Niederschläge von 0.5 bis 4 h um den Faktor 1.2, 1.3 und 1.4 erhöht (Tab. 5.1).

Tabelle 5.1 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 12 h-, 24 h- und 48 h-Niederschläge wurde eine gleichmässige zeitliche Verteilung (Blockregen) verwendet.

Tab. 5.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Station Luzern, Tageswerte 1881 – 2014, nicht erhöhte Werte).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.5h30j_dreieck	1/2	30	Dreieck	37.6	113
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	48.5	85
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	56	53
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	62	29.9
6h30j_block	6	30	Blockregen	71	11.9
8h30j_block	8	30	Blockregen	78	9.8
12h30j_block	12	30	Blockregen	90	7.5
24h30j_block	24	30	Blockregen	102	4.3
48h30j_block	48	30	Blockregen	119	2.5
0.5h100j_dreieck	1/2	100	Dreieck	44.1	132
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	58	101
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	67	63
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	73	35.6
6h100j_block	6	100	Blockregen	85	14.2
8h100j_block	8	100	Blockregen	94	11.7
12h100j_block	12	100	Blockregen	106	8.9
24h100j_block	24	100	Blockregen	120	5.0
48h100j_block	48	100	Blockregen	138	2.9
0.5h300j_dreieck	1/2	300	Dreieck	50	150
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	66	116
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	78	73
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	84	40.7
6h300j_block	6	300	Blockregen	97	16.2
8h300j_block	8	300	Blockregen	106	13.3
12h300j_block	12	300	Blockregen	121	10.1
24h300j_block	24	300	Blockregen	135	5.6
48h300j_block	48	300	Blockregen	156	3.2

5.5 Abflussberechnungen

Die Resultate der Modellberechnungen basierend auf den verschiedenen Niederschlagszenarien sind in Tabelle 5.2 dargestellt. Massgebend für die Hochwasserspitzen sind Gewitterereignisse mit einer Dauer von 1 h.

Tab. 5.2: Die Resultate der Ist-Zustands-Berechnungen mit dem NAM Qarea*. Fett eingetragen sind die maximalen Werte für die untersuchten Wiederkehrperioden.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Dauer des Nieder- schlags [h]	Niederschlag- szenario	Abflussspitzen bei den Berechnungspunkten				
			Gg-2 [m³/s]	Gue-2 [m³/s]	Bm-1 [m³/s]	Gi-1 [m³/s]	Gi-2 [m³/s]
30	1/2	Gewitter	0.136	1.175	0.358	0.076	0.070
	1	Gewitter	0.187	1.439	0.485	0.102	0.093
	2	Gewitter	0.161	1.169	0.404	0.085	0.077
	4	Gewitter	0.117	0.816	0.285	0.06	0.054
	6	Blockregen	0.085	0.560	0.205	0.043	0.038
	8	Blockregen	0.080	0.520	0.192	0.040	0.035
	12	Blockregen	0.074	0.464	0.171	0.036	0.031
	24	Blockregen	0.051	0.307	0.110	0.024	0.019
	48	Blockregen	0.035	0.198	0.072	0.016	0.012
100	1/2	Gewitter	0.265	1.976	0.678	0.143	0.129
	1	Gewitter	0.354	2.405	0.891	0.186	0.167
	2	Gewitter	0.313	2.024	0.765	0.159	0.141
	4	Gewitter	0.211	1.354	0.512	0.106	0.094
	6	Blockregen	0.122	0.769	0.293	0.061	0.053
	8	Blockregen	0.115	0.703	0.264	0.056	0.047
	12	Blockregen	0.101	0.598	0.219	0.047	0.038
	24	Blockregen	0.065	0.376	0.136	0.030	0.023
	48	Blockregen	0.045	0.242	0.088	0.020	0.015
300	1/2	Gewitter	0.444	2.990	1.105	0.231	0.206
	1	Gewitter	0.564	3.587	1.388	0.288	0.254
	2	Gewitter	0.499	3.033	1.189	0.247	0.216
	4	Gewitter	0.328	1.995	0.773	0.161	0.140
	6	Blockregen	0.160	0.960	0.366	0.077	0.065
	8	Blockregen	0.145	0.854	0.320	0.068	0.056
	12	Blockregen	0.125	0.715	0.264	0.057	0.046
	24	Blockregen	0.079	0.441	0.160	0.036	0.027
	48	Blockregen	0.052	0.275	0.101	0.023	0.017

6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

6.1 Einleitung

Um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen, wurden im Sinne einer Synthese die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und die Resultate der Modellrechnungen am Gütschbach (Gue-1) 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 aus den historischen Abflüssen:

- Mit den Erkundungen konnten dokumentierte Hochwasserereignisse bis ins Mittelalter zurückverfolgt werden. Ab 1900 dürfte die Dokumentation weitgehend lückenlos sein.
- Eine Einordnung vergangener Hochwasser ist schwierig, da anzunehmen ist, dass viele Hochwasserereignisse, welche nicht zu Überschwemmungen im Siedlungsgebiet führten, unbemerkt blieben.
- Die dokumentierten Hochwasser mit Ausuferungen der Gütschbäche traten ausschliesslich im Sommerhalbjahr auf. Basierend auf den Schilderungen und der Niederschlagsdaten waren es mit grosser Wahrscheinlichkeit vorwiegend heftige Gewitter.
- In der Periode von 1900 - 2020 dürfte der extreme Niederschlag vom 24.8.1944 (105 mm in 25 Minuten; 252 mm/h³) zum grössten Abfluss an den Gütschbächen geführt haben.
- Die letzte bekannte Ausuferung der Gütschbäche datiert vom 16.6.1988 und dürfte maximal das drittgrösste zwischen 1900 - 2020 gewesen sein. Die rekonstruierte Abflussmenge liegt bei 1.4 - 1.8 m³/s. Die Jährlichkeit dieses Ereignisses dürfte maximal bei 40 Jahren liegen.
- Gemäss den Schilderungen neigen die Tobel der Gütschbäche dazu bei Hochwasser sehr viel Geschiebe und Totholz zu führen, was bei den Eindolungen zu Problemen führt. Es ist anzunehmen, dass die Überflutungen meist auf Verklausungsprobleme zurückzuführen sind.

Erkenntnisse aus der Untersuchung der Abflussreaktionen:

- Im ganzen Untersuchungsgebiet gehören 66.2% den sehr rasch bis leicht verzögert reagierenden Abflusstypen 1 - 3, resp. Siedlungsabflusstypen 1 - 3 (siehe Tab. 4.2) an.
- Aufgrund dieser Verteilung kann die Abflussbereitschaft der Gütschbäche als stark beurteilt werden.

3 Ein Niederschlag von 105 mm in 25 Min. hat gemäss Niederschlagsstatistik eine Wiederkehrperiode von weit über 100 Jahre.

6.2 Gütschbach (Gue-1)

Das Frequenzdiagramm (Abb. 6.1) zeigt einerseits die eine Abschätzung der hydraulischen Kapazität der Eindolung Gütschbach im obersten Bereich der Klosterstrasse (graues Band). Andererseits ist das rekonstruierte Ereignis vom 16. Juni 1988 als blaues Rechteck dargestellt. Bei diesem Ereignis handelt es sich vermutlich um das maximal drittgrösste der vergangenen 120 Jahren. Die Jährlichkeit des Ereignisses liegt demnach zwischen 30 und 40 Jahren.

Die Berechnungen mit den Modellregen erweitern die Erkenntnisse aus den Beobachtungen und sind in Abbildung 6.1 als violette Balken dargestellt. Sie ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser.

Die violetten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ_{100} liegt beim BP Gue-1 demnach im Bereich von 2.3 - 2.8 m^3/s . Bei der Gefahrenkarte (GK) wird ein Bereich für die Jährlichkeit anstelle eines Bereichs für den Abfluss bei definierte Jährlichkeit angegeben (grüne Balken). Für das HQ_{100} liegt der zu erwartende Abfluss gemäss GK zwischen 2 und 4 m^3/s .

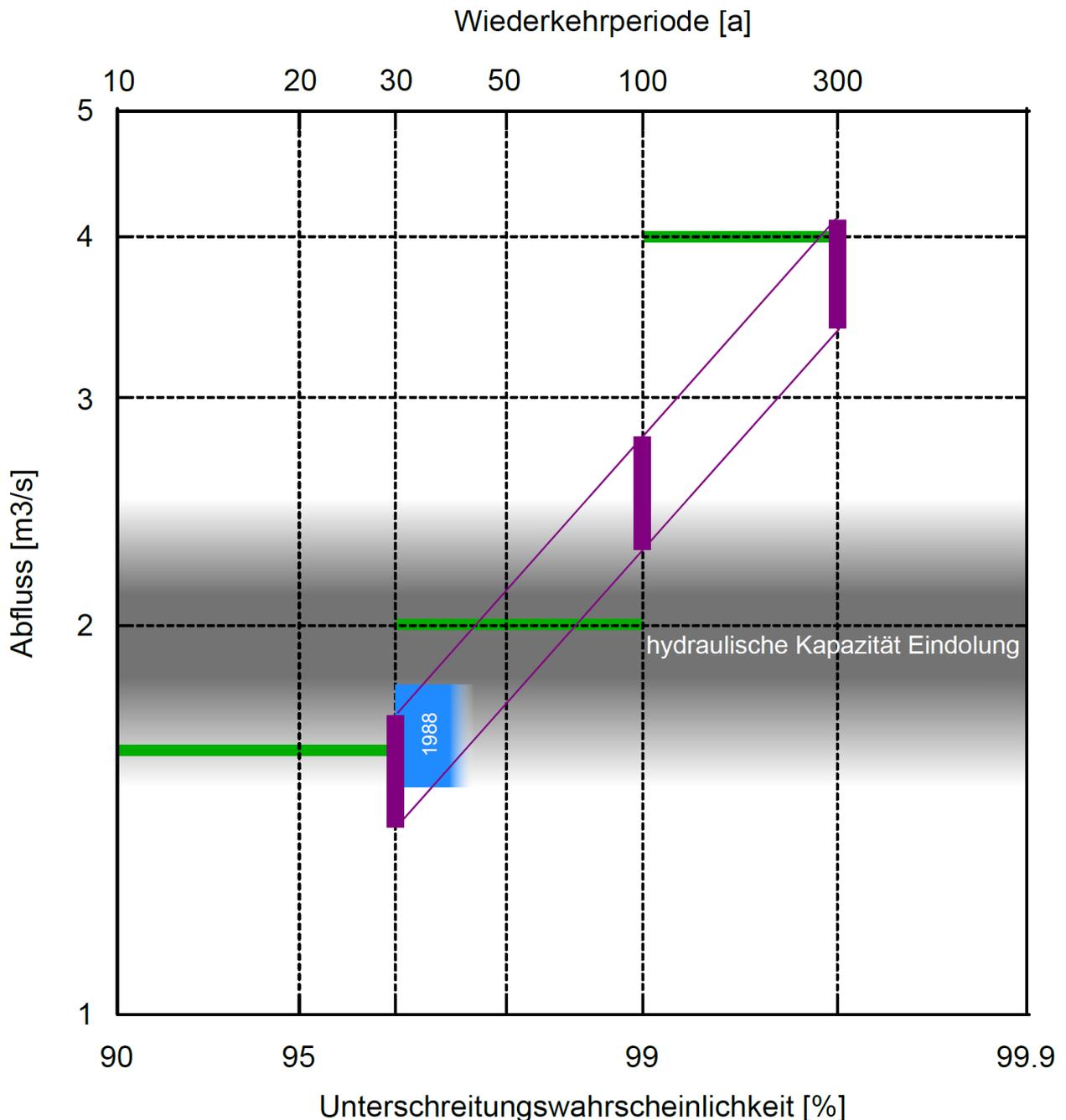


Abb. 6.1: Frequenzdiagramm des Gütschbachs am BP Gue-1. Neben der Abflusskapazität der Eindolung (graues Band) sind die Resultate der Berechnungen mit den Modellregen (violette Balken) dargestellt. Die violetten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse. Das rekonstruierte Ereignis vom 16.6.1988 ist als blaues Rechteck dargestellt. Die in der Gefahrenkarte definierten Abflusswerte sind als grüne Balken dargestellt.

6.3 Hochwasserabflüsse

Unter Berücksichtigung der Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die übrigen Berechnungspunkte festgelegt werden (Tabelle 6.1).

Während sich die 30-jährlichen Hochwasserabflüsse auch auf die Beobachtung historischer Hochwasser stützen, basiert die Festlegung der 100- und 300-jährlichen Hochwasserabflüsse auf den Jährlichkeiten der Niederschläge. Diese sind gut abgestützt, weil die Statistik auf einem Beobachtungshorizont von rund 135 Jahren basiert. Die Berechnung der 300-jährlichen Ereignisse stützt sich auf der Extrapolation der Niederschlagsstatistik ab und ist mit grösserer Unsicherheit behaftet.

Tab. 6.1: Die an den Gütschbächen ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit (gerundet).

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
Gg-2	Gütschgrabenbach (0.081 km ²)	0.1 – 0.2	0.3 – 0.4	0.4 – 0.6
Gue-2	Gütschbach, Berglistrasse (0.362 km ²)	1.0 – 1.5	2.0 – 2.5	3.0 – 3.6
Bm-1	Bruchmattbach, Steinhofstrasse (0.138 km ²)	0.4 – 0.5	0.7 – 0.9	1.0 – 1.5
Gi-1	Gigelibach (Nord), Steinhofstrasse (0.033 km ²)	0.08 – 0.10	0.1 – 0.2	0.2 – 0.3
Gi-2	Gigelibach (Süd), Steinhofstrasse (0.021 km ²)	0.07 – 0.09	0.1 – 0.2	0.2 – 0.3
Total	Gütschbäche, Vereinigungsbauwerk Krienbachstollen (0.824 km ²)	2.0 – 2.5	3.0 – 4.0	5.0 – 6.0

Im Vergleich zur Gefahrenkarte weisen die spezifischen Abflüsse für das 100-jährliche Ereignis z.T. deutliche Abweichungen auf. Generell liegen die in dieser Arbeit hergeleiteten spezifischen Abflüsse tiefer, als diejenigen der Gefahrenkarte. Da aber auch die Einzugsgebietsabgrenzung Differenzen aufweist, d. h. die hier abgegrenzten Einzugsgebiete grösser sind, können die Spitzenabflusswerte beim Gütschgraben- und Gütschbach bestätigt werden. Beim Bruchmattbach und dem Gigelibach liegen sie tiefer als in der Gefahrenkarte angegeben.

6.4 Ganglinienüberlagerung Krienbach / Gütschbäche

Die Gütschbäche sollen gemäss Projekt Hochwasserschutz Gütschbäche gesammelt in den Umlegungsstollen des Krienbachs abgeleitet werden. Um die Mehrbelastung des Krienbachstollens durch die Gütschbäche und deren Auswirkung auf die Kapazität abzuschätzen, werden die Ganglinien des vorliegenden Projekts mit denjenigen aus dem Projekt 15-206 "Hydrologische Grundlagen für die Überprüfung des Hochwasserschutzes und die Erneuerung der Gefahrenkarte am Krienbach in Kriens (Kt. LU)" überlagert. Im angegebenen Projekt wird die Ganglinie des Bemessungspunkts 39 verwendet. Die Distanz zwischen dem BP 39 und der geplanten Einleitstelle der Gütschbäche beträgt rund 2.4 km. Gemäss Planunterlagen ergeben die Berechnungen Fliessgeschwindigkeiten im Krienbachstollen zu 7 – 8 m/s. Die Fliesszeit des Krienbachs beträgt demnach nur rund 5 – 6 Minuten vom BP39 bis zum Vereinigungsbauwerk.

Es zeigt sich (siehe Abb. 6.2), dass die Abflussspitze der Gütschbäche rund 10 Minuten vor

derjenigen des Krienbachs am Ort des Zusammenflusses eintrifft. Aufgrund der relativ kurzen zeitlichen Verschiebung zwischen den beiden Spitzen, wäre eine Überlagerung der Abflussspitzen in Folge eines ungünstigen Niederschlagsverlaufs durchaus denkbar. In diesem Fall sind die in Tabelle 6.1 aufgeführten Werte zur Abflussspitze des Krienbachs zu addieren. Dadurch erhöht sich die Abflussspitze des Krienbachs im Falle des 100- und 300-jährlichen Ereignisses um rund 8%.

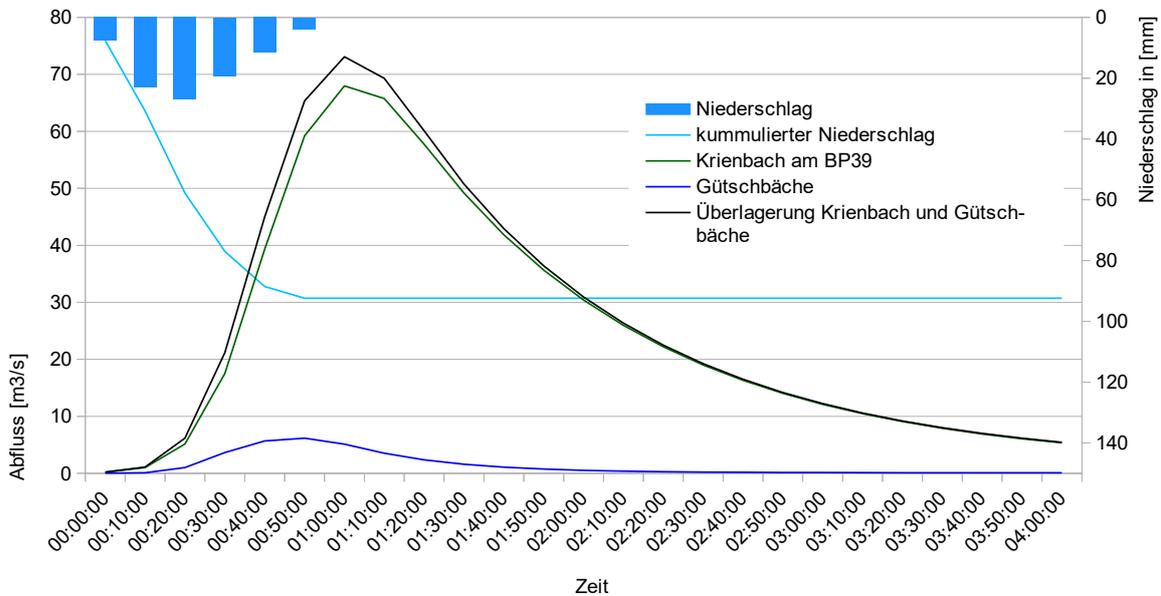


Abb. 6.2: Ganglinie summierte Gütschbäche (orange Linie), Krienbach am BP 39 (violette Linie) und überlagerte Ganglinie Krienbach und Gütschbäche (grüne Linie) am Beispiel des 300-jährlichen 1h-Gewitterregens. Situation mit 10-minütiger Verschiebung der Abflussspitzen. In blau ist der Niederschlag dargestellt.

Scherrer AG

Hydrologie und Hochwasser:

Raphael Brügger

Dr. Simon Scherrer

Reinach, 29. Juni 2021

Sachbearbeiter:

Raphael Brügger, Dipl. Umwelting. ETH Zürich

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Anhang

- Anhang 1 Historische Hochwasser
- Anhang 2 Räumliche Niederschlagsverteilung
- Anhang 3 Niederschlagstatistik Luzern (1880 – 2014)
- Anhang 4.1 Bodenprofile
- Anhang 5 Modellaufbau

Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
1333, 24.6.	Gewitter	In Luzern ereignete sich eine kleine Sintflut infolge eines plötzlichen Wolkenbruchs, der sich unverhofft um das Fest des Johannes des Täufers um die Abendstunde ereignete. Was sich gegen den kleineren Teil der Stadt Luzern in so grosser Überschwemmung und Heftigkeit ergoss und das ganze Tal von Kriens anfüllte, . . ., denn die Verwüstung und das Niederreißen trieb zu seinem sehr schnellen Laufe an und aussergewöhnlicher Zerstörung. Denn es führte die Erde fort und liess Sand allein zurück ... Die Abzugsgräben und Dörfer der Stadt füllte sie mit Wasser und Sand an, führte auch Schuppen und Scheunen mit sich, ... und mannigfaltige Bedarfsgegenstände der Menschen führte sie sehr ungestüm mit sich fort und schwemmte sie in den Fluss Reuss, der durch die Stadt Luzern fliesst.	Weikinn (1958)
1473, 23.6.		Item vff sant Johans abent jm Summer jm 1473 jar kam der gross bach, den man nempt den Krienbach von pilatus berg herab, vnd truog spicher, Kind vnd bruggen vnd anders enweg, vnd wand man, die statt wolt vndergan vnd beschach der sechsten stund nach mit-tag.	Weikinn (1958)
1475, 17.6.	Gewitter	SCHALLER-DONAUER (1937; WSL (1968-89); Ein furchtbares Unwetter zog vom Pilatus über Luzern gegen Einsiedeln und Zürich. Ursache: «...ein noch nie erlebtes, ungestümes Wetter mit Donner, Blitz und unerhörtem Regen...». Unter anderem brach der Renggbach aus und verwüstete Kriens und Luzern. Viele Leute ertranken.	Röthlisberger (1991)
1532, 27.7.	Gewitter	Eodem anno uff sant Martha, was der 27. tag julii, am nachmittag ein wetter mit hagel, doch nit gar vil, und kam ein wasser entweris [= in die Quere] dahar gegen schulthess Hugen gut bi Kriens, über den berg harin, ganz ungestüm, das in Kriensbach sich zutrug mit grossem schaden der garten und güter den obern grund ab;...	Weikinn (1958)
1544, 6.6.		Am frytag in pffingsten hat der Kriempach zu Lucern gross schaden tan.	Weikinn (1958)
1554, 20.7.	Gewitter	In Folge vielen Regens und eines Wolkenbruchs trat der Krienbach aus. Starker Schaden.	Weikinn (1958)
1558, Sommer		Bei einer Krienbach-Überschwemmung floss das Wasser zum Kriensertor hinein bis zum Choraltar der Barfüsserkirchen.	Weikinn (1958)
1570, 28.8.	Gewitter	Grosse Krienbach-Überschwemmung infolge eines Wolkenbruchs. Das Wasser fliesst durch das Kriensertor und in der Barfüsserkirche bis zum Hochaltar.	Weikinn (1958)
1588		Das Wasser fliesst durch das Kriensertor in die Barfüsserkirche.	Weikinn (1958)
1589	Gewitter	Auch hier bei uns in der Stadt von dem Gütsch ein Wolkenbruch und grosse Wassergüsse, so über die Bruchbrücke in der Mindern Stadt zur Porten hineingelassen, ausserhalb aber alle Güter und Gärten überschwemmt und merklichen Schaden taten, wie auch durch die ganze Eidgenossenschaft hinweg.	Weikinn (1958)
1589, 15.7.		Unwetter. Grosse Bäche kommen ab den nächsten Bücheln und vereinigten sich mit den andern Gewässern zu einer Überschwemmung der Stadt.	Weikinn (1958)
1596, Ende Juni	Gewitter	Ein paar Tage nach 24. Juni abends ergoss sich ein Wolkenbruch über den Gütsch bei Luzern, das Wasser lief durch das Bruchtor in die Stadt und hauste arg.	Weikinn (1958)
1596, 28.9.	Gewitter	Infolge Wolkenbruchs und Hagelwetters arge Überschwemmung des Krienbachs. Der Krienbach fliesst durch das Kriensertor in die Barfüsserkirche bis zum Hochaltar.	Weikinn (1958)
1598, 16.7.	Gewitter	Abends wieder ein ähnliches Gewitter [wie am 14. Juli] mit Blitzschlägen, Platzregen, Wind und in Massen kleine Hagelkörner. Dabei auch bedeutende Überschwemmungen, nicht allein um die Stadt (Überschwemmung des Krienbaches), sondern auch bis über Malters hinaus.	Weikinn (1958)
1613, 27.7.	Gewitter	Es kamen grausame Wassergewitter und Güssinen und Wolkenbrüche ab dem Gütsch herab, welche abermal bei der Mindern Stadt die Gewässer in die Häuser und Keller getrieben; aber noch viel mehr in den Höhen und Wildinen.	Weikinn (1958)
1626, Frühjahr		BRÜGGER (1882); CULMANN (1864); SCHALLER-DONAUER (1937); SONKLAR (1883); WSL (1968-89) Wasserschäden in der Inner-schweiz, in Rhätien und im Wallis nach einsetzender Schneeschmelze und «tiefem Schnee». Lawinen und Gewässer richteten grosse Schäden an. Unter anderem brach der Renggbach aus, «...und zu Luzern ging das Wasser bis in die Barfüsserkirche ...». Erster be-	Röthlisberger (1991)

Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
		kannter Ausbruch des Mattmarksees mit verheerenden Überschwemmungen. Weitere Regionen und Schadenorte unbekannt.	
1673, Sommer		BRÜGGER (1882); BUCK (1921); SCHALLER-DONAUER (1937); SCHEUCHZER (1716/18); SONKLAR (1883); WSL (1968-89) Überschwemmungen in der Innerschweiz und im Bergell wegen anhaltendem Regenwetter. Schäden notierte man im Schächental, in Kriens und in Luzern (Renggbach). Durch Schlammströme wurden in Casaccia (GR) die meisten Häuser bis an die Dächer angefüllt. Weitere Regionen und Schadenorte unbekannt.	Röthlisberger (1991)
1741, Sommer	Gewitter	BRÜGGER (1882); HEER (1846); SCHALLER-DONAUER (1937); WSL (1968-89) Heisser Sommer mit «Ungewittern und vielen grossen Wassern». In der Innerschweiz ereigneten sich viele Überschwemmungen, Erdbrüche und Schlipfe. Unter anderem wurde die Klein-Stadt in Luzern durch den unteren Krienbach überflutet. In Obwalden verheerte die Giswiler Laui die Region, «...die letzten Bewohner mussten flüchten ... Hab und Gut ist zugrunde gegangen ... sie verarmten und viele verliessen die Heimat für immer...». Weitere Regionen und Schadenorte unbekannt.	Röthlisberger (1991)
1823, 7.7.	Gewitter	Ein durch einen langen und intensiven Platzregen verursachtes Hochwasser am 7. Juli 1823 führte zwar zu Schäden im Bach, der Damm blieb jedoch ganz. Auch der Krienbach und der Gütschbach stiegen an diesem Tag rasch an. Der Krienbach verursachte grosse Schäden im Krienser Boden. Beim alten Spital in Luzern betrug die Wasserhöhe mehr als einen Schuh und das Wasser verteilte sich vom Franziskanerplatz aus sowohl in Richtung des Wirtshauses Wilden Mann, als auch auf den Vorplatz der Jesuitenkirche. Stirnimann erwähnt für dieses Ereignis auch einen Rapport des Feuerwehrkommandanten. Darin sei zu lesen, dass die Brücken im Obergrund weggeschafft wurden, weil sie bei Hochwasser leicht beschädigt werden und sich allenfalls auch Holz in den Brückenpfeilern verkeilen könnte. Dies weist darauf hin, dass man sich bei starkem und plötzlichem Regen durchaus der Gefahr einer drohenden Überschwemmung bewusst war und sich darauf vorbereitete, indem man Massnahmen einleitete.	Keller (2013)
1846, 23.-31.8.	Gewitter	BUCK (1921); DURRER (1885); HÄRRY (1911); LANZ-STAUFFER und ROMMEL (1936); LEGLER (1855); NAEF (1867); PUENZIEUX (1902); WSL (1968-89); Abb. 48. Überschwemmungen in der ganzen Nordschweiz verursacht durch Wolkenbrüche und gewaltige Regengüsse. - Luzern: Überschwemmungen durch die Reuss, Emme und andere Bäche. Schwerpunkte waren das Entlebuch und die Regionen Willisau, Malters, Luzern, Hochdorf und Sursee.	Röthlisberger (1991)
1850, 23.8.	Gewitter	Von da wälzte sich der furchtbare Sturm über den Kanton Bern, jedoch nicht Schaden bringend, gegen Luzern. In der Richtung von Westen nach Osten zog er vom Sonnenberg her über Luzern, Meggen, Küssnacht, Immensee und weiter. Ueberall, wo das Unwetter durchkam, hat es die Zerstörung der Wiesen und Felder vollendet; was im Kanton Luzern bisher noch verschont geblieben, wurde in einem Augenblicke vernichtet. Mehr als die Schlössen, welche in nie gesehener Masse niederfielen, wirkte der Orkan, der das Unwetter brachte. In dem Gewölke, das wirbelnd und brausend durcheinander fuhr, spiegelten sich ausserordentlicherweise fast alle Farben. In der Stadt wüthete die Zerstörung namentlich auf den Dächern; die Ziegel flogen wie Schwalbenschwärme herab. Es klirrten Fenster und Läden und auf einmal stürzte der Hagel haufenweise wie ein Schutt von einem Berge auf Häuser und Gassen, so zwar, dass Haufen Hagelsteine wie nach einem Tag dichten Schneefalls in den Gassen lagen. Der Regen drang in Strömen in die Häuser, so dass viele Gemächer Schuh hoch mit Wasser angefüllt waren. Auf der Muttergotteskapelle zu Barfüssern brach der Glockenthurm zusammen und bei der Langensäge an der Strasse nach Kriens erlag ein Gebäude der Gewalt des Windes, wobei ein Arbeiter das Leben verlor und zwei andere stark beschädigt wurden. Der Obergrund ist seines schönen Schmuckes beraubt, indem über 60 der kräftigsten Linden enturzelt am Boden liegen. Ein an Ketten befestigtes Dampfschiff wurde losgerissen und weit den See hinauf getrieben. Ungeheuer ist der Schaden in den Obstgärten; weniger haben die Waldungen gelitten. Indessen sind auf dem Gütsch bei 6000 Tannen hingestreckt und auf dem Landgut des Hrn. Mahler liegen in Wiese und Wald Baum an Baum. In der Hirschenmatte, auf dem Eichhof und in der Spitalmatte — kurz, überall zeigt sich der Gräuel der Verwüstung in bedauernswerther Weise. Aber noch ärger, als in den Obstgärten von Luzern, Gerlischwyl und Emmen hat der Sturm in Meggen gehaust.	Neue Zuger Zeitung
1899, 13.7.	Gewitter	Donnerstag abends von ½ 7 Uhr an entlud sich über die Stadt und Umgebung ein Gewitter von solcher Heftigkeit, wie man es seit mehr als 20 Jahren nicht mehr erlebt. Blitz auf Blitz, Krach auf Krach und ein Platzregen, der die kleinsten Bächlein zu Strömen gestaltete.	Zuger Nachrichten, 18.7.1899

Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
		Vom Gütsch her gegen das Bruchkloster, von der Klostergasse gegen die Rütligasse bis zur alten Post war alles ein Bach, der den Magazinen, Kellern, Boutiquen, überhaupt allen Parterrelokalitäten grosse Massen Schlamm und Wasser zuführte. Nicht besser sah es im Hirschengraben und an der Baselstrasse aus. Gegenüber dem „Lädeli“ ging von halber Höhe des Gütsch ein Erdrutsch los, der ein Metzgereigebäude mit Wursterei zertrümmerte. Gegen halb 9 Uhr wurde für das Militär Generalmarsch geschlagen und auch die Feuerwehr alarmiert; denn von Kriens her wurde telephoniert, dass Kriens und die Anstösser an den Krienbach in grösster Gefahr seien. Die Krienserbahn musste ihre Fahrten einstellen und auch die Brünigbahn musste längere Zeit auf ihre Einfahrt in den Bahnhof warten. Am Freitag sah es in den meisten Strassen aus wie im Winter, wenn die Schneemassen zusammengeschaufelt werden, nur sind es diesmal Schlammmassen.	
1900, 6.6.	Gewitter	Grosses Hochwasser über die Gegend von Rothenburg, Kriens, Luzern, Zell-Grossdietwil, Schwyz und noch über vielen anderen Gebieten der Schweiz. Luzern 70 mm Niederschlag und Hochwasser. Grosser Sturm- und Hagelschaden od. Hochwasser. u. Blitzschaden	TBA LU, J. Meier
1910, 18.-20.1	Landregen	Ueberschwemmungen in vielen Gegenden des Kantons Luzern. 3-tägiger Landregen von 100 - 200 mm.	TBA LU, J. Meier
1910, 6.9.		Grosses Hochwasser in den Gegenden von Kriens, Root, Horw, Aesch (Luz.), Neudorf-Münster, Sihlbrugg, Baar, Unt.Aegeri, Hünenberg, Erdrutsch in Luzern (Baselstr.) u. Küssnacht-Immensee.	TBA LU, J. Meier
1911, 17./18.5.	Gewitter und intensiver Landregen	Grosses Hochwasser Rothenburg-Flecken (Gerbebach) und Luzern (Gütsch , Untergrund). Max.-Zone des Niederschlags wahrscheinlich 100 - 150 mm, Luzern 64 mm (Station Musegg)	TBA LU, J. Meier
1912, 23./24.6.	Gewitter	Grosses Hochwasser zw. Kriens und Luzern (Krienbach), Eigenthal 93 und 33 mm, Luzern 64 und 27 mm	TBA LU, J. Meier
1921, 15.5.	Gewitter	Gewaltiges Hochwasser im nördlichen und nordöstlichen Pilatusgebiet. Rümli, Renggbach, Steinibach und Hinterbach; bei Ziegelfabrik und Bahnhof Horw ein See. Eigenthal (Buchsteg) 109 mm	TBA LU, J. Meier
1934, 9./10.9.	Gewitter	... Der Renggbach führte ungeheure Wassermengen und ohne das grosse Verbauungswerk hätte dieses reiseige Hochwasser für Kriens und Luzern von katastrophalen Folgen sein müssen, wie dies in früheren Jahrhunderten wiederholt der Fall war. Im Kriensertal und Luzern kam es zu lokalen Hochwasserschäden.	TBA LU, J. Meier
1934, 9.9.	Gewitter	Das Unwetter vom Sonntag hat auch in Luzern und Umgebung an vielen Stellen grossen Schaden verursacht. Besonders von Gütsch her strömte das Wasser in die angrenzenden Strassen, hauptsächlich ins Bruch- und Baselstrasse-Quartier, wo das Wasser und der Schlamm in Häuser und Keller eindrangen. Die Feuerwehr musste aufgeboten werden und bis nach Greppen hinaus Hilfe leisten. Auch in Hergiswald bei Kriens und in der Gemeinde Kriens selber traten Erdrutsche und Wasserverheerungen auf. Es entstanden auch hier grosse Schäden.	Oberländer Tagblatt, 11.9.1934
		Das Unwetter vom Sonntag hat in Luzern und Umgebung an vielen Stellen grossen Schaden verursacht. Besonders von Gütsch her strömte das Wasser in die angrenzenden Strassen, hauptsächlich am Bruch- und Baselstrassequartier, wo das Wasser und der Schlamm in Häuser und Keller eindrang. Die Feuerwehr musste aufgeboten werden und bis nach Greppen hinaus Hilfe leisten.	Walliser Bote, 15.9.1934
1935, 3.7.	Gewitter	Die Schneeschmelze hat ein starkes Steigen des Vierwaldstättersees bewirkt, wozu am Dienstag nachmittag noch mehrere heftige Gewitter mit Sturzregen kamen, die vielerorts Verwüstungen anrichteten. In der Stadt Luzern sind die Wasser des Sees an mehreren Stellen über die Ufermauern getreten, sodass am Schweizerhof- und Spittelerquai Notstege errichtet werden mussten. Auch die Stadthof-, die Hof- und die Haldenstrasse wurden teilweise überschwemmt. Vielerorts fanden die Wassermassen, die von den Anhöhen, im besondern vom Gütsch , herniederflossen, keinen genügenden Abfluss und drangen in die Keller ein. An der Sagenmattstrasse wurden tiefe Gräben aufgerissen und Steine und Erde fortgetragen. Am Dienstag wurde in Luzern eine Regenmenge von 60 Millimeter gemessen. Auch die Wasser der Reuss haben an einigen Orten die Uferlinie erreicht. In der Pilatusgegend brachten die Bäche viel Geschiebe mit sich, und die Geleise der Brünigbahn wurden auf eine Strecke von mehreren Metern unter Wasser gesetzt. In Stansstad reicht das Wasser des Sees bis zum Bahnhof und zur Dorfkirche. In der Gaststube eines Restaurants erreicht das Wasser die Höhe von einigen	Neue Zürcher Nachrichten, 4.7.1935

Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
		Zentimetern. Auch der Maschinenraum einer Sägerei in der Nähe des Dorfes wurde überschwemmt, sodass der 'Betrieb eingestellt werden musste. Das Drachenried gleicht stellenweise einem See. — Auch auf der andern Seite des Sees, bei Seeburg, Meggen und rund um den Küssnachersee sind weite Ufergelände unter Wasser.	
1941, 11.7.	Gewitter	Ueber Luzern ging ein ungewöhnlich heftiges Dauergewitter mit wolkenbruchartigem Regen und über 100 starken elekt. Entladungen nieder. (Grösste Intensität von 6½ - ca. 9 h). Ueberschwemmungen in der Baselstrasse, Vonmattstrasse u.s.w., namentlich durch die Bäche vom Gütschwald herab. Auch an andern Strasse der Stadt kam es zu Ueberschwemmungen und setzte Keller & Lokale unter Wasser. Niederschlagsmenge beim Reg.-Geb. 51 mm, Met. Stat. 44 mm wovon ca. 4/5 des Betrages während der ersten Stunde fielen.	TBA LU, Joh. Meier
		Heute morgen um 6.30 Uhr brach das Gewitter, das im Voralpengebiet schon einige Zeit vorher mit Blitz und Donner wirkte, auch über der Stadt Luzern los. In den Strassen begann unter den Frühaufstehern sofort ein wildes Rennen. Soweit Schirme vorhanden waren, wurden sie geöffnet und unter ihrem Schutz suchte ein jeder so rasch und trocken wie möglich seine Arbeitsstätte zu erreichen. Die Heftigkeit, mit der der Regen niederprasselte, entsprach durchaus der im Laufe der letzten Woche aufgestauten Hitze. Die Baselstrasse beim "Tagblatt"-Gebäude war innerhalb von fünf Minuten wieder einmal in jenen See verwandelt, der vom Tram, den wenigen Autos und besonders von den Velofahrern so "gerne" durchfahren wird! Das Gewitter gab sich damit aber nicht zufrieden, sondern hielt den Luftraum noch weitere Stunden lang in dröhnender Bewegung. Mit einigen Stunden solidem Regen wäre dem Lande besser gedient. Aber nachher sollte es dann wieder schön werden, zum Sommer gehört die Wärme. Aber alles zu seiner Zeit, auch die Julihitze! Das dachte man heute morgen, als kein Dachkennel die Sturzregengüsse mehr schlucken konnte, die Strassen zu Wasserbassins wurden und die Luft wie Labsal einzuatmen war.	Luzerner Tagblatt, 11.7.1941
1944, 24.8.	Gewitter	Das Unwetter vom Donnerstagabend mit Sturm, orkanartigem Platzregen und schwerem Hagelschlag hat in Luzern fürchterlich gehaust und besonders das Wey-, das Dreilinden-, das Wesemlin-, das Gibraltar- und das Obergrundquartier auf das Schwerste mitgenommen. Von den Anhöhen schossen die entfesselten Wasser nieder, rissen die gepflasterten Strassen auf und schwemmten die Pflastersteine zu wirren Haufen zusammen. Das Wasser drang in zahlreiche Keller und Geschäftslokale ein und überschwemmte sie mit Geschiebe. In den Gärten, Anlagen und Wiesen zerstampfte der Hagel die Kulturen. Der Sturm entwurzelte zahlreiche Bäume. Auch im Bahnhofgebiet entstanden grosse Überschwemmungen. Polizei, Feuerwehr und Zivilpersonen leisteten die erste Hilfe.	Freiburger Nachrichten, 26.8.1944
		... Das im Ganzen sehr mitgenommene rechte Reussgebiet, das ferner namentlich auch im Wey- und Alpenstrassenquartier allen Zorn der entfesselten Elemente zu spüren bekam, hat sein trauriges Pendant auch jenseits des Flusses, vor allem im Gebiet des Krienbaches, Gigenbaches (Gigelibaches?) und Gütschtobelbaches, wo die aus den Wolken und den kanalisierten Bachbetten ausbrechenden Fluten die Strassen überschwemmt haben und in die Häuser eingedrungen sind...	Vaterland, 26.8.1944
		... Der 23. brachte das Temperaturmaximum. Seit dem 24. abends traten dann wieder täglich Lokalgewitter auf, wobei zunächst mehr die West- und die Zentralschweiz überregnet wurden. Ein Gewitterregen verursachte am 24. abends Hochwasserschäden in Luzern (111 mm). Nach einer kurzen Besserung am 27. drangen zu Ende des Monats feuchte, maritime Luftmassen von Westen her in unser Land ein. Sie brachten während der drei letzten Tage der ganzen Schweiz anhaltend starke Bewölkung und zum Teil bedeutende Gewitterniederschläge.	Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1944
1953, 30.6	Gewitter nach langer intensiver Regenperiode	GRÜTTER (1953a, 1953b); WALSER (1953); WSL (1968-89, 1972-89) Wolkenbruchartige Regenfälle führten in der Nordost- und Zentralschweiz zu bedeutenden Wasserschäden. Die Hochwasserstände erreichten teilweise diejenigen vom Juni 1910. Die am stärksten beregneten Gebiete erstreckten sich vom unteren Walensee über die Linthebene bis ins Zürcher Oberland. Ein weiterer Gewitterherd wütete über der Pilatusregion und der Stadt Luzern. In der Linthebene wurden innert zwei Stunden 105,8 mm Niederschlag gemessen.	Röthlisberger (1991)
		Nach der langen, intensiven Regenperiode leuchtet gestern Dienstag endlich wieder eine strahlende Sonne über der Stadt Luzern und dem prallgefüllten See, der noch immer zahlreiche Uferpartien überflutet hatte. Schon freute man sich auf die langersehnte Wetterbesserung, als gegen Abend am Pilatus finstere Gewitterwolken sich immer bedrohlicher zusammenbrauten und sich schliesslich um 17.30 Uhr unter furchtbarem Krachen entluden. Mit unheimlicher Wucht prasselte der Wolkenbruch nieder, und innert kürzester Frist standen ganze Strassenzüge, Quartiere und Dorfteile unter Wasser... Bedeutend schwerer als das rechte wurde das linke (Reuss-) Ufer betrof-	Luzerner Tagblatt, 1.7.1953

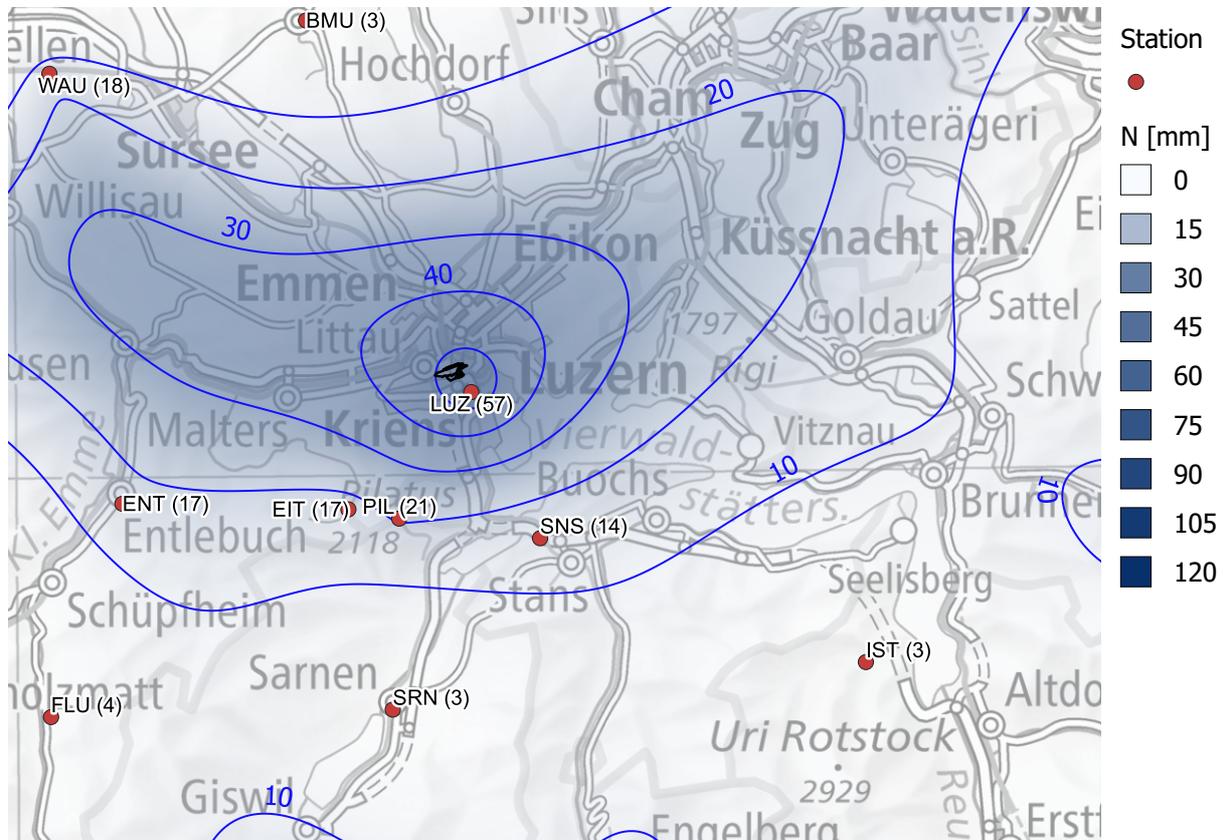
Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
		<p>fen. Von dessen angrenzenden Höhenzügen, vom Sonnenberg-Gütsch bis Bireggwald, stürzten die sonst harmlosen Rinnsale mit der Gewalt von Wildwassern in die Stadt hinunter. Binnen wenigen Minuten bildete sich an der Baselstrasse zwischen "Tagblatt"-Gebäude und Waisenbaus ein See, der hochaufspritzend von Autos durchpflügt und von Fussgängern nur noch barfuss durchquert werden konnte... Der Bruchmattobelbach (Bruchmattbach) beispielsweise hauste furchtbar im Gebiet der Bruchstrasse, und die dortigen Wohn- und Gasthäuser erlitten durchwegs schwere Schäden... Von der Bruchstrasse ergoss sich ein Strom in die Klosterstrasse um teilweise als breite Bäche in die beidseitigen Gassen der Bruchstrasse zu fließen oder weiter nach dem Hirschengraben zu strömen, in solchem Masse, dass selbst die Trottoirs teilweise überflutet waren und sich die braunen Fluten durch die Fenster in die Kellerräume ergossen. Beim Hotel Rütli war sozusagen die ganze Strasse überflutet, denn hier vereinigten sich die Wasser mit denjenigen, welche von der Obergrundstrasse, dem Kienbach, herkamen...</p>	
		<p>Luzern, 1. Juli . (em .) Dunkle Gewitterwolken zogen sich am Dienstag gegen 16 Uhr an der Nordwand des Pilatus zusammen und verdunkelten bald den ganzen Luftraum über Luzern. Kurz nach fünf Uhr setzte bei heftigem Sturmwind ein Gewitter mit Hagel und Regen ein, wie wir es noch selten gesehen haben. Seit Tagen ist der See zum Ueberlaufen voll. Noch am Montag war der Wasserspiegel um einen weiteren Zentimeter gestiegen, was 1'300'000 Kubikmeter ausmacht. Allerdings war damit der Hochwasserstand von 1910, der damals 48 cm höher war, nicht erreicht. Die Reuss hinunter fließen gewaltige Wassermengen. An verschiedenen Orten waren sowohl der See als auch die Reuss über die Ufer getreten. Der Lido steht mitsamt den Kabinen unter Wasser. Die Gotthardstrasse muss an verschiedenen Stellen im Schritt passiert werden, weil das Wasser bis zu 20 cm hoch die Strasse bedeckt. Der Wochenmarkt unter der Egg konnte diese Woche nicht stattfinden, weil das ganze rechte Reussufer von der Kappelbrücke bis hinunter zum Roten Gatter unter Wasser steht. In aller Eile haben einige Hotels Notmauern erstellen lassen, um das Eindringen der Wassermassen in die zu ebener Erde gelegenen Räumlichkeiten zu verhindern. An der Bahnhofstrasse war seit Tagen die Strecke vom Theater bis zum Regierungsgebäude unter Wasser. Ueber Notstege konnte man die Jesuitenkirche und andere Gebäulichkeiten betreten. Und dann trat, zur eigentlichen Wassernot noch die Unwetterkatastrophe ein.</p> <p>Innert weniger Minuten wurden Strassen zu reissenden Bächen. Von allen Anhöhen um Luzern herunter kamen erzelgelbe Wildbäche und füllten alle Hauptstrassen mit Schlamm und Wasser. Die Kanalisation, die durch die bestehende Wassernot ohnehin überfüllt war, vermochte die riesigen Wassermengen nicht mehr zu schlucken. Der Krienbach, der von Kriens herunter unterirdisch geführt wird, hatte in seinem Bett keinen Platz mehr. Statt Wasser aufzunehmen, strömte in der Obergrundstrasse und im unteren Hirschengraben das Wasser aus allen Kanalisationsschächten in Strömen heraus. Der Bahnhof glich bald einem einzigen See. Die Züge fahren nicht mehr. Mit aller Mühe konnte am Stirnperron im Bahnhof ein Wehr errichtet werden, um das Eindringen des Wassers von den Geleisen her in die Schalterhalle und ins Büffet zu verhindern. Alle tiefergelegenen Lokalitäten der Pilatusstrasse und an der Bahnhofstrasse waren innert weniger Minuten unter Wasser gesetzt. Wir haben bis tief in die Nacht zugesehen, wie man bemüht war, beim Teppichhaus Linsi die unter Wasser gesetzten Teppichlager zu entleeren. Im Hotel St. Gotthard, das wohl unter der Katastrophe am meisten gelitten hat, waren sämtliche Kellerräume bis zu 2,50 m unter Wasser gesetzt. Das berühmte «Gotthardloch» stand ebenfalls bis zu 50 cm unter die Decke im Wasser.</p> <p>Im Essraum des Personals war der Tisch gedeckt, das Brot stand auf dem Tisch. Aber fluchtartig musste der Raum verlassen werden. Noch um elf Uhr nachts reichte das Wasser in diesem Raum wie auch in der Lingerie über einen Meter hoch. Ueberall bahnten sich Autos und Fahrräder durch die Fluten. Schlechter erging es dem Tram, das schon bald infolge Kurzschlusses an den tiefergelegenen Motoren stillgelegt war. Auch die Fussgänger hatten nichts zu lachen, konnten sie doch nach Feierabend ihren Heimweg nur wadend in 30 - 40 cm tiefem Wasser antreten. Ganze Strassenzüge waren überhaupt nicht mehr passierbar, so die Baselstrasse, wo die Wassermassen vom Gütsch herunter in Bächen flössen. Die Feuerwehr hatte Grossalarm. Die Alarmierung musste teilweise durch das Feuerhorn erfolgen, weil das Telephon zeitweise nicht funktionierte. Bis tief in die Nacht hinein mussten beim Telephonamt die unterirdischen Schächte ausgepumpt werden, die samt und sonders Hochwasser führten. Später trafen auch noch Militär, Pfadfinder und viele Freiwillige zur Hilfeleistung ein. Besonders war im Langen Sand die Lage schrecklich. Dort konnte übrigens von einem Feuerwehrmann ein</p>	<p>Die Tat, 2.7.1953</p>

Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
		<p>Knäblein, das die Strasse hinuntergeschwemmt wurde, dem reissenden Strom entrissen werden. Der angerichtete Schaden ist unübersehbar. Besonders hat auch Horw ausserhalb von Luzern sehr stark gelitten, glich es doch während des Unwetters einem einzigen See. Vielfach sind von den Anhöhen Erdschlipfe heruntergegangen. Heute Mittwochmorgen sehen die Strassen trostlos aus. Ueberall werden noch Keller und Lokale ausgepumpt. Der Pegelstand des Sees hat 434,8 m erreicht (Normalstand 433,7 m). Beim letzten Hochwasser im Jahre 1951 erreichte der Pegelstand 434,58 m und beim grössten Hochwasser 1910: 435,24 m.</p> <p>be. Ueber Luzern entlud sich gestern abend, um 17.15 Uhr, ein Gewitter von unerhörter Wucht. Sintflutartiger Regen, der in verschiedenen Quartieren mit Hagel vermischt war, prasselte dreiviertel Stunden nieder und setzte innert kürzester Zeit die Strassen und Plätze der Stadt unter Wasser, da die Abläufe dieser Flut nicht mehr gewachsen waren. Plötzlich rauschten zudem von allen Hügeln, die Luzern im Süden umgeben, tosende Bäche nieder und kurz vor 18 Uhr trat noch der Krienbach, der auf seinem Lauf von Kriens bis zur Reuss eingedohlt ist, aus seinem Bett, worauf sich auch seine Fluten auf verschiedenen Wegen nach der Stadt wälzten. Bald waren zahlreiche Strassen der Quartiere Bodenhof, Geissmatt, Langensand, Moosmatt, Obergrund, Hirschmatt, Seeli und Untergrund in reisende Bäche verwandelt, in denen das Wasser zum Teil kniehoch dahinbrauste.</p>	
		<p>Ein Unwetter von selten registrierter Wucht brach am Sonntagnachmittag gegen 5 Uhr über das in sommerlicher Schwüle dösende Luzern herein. Aus den grau dräuenden Wolkenmassen, die sich mit unvermuteter Schnelligkeit am Pilatus aufgestaut hatten, brauste als Ouvertüre eines Naturschauspieler, das in der ganzen Stadt unendlich viel Verheerung anrichten sollte, ein orkanartiger Sturmwind hervor. Kurz darauf öffneten sich des Himmels Schleusen und gössen ihre Sturzfluten, vermischt mit Hagelschauer, über die Vierwaldstättersee. Die Strassen und Wege in den Stadtteilen am Sonnen- und Dietschiberg waren innert weniger Minuten vollständig überflutet, und schmutziggelbe Bäche ergossen sich von allen Seiten in die Häuserschluchten der Alt- und Neustadt. Auf der Obergrundstrasse, wo der Hauptverkehr vom Brünig her in langen Schlangen sich in die Stadt hineindrängte, lag die Strasse zeitweise knietief unter Wasser. Vor dem Palace-Hotel, auf der andern Seite der Seebücke, lagerten sich meterlange Schlammrücken an. Während der Sturm wie die Nacht über die Stadt hereinbrach, fegte er mit ungehemmter Wucht über die Luzerner Seebucht und brachte dort zahlreiche Segelboote, die nicht rechtzeitig gelandet waren, zum Kentern. Besonders verheerend hauste der Sturmwind in den Wäldern, die die Stadt umgeben. Auf dem Gütsch wurden Hunderte von Bäumen entwurzelt, geknickt und mit Urgewalt gleich Zahnstochern zerrissen und zu Haufen geworfen. Allein in diesen Forsten richtete das sonntägliche Unwetter einen Schaden an, der noch gar nicht abgeschätzt werden kann. Entwurzelte Bäume, zum Teil quer über wichtige Zufahrtsstrassen und auf Hausdächer geschmettert, finden sich überall in der Stadt, als Zeugen dieses halbstündigen Spuks der Urgewalten. Stromunterbrüche liessen die Tramwagen der Verkehrsbetriebe auf offener Strecke halten, im reissenden Wasser der Strassen steckengebliebene Autos bewirkten ein Verkehrschaos sondergleichen.</p>	Der Bund, 1.7.1953
1960, 31.7.	Gewitter	<p>Schwere Gewitter zogen von Bern über das Emmental und Luzerner Hinterland gegen die Stadt Luzern und den Sempachersee hinweg. Schwerpunkte waren die Region Willisau sowie die Stadt und Agglomeration Luzern. Lokale Ausläufer des Unwetters tobten auch über den Juraregionen Soyhières, Movelier und Delémont und hinterliessen dort Schäden von 6 bis 7 Millionen Franken.</p> <p>Beim schweren Unwetter von vergangener Woche wurde in der Stadt Luzern das Bruchquartier besonders stark überschwemmt. Der Grund dafür: Aus dem Gütschwald führte der Bach derart enorme Mengen an Geschiebe und Schwemmgut mit, dass der Durchlass in den unterirdischen Kanal nach kurzer Zeit verstopft war und das Wasser oberirdisch abfliessen musste. Die Räumung des Bachbetts gestaltet sich schwierig.</p> <p>Rund 35 Liter Regen fielen am Donnerstag vergangener Woche pro Quadratmeter innerhalb einer Stunde. Diese enorme Wassermenge rauscht mit derartigem Druck das Gütschtobel hinunter, dass grosse Mengen Sand, Kies, Äste und ganze Baumstämme mitgerissen wurden. Am oberen Ende der Klosterstrasse, hinter den Garagen des Hauses 20a, verschwindet der Bach in einer Röhre von nur 60 Zentimeter Durchmesser. Vor der Röhre platziert ist eine gegen fünf Meter hohe Staumauer, die normalerweise Sand und Geröll zurückhält. Weiter oben im Bachbett stoppt ein Holzrechen die grösseren Äste.</p> <p>"Beim Unwetter letzte Woche war die Fängeranlage in kürzester Zeit gefüllt, das Material wurde darüber hinweg gespült und verstopfte den Durchlass." berichtet Bernhard Jurt, Stellvertreter des städtischen Strasseninspektors. "Glücklicherweise haben wir den Geschie-</p>	Der Bund, 1.8.1960
1988, 16.6.	Gewitter	<p>Beim schweren Unwetter von vergangener Woche wurde in der Stadt Luzern das Bruchquartier besonders stark überschwemmt. Der Grund dafür: Aus dem Gütschwald führte der Bach derart enorme Mengen an Geschiebe und Schwemmgut mit, dass der Durchlass in den unterirdischen Kanal nach kurzer Zeit verstopft war und das Wasser oberirdisch abfliessen musste. Die Räumung des Bachbetts gestaltet sich schwierig.</p> <p>Rund 35 Liter Regen fielen am Donnerstag vergangener Woche pro Quadratmeter innerhalb einer Stunde. Diese enorme Wassermenge rauscht mit derartigem Druck das Gütschtobel hinunter, dass grosse Mengen Sand, Kies, Äste und ganze Baumstämme mitgerissen wurden. Am oberen Ende der Klosterstrasse, hinter den Garagen des Hauses 20a, verschwindet der Bach in einer Röhre von nur 60 Zentimeter Durchmesser. Vor der Röhre platziert ist eine gegen fünf Meter hohe Staumauer, die normalerweise Sand und Geröll zurückhält. Weiter oben im Bachbett stoppt ein Holzrechen die grösseren Äste.</p> <p>"Beim Unwetter letzte Woche war die Fängeranlage in kürzester Zeit gefüllt, das Material wurde darüber hinweg gespült und verstopfte den Durchlass." berichtet Bernhard Jurt, Stellvertreter des städtischen Strasseninspektors. "Glücklicherweise haben wir den Geschie-</p>	Röthlisberger (1991)
		<p>Beim schweren Unwetter von vergangener Woche wurde in der Stadt Luzern das Bruchquartier besonders stark überschwemmt. Der Grund dafür: Aus dem Gütschwald führte der Bach derart enorme Mengen an Geschiebe und Schwemmgut mit, dass der Durchlass in den unterirdischen Kanal nach kurzer Zeit verstopft war und das Wasser oberirdisch abfliessen musste. Die Räumung des Bachbetts gestaltet sich schwierig.</p> <p>Rund 35 Liter Regen fielen am Donnerstag vergangener Woche pro Quadratmeter innerhalb einer Stunde. Diese enorme Wassermenge rauscht mit derartigem Druck das Gütschtobel hinunter, dass grosse Mengen Sand, Kies, Äste und ganze Baumstämme mitgerissen wurden. Am oberen Ende der Klosterstrasse, hinter den Garagen des Hauses 20a, verschwindet der Bach in einer Röhre von nur 60 Zentimeter Durchmesser. Vor der Röhre platziert ist eine gegen fünf Meter hohe Staumauer, die normalerweise Sand und Geröll zurückhält. Weiter oben im Bachbett stoppt ein Holzrechen die grösseren Äste.</p> <p>"Beim Unwetter letzte Woche war die Fängeranlage in kürzester Zeit gefüllt, das Material wurde darüber hinweg gespült und verstopfte den Durchlass." berichtet Bernhard Jurt, Stellvertreter des städtischen Strasseninspektors. "Glücklicherweise haben wir den Geschie-</p>	Zeitungsartikel ohne weitere Informationen, StorMe

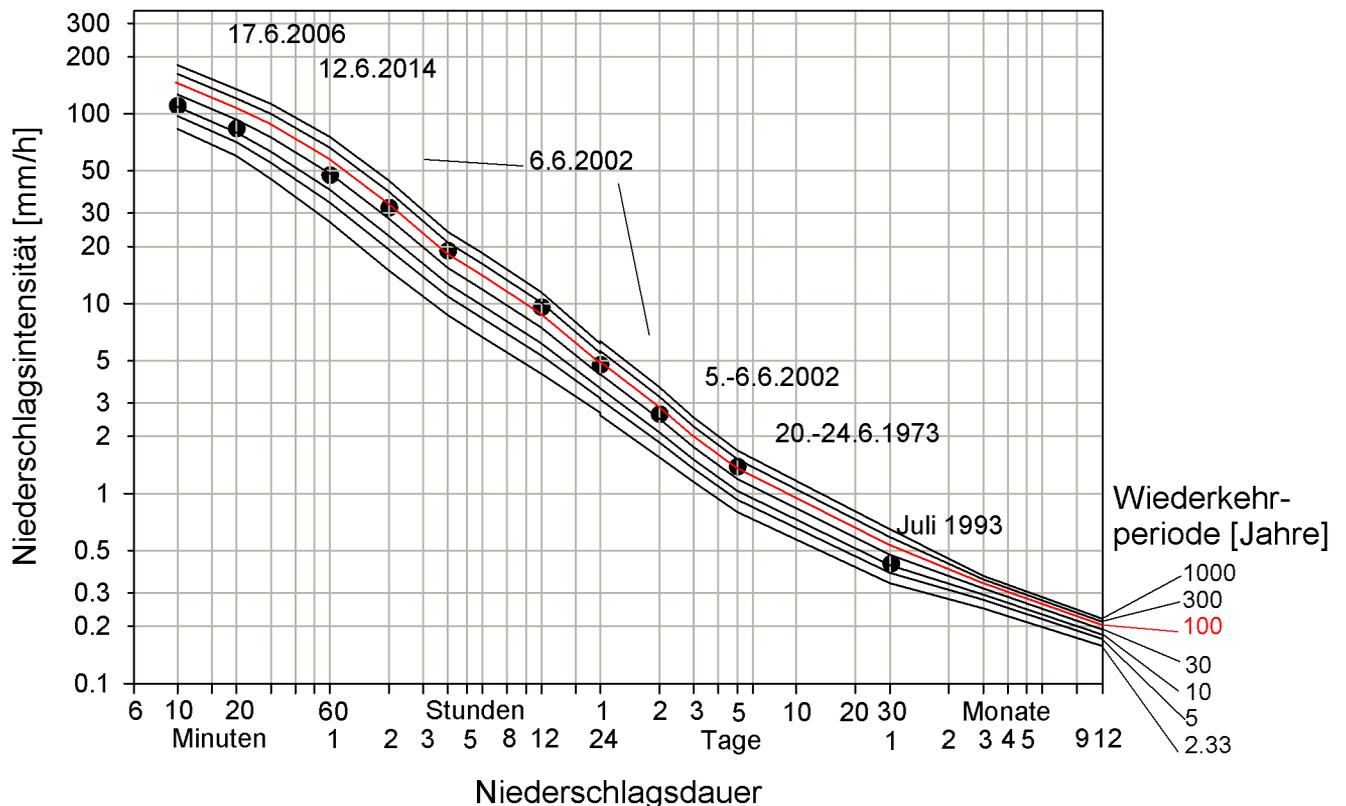
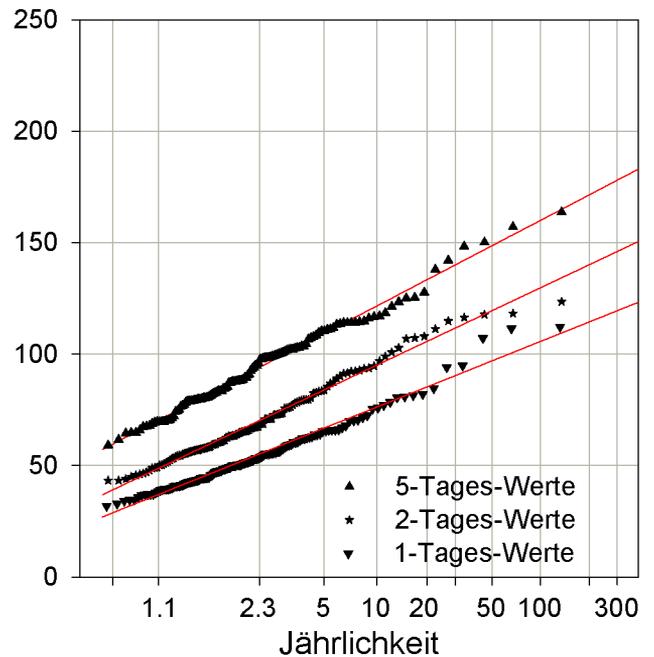
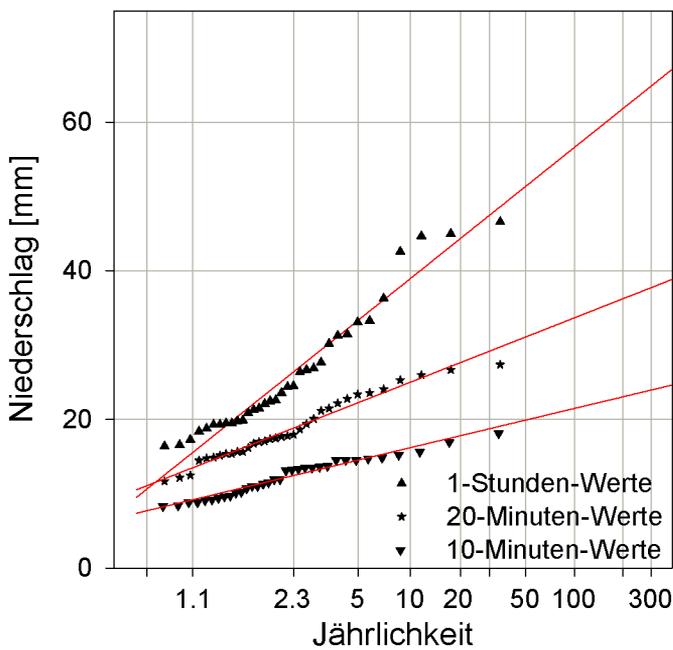
Datum	Nieder-schlag	Ereignis	Quelle
		<p>besammler, der alle zwei Jahre geleert wird, erst vor zwei Monaten ausgeräumt. Wäre er voll gewesen, wären die Folgen noch viel verheerender ausgefallen."</p> <p>Die Räumung des Bachbetts ist nicht einfach: Mit einem Autokran mussten zwei Bagger über die Garagen hinweg ins Tobel hinuntergeholt werden. Auf demselben Weg werden die mit Geschiebe gefüllten Mulden herausgeholt. "Gegen 700 Kubikmeter Kies und Steine wurden im Lauf dieser Woche bereits aus dem Bachbett geholt", erklärt Bernhard Jurt. Jetzt werden auch noch die Schäden an der Fängeranlage repariert, ein zweites Holzrechen wurde bereits eingebaut.</p> <p>"Die 60-Zentimeter-Röhre ist viel zu klein, sie kann einfach zu wenig schlucken", erklärt Stadtoberförster Karl Borgula. "Vergrössern kann man die Röhre aber nicht." Denn auf einer Länge von mehreren hundert Metern führt der Kanal unter Häuser und Strassen durch.</p>	
		Aussagen von Gewährspersonen	
		Der Gütschbach ist nach Aussagen von Herrn Xaver Gloggner in den vergangenen 40 Jahren einmal (am 16.6.1988) über die Ufer getreten.	Xaver Gloggner, Hochbühlstrasse 5a
		Seit dem Jahr 2000 sind keine Ereignisse an den Gütschbächen bekannt. Ständiger Unterhalt ist notwendig um die Einläufe von Geschiebe und Totholz zu befreien. Problematisch sind in diesem Gebiet vor allem Rutschungen, welche entlang Ufer abgehen können. Solche Rutschungen könnten schnell zur kompletten Verklausung der Einläufe führen.	David Cathomas, Leiter Unterhalt und Siedlungswässerung Stadt Luzern
		Beim Ereignis vom 16.6.1988 war der Einlauf der Gütschbachdole komplett verstopft. Kann nicht sagen, ob an diesem Tag auch die anderen Gütschbäche über die Ufer gingen.	Rolf Stocker ehem. Wuhmeister
		Nach dem Ereignis vom 16.6.1988 kam es am Gütschbach noch zwei bis dreimal zu kleineren Austritten. Grund war der verstopfte Einlauf. Generell sind die Einläufe sehr verstopfungsanfällig, da viel Material vom Wald her angeschwemmt wird. Beim Ereignis von 1988 wurde der Bereich hinter den Garagen komplett mit Geschiebe und Holz gefüllt. Daher ist das Wasser auch über die Garagen heruntergekommen. Auf den Trottoirs entlang der Klosterstrasse lief auf während der Abflussspitze nur wenig Wasser. Die anderen Gütschbäche (Gütschgraben, Bruchmattbach und Gigelibäche) sind nicht oder nur gering über die Ufer getreten, dies, weil das angeschwemmte Material von den Einsatzkräften laufend entfernt wurde.	Josef Metz, Depot Südteil Eichwald, Strasseninspektorat Stadt Luzern

Räumliche Niederschlagsverteilung (Werte in mm)

16.6.1988



<h1>Luzern</h1> <h2>1880 - 2014</h2>	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	



Anhang 6.1: Die analog zu Zeller et al. (1978) erstellte Starkniederschlagsstatistik für die Station Luzern (1880 - 2014).

<h1>Luzern</h1> <h2>1880 - 2014</h2>	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 1880 - 2014

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	06.06.2002	112	05.-06.06.2002	123	20.06.-24.06.1973	163	Juli 1993	306	Juli-Sep 1888	675	1910	1666
2	24.08.1944	111	26.-27.07.1976	118	18.08.-22.08.2005	157	Juli 1976	304	Juni-Aug 2014	660	1965	1550
3	07.08.1978	107	21.-22.11.1972	118	22.07.-26.07.1976	150	Aug 1975	295	Juli-Sep 2010	658	1979	1475
4	05.07.1993	94	27.-28.09.1954	116	05.06.-09.06.2002	148	Aug 2005	293	Juni-Aug 1997	648	2001	1472
5	26.07.1976	94	06.-07.08.1978	115	10.05.-14.05.1999	142	Aug 1890	292	Juni-Aug 1912	643	1940	1461
6	27.09.1954	84	23.-24.08.1944	111	06.06.-10.06.2002	139	Juli 1900	288	Juni-Aug 1927	632	2002	1461
7	22.11.1972	82	07.-08.08.2007	108	20.11.-24.11.1972	138	Nov 1972	287	Juni-Aug 1910	632	1999	1449
8	21.08.2005	81	21.-22.08.2005	107	04.06.-08.06.2002	134	Juni 1979	284	Mai-Juli 1914	629	1922	1436
9	14.06.1910	81	22.-23.06.1973	107	18.01.-22.01.1910	127	Juli 1955	283	Juni-Aug 1993	629	1905	1427
10	23.06.1973	80	29.-30.07.1900	103	26.09.-30.09.1954	125	Juni 1912	280	Juni-Aug 1946	629	1995	1426

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 10-Minuten-Werte 1981 - 2014

Rang	10 Min.		20 Min.		1 h		4 h	
	Datum	N [mm]						
1	17.06.2006	18.0	12.06.2014	27.3	06.06.2002	46.5	06.06.2002	74.4
2	14.07.1997	16.8	23.06.1993	26.6	23.06.1993	44.9	16.06.1988	57.3
3	12.06.2014	15.5	20.08.2001	25.9	16.06.1988	44.6	23.06.1993	54.9
4	10.07.2010	15.1	16.06.1988	25.2	24.06.1981	42.5	10.08.1994	48.5
5	23.06.1993	14.7	17.06.2006	24.0	02.08.1996	36.2	02.08.1996	47.6
6	07.08.1989	14.6	01.08.2010	23.5	21.07.1992	33.2	24.06.1981	45.1
7	16.06.1988	14.4	24.06.1981	23.3	12.06.2014	33.0	21.08.2005	39.0
8	06.06.2002	14.4	06.06.2002	22.7	17.06.2006	31.4	10.08.2014	38.9
9	28.07.2009	14.4	11.09.2011	22.1	01.08.2010	31.2	24.06.1992	38.5
10	11.09.2011	13.6	21.08.1992	21.4	10.08.1994	30.1	19.08.2008	36.1

<h1>Luzern</h1> <h2>1880 - 2014</h2>	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

Interpolierte bzw. extrapolierte Niederschlagsintensitäten in mm/h
für ausgewählte Jährlichkeiten und Niederschlagsdauern

Niederschlagsdauer	0.5h	1h	2h	4h	6h	8h	12h	24h	2d	3d	5d	1mt	3mt	1yr
Jährlichkeit														
2.33	45	27	15	8.7	6.7	5.5	4.3	2.6	1.6	1.1	0.8	0.34	0.25	0.16
5	55	34	19	10.9	8.4	6.9	5.3	3.1	1.9	1.3	0.9	0.38	0.28	0.17
10	63	40	23	12.7	9.8	8.1	6.2	3.6	2.1	1.5	1.0	0.42	0.29	0.18
20	71	45	26	14.4	11.1	9.2	7.0	4.0	2.3	1.7	1.1	0.46	0.31	0.19
30	75	49	28	15.4	11.9	9.8	7.5	4.3	2.5	1.8	1.2	0.48	0.32	0.19
50	81	52	30	16.7	12.9	10.6	8.1	4.6	2.6	1.9	1.3	0.50	0.33	0.20
100	88	58	34	18.4	14.2	11.7	8.9	5.0	2.9	2.0	1.4	0.54	0.34	0.20
200	96	63	37	20.0	15.5	12.7	9.7	5.4	3.1	2.2	1.5	0.57	0.35	0.21
300	100	66	39	21.0	16.2	13.3	10.1	5.6	3.2	2.3	1.5	0.59	0.35	0.21
500	106	70	41	22.2	17.2	14.1	10.7	5.9	3.4	2.4	1.6	0.62	0.36	0.21
1000	113	76	44	23.9	18.5	15.2	11.5	6.4	3.6	2.5	1.7	0.65	0.37	0.22

Bemerkungen:

Werte für Dauern ab 24 h hergeleitet aus Tageswerten der Station Luzern
- durchgehende Daten der Station Luzern 1.8.1880 - 31.12.2014

Werte für Dauern < 24 h hergeleitet aus 10-Minuten - Werten der A-Netz Station Luzern
- Daten der A-Netz-Station Luzern 1981 - 2014
- Werte vom 9.1.1985 offensichtlich fehlerhaft, daher nicht berücksichtigt

Bodentypen

O	Regosol
F	Fluvisol
R	Rendzina
Rk	Ranker
K	Kalkbraunerde
B	Braunerde
T	Parabraunerde
Y	Braunerde-Pseudogley
I	Pseudogley
V	Braunerde-Gley
W	Buntgley
G	Fahlgley
A	Aueboden
N	Halbmoor
M	Moor

Körnung

· · ·	Sand (S), sandig (s)
— —	Silt (U), siltig (u)
= =	Ton (T), tonig (t)
= _ ·	Lehm (L), lehmig (l)
= · · —	sandiger Lehm (Ls)
= · · · ·	stark sandiger L (Ls4)
▽ ≡	Wasserspiegel

Haupthorizonte

O	org. Auflagehorizont
T	Torf/hydromorpher org. Horizont
A	organo-mineralischer Oberbodenhorizont
E	Eluvialhorizont
I	Illuvialhorizont
B	Mittelbodenhorizont
C	Untergrund (Ausgangsmaterial)
R	Felsunterlage

Unterteilung Haupthorizonte

Zustand org. Substanz

l	Streuzone
f	Fermentationszone
h	Humusstoffzone
a	Anmoor
org	organisches Material im Unterboden
p	anthropogen beeinflusst (Pflughorizont, künstliche Auffüllung)

Verwitterungszustand

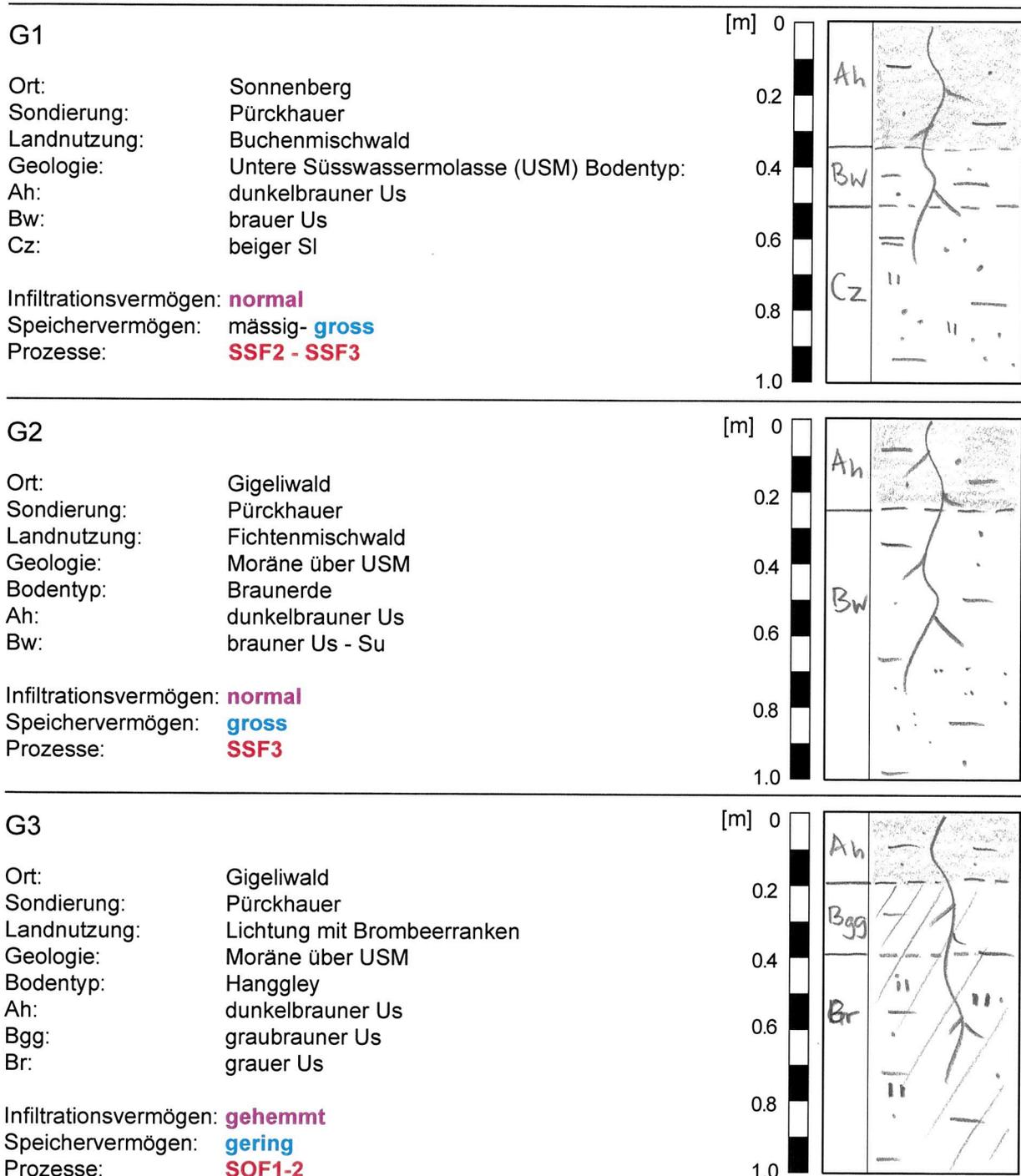
ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

Merkmale des Sauerstoffmangels

m	Marmorierungen
cn	punktförmige, schwarze Knöllchen
(g)	schwache Rostfleckung
g	mässige Rostfleckung
gg	Horizont mit starker Rostfleckung infolge periodischer Vernässung
r	dauernd, vernässter, stark reduzierter Horizont

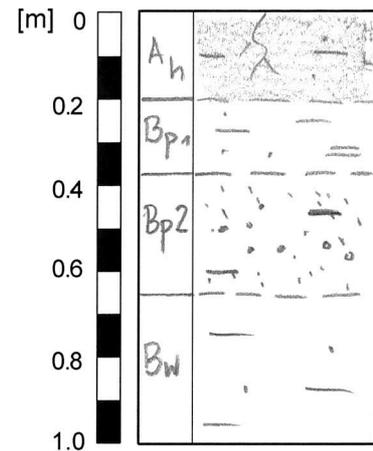
Anhang 4.1b: Die im Einzugsgebiet der Gütschbäche untersuchten Bodenprofile (G1-G12), ihre Eigenschaften, die Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses. Abkürzungen der Bodenprofile siehe Legende Anhang 4.1a.

Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefsickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfließend).



G4

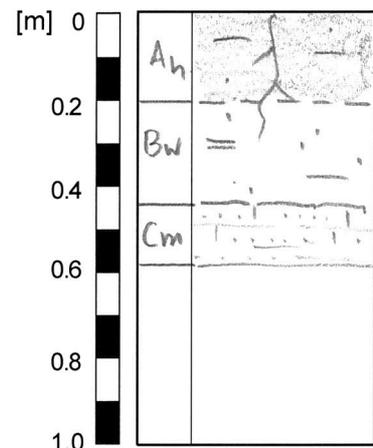
Ort: Hinder Amlehn
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Kunstwiese
 Geologie: Künstliche Auffüllung
 Bodentyp: Kultisol
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bp1: brauner Lu
 Bp2: braungrauer kiesiger Lu
 Bw: brauner Us
 Infiltrationsvermögen: **leicht gehemmt bis gehemmt**
 Speichervermögen: **mässig**
 Prozesse: **SOF2**



G5

Ort: Böschehof
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: USM
 Bodentyp: Braunerde
 Ah: brauner Us
 Bw: brauner Ls
 Cm: beiger harter Sandstein

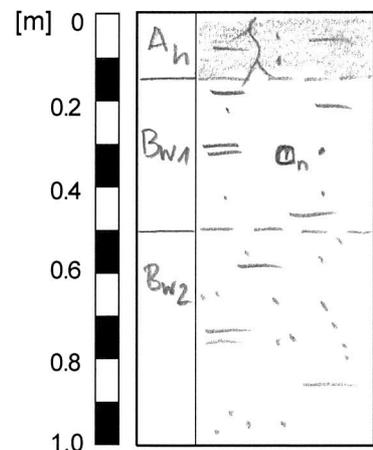
Infiltrationsvermögen: **normal**
 Speichervermögen: **gering**
 Prozesse: **SOF2**



G6

Ort: Böschehof
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Kunstwiese
 Geologie: Moräne über OSM
 Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw1: brauner Lu
 Bw2: beiger Ls

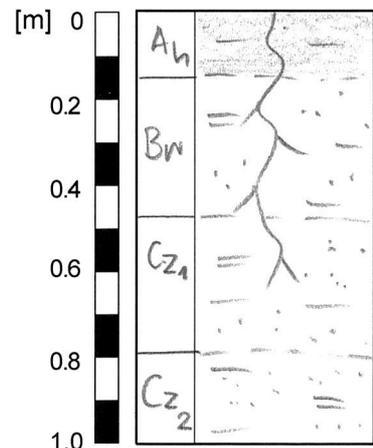
Infiltrationsvermögen: **normal**
 Speichervermögen: **mässig bis gross**
 Prozesse: **SSF3 / SOF2**



G7

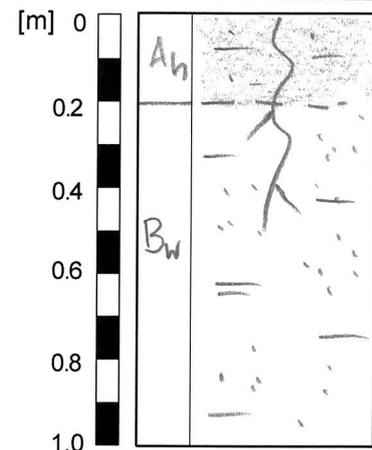
Ort: Obergütsch
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Buchenmischwald
 Geologie: USM
 Bodentyp: Braunerde
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw: brauner Ls - Us
 Cz1: beiger Ls
 Cz2: beiger bis dichtgelagerter Ls

Infiltrationsvermögen: **normal**
 Speichervermögen: **mässig**
 Prozesse: **SSF2**



G8

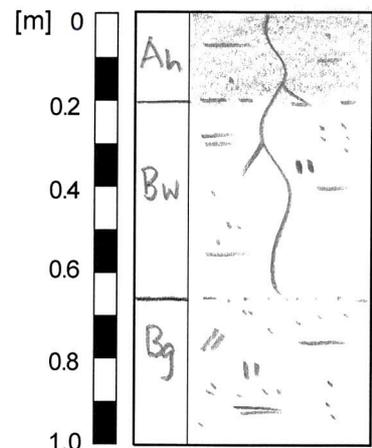
Ort: Gütschwald
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Eschen-Mischwald
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde
Ah: dunkelbrauner Ls - Us
Bw: beiger Ls
Infiltrationsvermögen: **normal**
Speichervermögen: **gross**
Prozesse: **SSF3**



G9

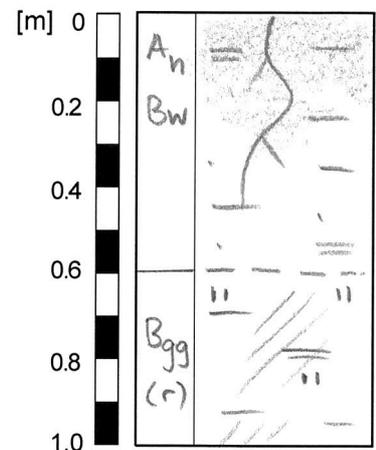
Ort: Gütschwald
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mischwald
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
Ah: brauner Us
Bw: brauner Ls
Bg: brauner Ls

Infiltrationsvermögen: **normal**
Speichervermögen: **gross**
Prozesse: **SSF3**



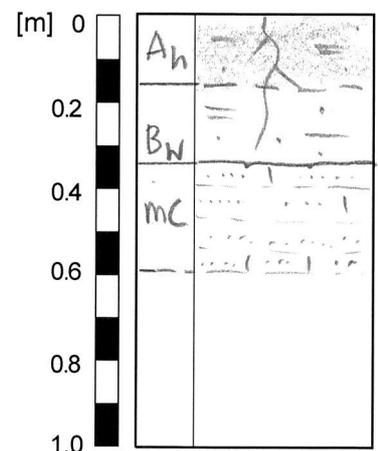
G10

Ort: Gütschwald
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Eschen-Fichten-Mischwald
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde-Gley
Ah/Bw: brauner Lu
Bgg (r): beiger bis grauer Lu
Infiltrationsvermögen: **normal**
Speichervermögen: **mässig**
Prozesse: **SSF2 / SOF2**



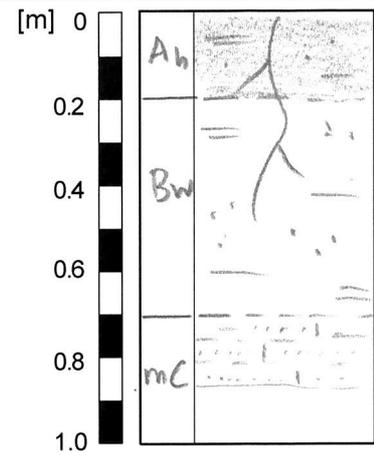
G11

Ort: Gütschwald
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mischwald
Geologie: OSM
Bodentyp: Braunerde
Ah: brauner Ls
Bw: beiger Ls
mC: harter beiger Sandstein
Infiltrationsvermögen: **normal**
Speichervermögen: **mässig**
Prozesse: **SSF2**



G12

Ort: Gütschwald
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mischwald
Geologie: OSM
Bodentyp: Braunerde
Ah: brauner Ls
Bw: beiger Ls
mC: beiger harter Sandstein
Infiltrationsvermögen: **normal**
Speichervermögen: **mässig**
Prozesse: **SSF2-3**

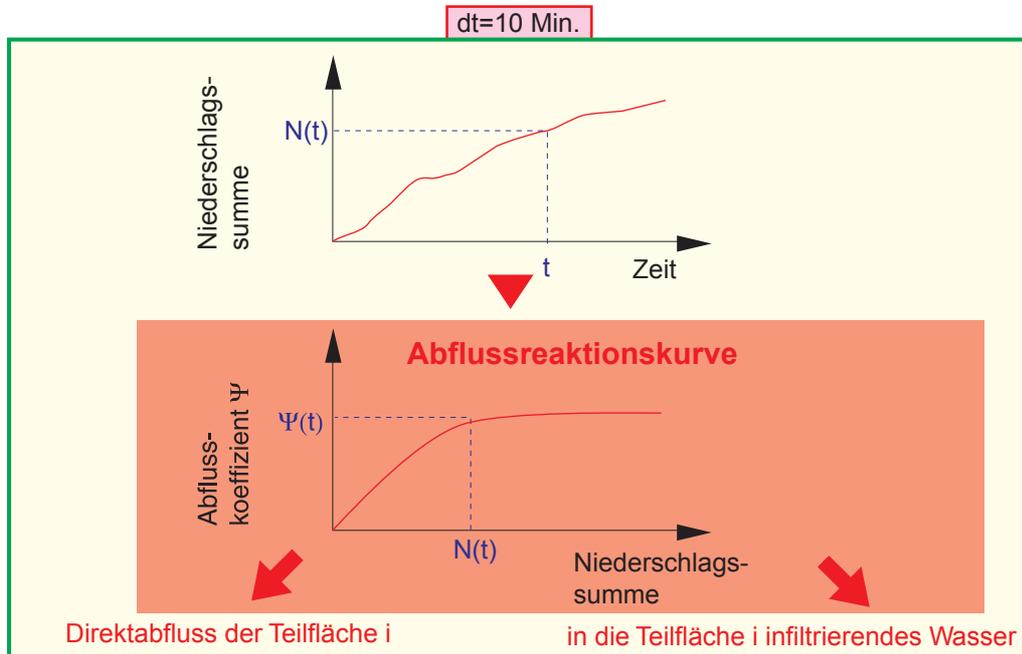




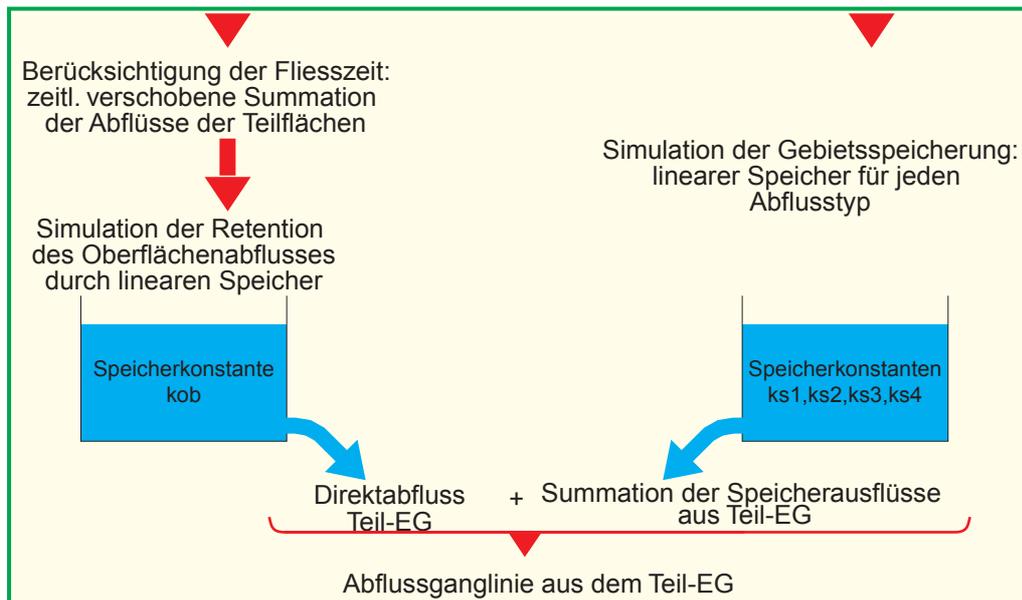
Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

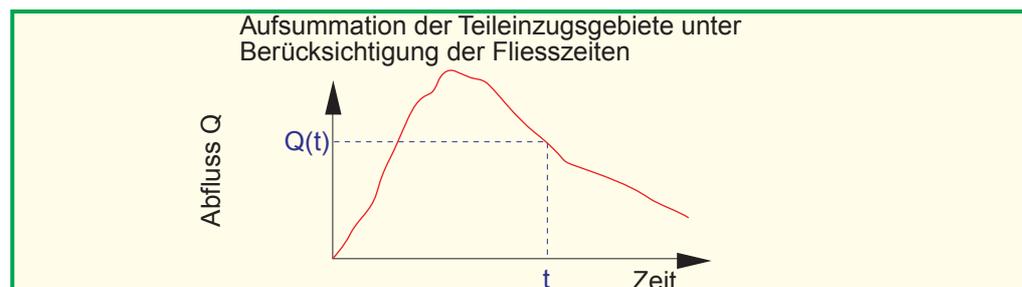
Stufe
Teilfläche



Stufe
Teileinzugs-
gebiet



Einzugs-
gebiet



Anhang 5: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells Q_{AREA} . Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlags-summe und Abflusskoeffizient beschreibt.