

Überprüfung der hydrologischen Grundlagen für den Würzenbach und den Mühlebach (Adligenswil)



*Würzenbach in Luzern: Hochwasser im Juli 1955 (oben links), Hochwasser im Juni 2015 (oben rechts),
Hochwasser im Juni 2015: Oberlauf des Würzenbachs in Adligenswil (unten links), überschwemmtes Dorfzentrum
in Adligenswil (unten rechts)*

Auftraggeber:
Abteilung Naturgefahren
Verkehr und Infrastruktur
Kanton Luzern

Bericht 16 / 214

Reinach, November 2016

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	2
1.1 Gebietskennwerte.....	4
2 Verwendete Daten und Unterlagen.....	4
3 Historische Hochwasser.....	6
3.1 Einleitung.....	6
3.2 Ausbaugeschichte.....	6
3.3 Die historischen Hochwasser am Mühlebach und am Würzenbach.....	6
3.4 Schlussfolgerungen.....	8
4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets.....	9
4.1 Einleitung.....	9
4.2 Geologie und Hydrogeologie.....	9
4.3 Böden.....	9
4.4 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	10
4.5 Abflussreaktionskurven.....	11
4.6 Abflussreaktionskurven.....	14
5 Abflussberechnungen.....	16
5.1 Einleitung.....	16
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea.....	16
5.3 Modellverifikation.....	18
5.4 Niederschlag-Szenarien.....	20
5.5 Hochwasser - Entlastungsstollen.....	21
5.6 Abflussberechnungen.....	22
6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....	25
6.1 Einleitung.....	25
6.2 Mühlebach Adligenswil.....	25
6.3 Würzenbach – Unterlauf.....	27
7 Anhang.....	31

1 Einleitung

Der Mühlebach in Adligenswil entwässert ein kleines Einzugsgebiet (EZG) von nur ca. 1.1 km² (Abb. 1.1). Im Dorfgebiet Adligenswil verläuft der Bach teilweise unterirdisch. Unterhalb von Adligenswil wird der Bach wieder offen geführt und fliesst dem Würzenbach zu. Der Mühlebach entspringt in einem Steilhang und gelangt im Dorfgebiet in eine Mulde. Die Gefahrenkarten zeigen in Adligenswil leichte bis mittlere Gefährdung in heute schon bebauten aber auch in noch unbebauten Gebieten. Aufgrund der Gefährdung müssen Massnahmen geplant werden, um die betroffenen Zonen zu schützen.

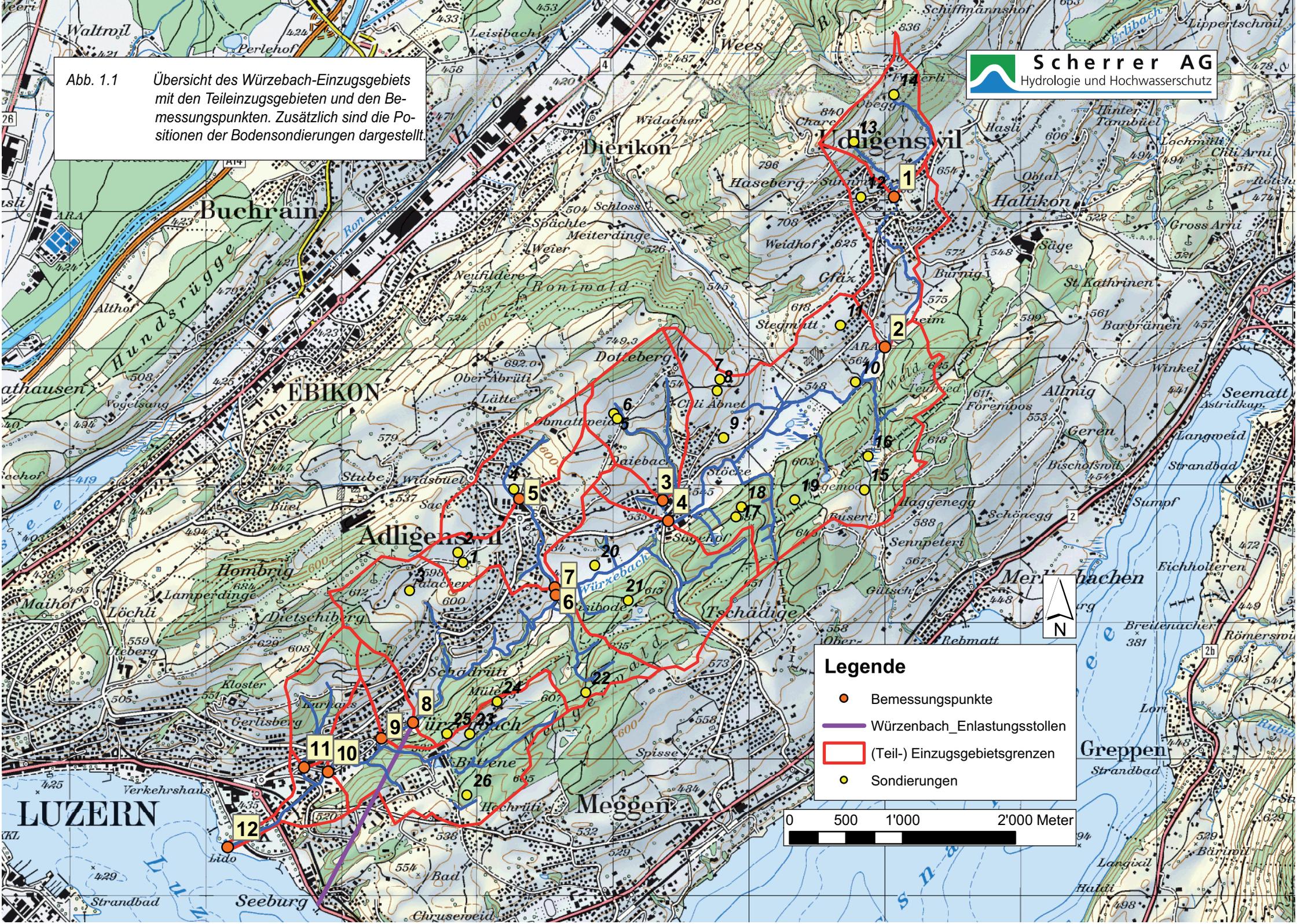
Die Frage stellt sich, ob die mit einfachen Standardverfahren abgeschätzten Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit (HQ_x: HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀) im Gebiet des Mühlebachs realistisch sind. Diese Verfahren sind grob und sind bekannt dafür, dass sie oftmals HQ_x „auf der sicheren Seite“ liefern. Deshalb werden die HQ_x am Mühlebach mit der vorliegenden detaillierten Studie überprüft. Diese detaillierte hydrologische Untersuchung basiert auf Erkundungen historischer Hochwasser, der Beurteilung der Abflussreaktion und dem Aufbau eines Niederschlag-Abflussmodells. Die Untersuchung am Mühlebach werden gleichzeitig zum Anlass genommen auch für das gesamte Gebiet des Würzenbachs (EZG 10 km²) die massgebenden Abflüsse abzuschätzen.

Das langgestreckte EZG des Würzenbachs liegt eingebettet in der von Gletschern ausgeräumten Hügellandschaft der Molasse. Am Südrand des EZG befindet sich ein bewaldeter Streifen (Meggerwald), wo in manchen Muldenlagen Sumpfgebiete und dazwischen viele langgestreckte Hügel liegen. Am Nordrand dieses Waldgebiets liegt das Tal des Würzenbachs mit einigen stark vernässten Gebieten. Adligenswil und Udligenswil waren vor 50 Jahren kleine, weilerhafte Dörfer. In den 1970er-Jahren setzte eine starke Entwicklung ein, die in den 1980er- und 1990er-Jahren den Höhepunkt hatte. Der Anteil der bebauten Flächen beträgt 19% des EZG. Zwischen den Dörfern liegen v.a. landwirtschaftlich genutzte Flächen. Es stellt sich die Frage, wie die bezüglich Geologie, Böden, Geomorphologie und Landnutzung sehr unterschiedlich aufgebauten Flächen auf Starkregen reagieren.

An wesentlichen Stellen entlang des Würzenbachs wurden 12 Bemessungspunkte (BP) festgelegt. Beim BP 8 (oberhalb Siedlung Würzenbach) liegt der Einlauf zum Entlastungsstollen (Desserich, 1980), der 1978 als Hochwasserschutzmassnahme für die Luzerner Seequartiere realisiert wurde. Im Jahr 2015 verstopfte Treibholz die Kapazität des Stolleneinlaufs und der Würzenbach überschwemmte das Seefeld, den Lido und Teile des Verkehrshauses.

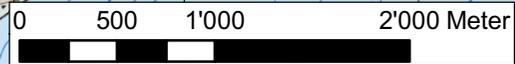
In dieser Untersuchung wurden die erforderlichen Grundlagen zusammengestellt (Kap. 2). Die Aufarbeitung der Hochwassergeschichte am Würzenbach ist im Kapitel 3 dargestellt. Die Abflussbereitschaft des EZG wurde untersucht, indem die geologischen und bodenkundlichen Grundlagen ausgewertet und mit Sondierungen im Gelände ergänzt wurden. Das EZG wurde nach Hochwasser relevanten Abflussprozessen beurteilt und kartiert (Kap. 4). Szenarien für Niederschläge unterschiedlicher Jährlichkeit und Dauer wurden für die Modellrechnungen anhand der aktualisierten Niederschlagsstatistik von Luzern (Kap. 5) bereitgestellt. Kapitel 5 zeigt das auf die Verhältnisse des Würzenbach ausgelegte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) mit der Verifikation und den mit verschiedenen Szenarien durchgeführten Abflussberechnungen an 12 Berechnungspunkten. In Kapitel 6 werden in einer Synthese unter Berücksichtigung aller Erkenntnisse die massgebenden Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit hergeleitet.

Abb. 1.1 Übersicht des Würzebach-Einzugsgebiets mit den Teileinzugsgebieten und den Bemessungspunkten. Zusätzlich sind die Positionen der Bodensondierungen dargestellt.



Legende

- Bemessungspunkte
- Würzebach_Entlastungsstollen
- (Teil-) Einzugsgebietsgrenzen
- Sondierungen



1.1 Gebietskennwerte

Diese Kennwerte beziehen sich auf die in Abbildung 1.1 aufgeführten Teileinzugsgebiete.

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (EZG) (Fusterli)	836 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (Mündung Vierwaldstättersee)	434 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Würzenbach in Udligenswil	0.44 km ²
EZG oberhalb BP 2: Würzenbach ARA Udligenswil	1.01 km ²
EZG oberhalb BP 3: Seitenbach Dotteberg	0.61 km ²
EZG oberhalb BP 4: Würzenbach Sagehof	4.31 km ²
EZG oberhalb BP 5: Mühlebach in Adligenswil, Dorfmitte	0.47 km ²
EZG oberhalb BP 6: Mühlebach Adligenswil, oberhalb Mündung Würzebach	1.07 km ²
EZG oberhalb BP 7: Würzenbach Adligenswil Risibode	3.50 km ²
EZG oberhalb BP 8: Würzenbach vor Entlastungsstollen	8.51 km ²
EZG oberhalb BP 9: Würzenbach nach Entlastungsstollen	8.71 km ²
EZG oberhalb BP 10: Würzenbach vor Mündung Gerlisbergbach	9.5 km ²
EZG oberhalb BP 11: Gerlisbergbach	0.33 km ²
EZG oberhalb BP 12: Würzenbach Mündung Vierwaldstättersee	10.0 km ²

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Arnet X. (1881): Die Niederschläge in Luzern in den Jahren 1861 – 1880, Anhang No. 1 zum Jahrgang 1881 der Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt.
- Bauamt Adligenswil (2015): Dokumentation Hochwasserereignis 7. Juni 2015
- Desserich M. (1980): Hochwasser-Entlastungsstollen Würzenbach Luzern. Technischer Beschrieb und hydraulische Probleme. Schweizer Ingenieur und Architekt 35/80.
- FAL (1988): Bodenkarte Luzern, Blatt 1150, Massstab 1: 25'000, mit Erläuterungen von Peyer K. Hrsg. Eidg. Forschungsanstalt für Landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz.
- Gees A. (1997): Analyse historische und seltener Hochwasser in der Schweiz - Bedeutung für das Bemessungshochwasser. Geographisches Institut der Universität Bern. Geographica Bernensia G53.
- Geiger H., Zeller J., Röthlisberger G. (1991): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 7, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- GIUB (1998): Datenbank der Schadenereignisse der Schweiz (1800 – 1994).
- Haller, P. (2008): Quartiergespräch.
- Holinger AG, Hunziker, Zarn & Partner AG, tur gmbh (2005): Gefahrenkarte Stadt Luzern, Prozess Wasser, Technischer Bericht
- <http://www.adligenswil.ch/de/portrait/geschichte/> aufgerufen im September 2016
- IHW-ETH Zürich, Scherrer AG (2002): Der Einfluss der Siedlungsentwicklung auf die extremen Hochwasser der Glatt (ZH), Bericht 01/24, Dez. 2002.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Kopp J. (1962): Geologischer Atlas der Schweiz, Atlasblatt 28 Luzern im Massstab 1 : 25'000 mit Erläuterungen. Hrsg. Schweiz. Geologische Kommission.
- Kt. LU (2009): Ereignisdokumentation Unwetter 08. August 2009.

- Kt. LU (2014): Ereignisdokumentation Unwetter 29.8.2014.
- Kt. LU (2016): Diverse topographische Daten (Luftbilder, Gewässerkataster, Waldvegetationskarten, etc.)
- Lanz-Stauffer, H. und C. Rommel (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- Meier J. (1939): Die Unwetter in der Schweiz 1900 – 1950. Kant. Tiefbauamt Luzern.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregenereignisse. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- MeteoSchweiz (2015): Expertise Radar 2015106 vom 7./8.6.2015.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- Naef F., Scherrer S., und Frauchiger R. (2004): Wie beeinflusst die Siedlungsentwicklung von Zürich-Nord die Hochwasser der Glatt? Wasser Energie Luft, 96, 11/12, 331-338.
- oeko-b (2015 a): Unwetter 7. Juni 2015, Fotodokumentation Adligenswil (ADL).
- oeko-b (2015 a): Unwetter 7. Juni 2015, Fotodokumentation Udligenswil (UDL).
- oeko-b (2015 a): Unwetter 7. Juni 2015, Fotodokumentation Luzern (LUZ).
- OLV Luzern (2016): Orientierungslaufkarte Meggerwald, Massstab 1 : 15'000, Äquidistanz 5 m.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte WSL, Berichtnummer 330.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer S. (1997): Abflussbildung bei Starkniederschlägen – Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge. In: Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 147.
- Scherrer, S., und Naef, F. (2003): Hochwasserabschätzung mit Niederschlag-Abfluss-Modellen (NAM). Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten – Praxishilfe Berichte des BWG, Bern. Serie Wasser ; Nr. 4, 25-32.
- Spreafico et al. (2003): Hochwasserabschätzung in Schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 4
- StorMe – Naturereigniskataster, www.bafu.admin.ch
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2016): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in den Gemeinden Adligenswil, Udligenswil, Luzern und Meggen (1972-2015).
- Zeitungen, verschiedene.
- Zeller J., Geiger H., Röthlisberger G. (1978): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 3, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

3 Historische Hochwasser

3.1 Einleitung

Abflussmessungen liegen weder am Mühlebach noch am Würzenbach vor. Durch die Erkundung historischer Hochwasser konnten dennoch Informationen über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen gesammelt werden. Das Zusammentragen von Informationen aus Zeitungen, Archiven und Angaben von Anwohnern erschliesst ein Beobachtungszeitraum von ca. 50 Jahren, mit weniger präzisen Angaben ein Zeitraum von maximal 115 Jahren. Das Hochwasser vom Juni 2015 ist aufgrund von Zeugenaussagen und Fotodokumentationen gut belegt. Anhand dieser Aussagen konnte die Abflussspitzen des Hochwassers grob rekonstruiert werden.

3.2 Ausbaugeschichte

Sowohl in Adligenswil und Udligenswil als auch im Quartier Würzenbach am Unterlauf des Würzenbachs setzte ab ca. 1970 starke Bautätigkeit ein. Die Einwohnerzahl von Adligenswil beispielsweise stieg zwischen 1970 und 1990 von 984 auf 4279 (www.adligenswil.ch, 2016). Vor den 1970er Jahren gibt es nur wenige Informationen über Hochwasser. Am Mühlebach in Adligenswil wurde laut Landeskarte (<https://map.geo.admin.ch/>) Anfang der 1970er-Jahre die Eindolung in der Dorfmitte erstellt und Mitte der 1990er-Jahre teilweise wieder aufgehoben. Der Oberlauf des Würzenbachs in Udligenswil wurde abschnittsweise bereits in den 50er-Jahren eingedolt und fliesst bis heute nur teilweise offen durch die Gemeinde. Der Unterlauf des Würzenbachs wurde mit der Bebauung des Würzenbach-Quartiers ab den 1970er-Jahren stark verändert. 1978 wurde der Hochwasser-Entlastungsstollen erstellt (Desserich, 1980).

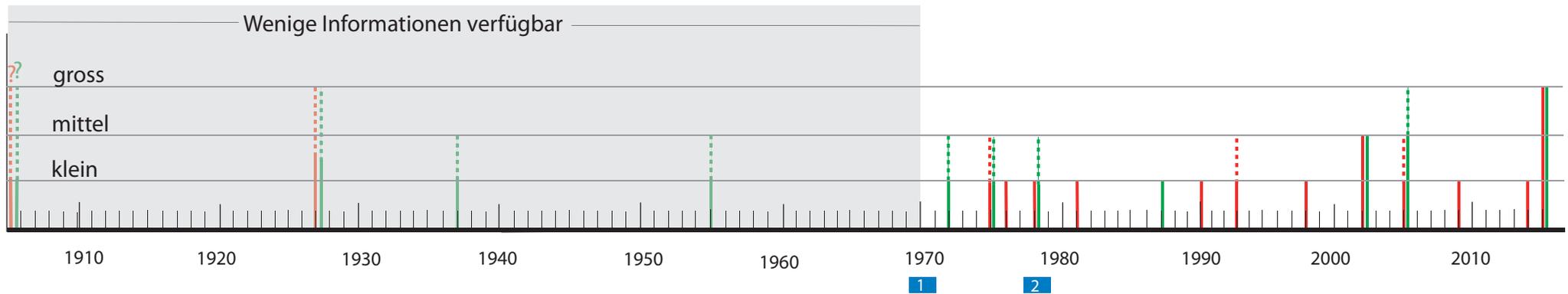
3.3 Die historischen Hochwasser am Mühlebach und am Würzenbach

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser detailliert zusammengestellt. Sowohl der der Mühlebach als auch der Würzenbach finden in Zeitungen und Chroniken (z.B. Röthlisberger, 1991) immer wieder Erwähnung. Zusätzlich brachten Befragungen von Gewährspersonen (Kap. 1.4), die entlang des Baches wohnen oder von Amtes wegen mit dem Bach verbunden sind, wichtige Informationen. Einen Überblick über die Grösse der Hochwasser gibt Abbildung 3.1, im Folgenden werden die wichtigsten Fakten zusammengestellt.

Erstmals erwähnt wird Adligenswil im Zusammenhang mit Hochwasser bereits im Jahre 1693, als „die Mühle des Rudolf Sidler mit allen Gebäulichkeiten und den beiden Mahlhäusern durch ein schreckliches Unwetter weggeschwemmt und zerstört“ wird. Aus dem 20. Jhdt. sind am **26.8.1905**, **2.8.1927**, **27.5.1937** und im **Juli 1955** Ereignisse mit Unwetterschäden in Adligenswil, Udligenswil und vom Würzenbach dokumentiert, ohne dass das Ausmass und der genaue Ort der Überschwemmungen genauer beschrieben wird.

Aus den 1970er-Jahren sind mehrere Hochwasser am Unterlauf des Würzenbach bekannt. Am **26.7.1972** (48 mm in 1 h¹), am **23.8.1975** (89 mm in 2 d) und am **26.7.1976** (93 mm in 1 d) brach der Würzenbach aus und überschwemmte Keller und Strassen. Von diesen Ereignissen sind auch kleinere Überschwemmungen und Hochwasserschäden in Adligenswil und Udligenswil dokumentiert, ohne dass das Ausmass und der genaue Ort der Überschwemmungen beschrieben wird.

¹ Niederschlagswerte von Luzern - Allmend



Bauliche Massnahmen: **1** Beginn starker Bautätigkeit in Adligenswil und Würzenbachquartier
2 Erstellung Hochwasser - Entlastungsstollen

Abb. 3.1: Historische Hochwasser am Mühlebach in Adligenswil (rot) und am Würzenbach in Luzern (grün) seit 1900. Charakterisierung der Grösse der einzelnen Hochwasser anhand der untersuchten Quellen.

Weitere kleinere Überschwemmungen und Hochwasserschäden traten auf in Adligenswil am **18.7.1981** nach Dauerregen auf (83 mm in 2 d) sowie am **4.9.1987** im Würzenbachquartier und am **30.8.1990** in Adligenswil und Udligenswil. Auch vom **23.6.1993**, vom **10.7.1993** und vom **21.7.1998** sind kleinere Überschwemmungen in Adligenswil und Udligenswil bekannt.

Ein grösseres Hochwasser ereignete sich bei einem Gewitter am **6.6.2002** mit Überschwemmungen in Adligenswil, Udligenswil und mit überschwemmten Strassen und Kellern im Würzenbachquartier. Erneute Überschwemmungen im Unterlauf des Würzenbachs in Luzern verursachte das Hochwassereignis vom **21./22.8.2005**, wobei die Schäden in Adligenswil als relativ „glimpflich“ beschrieben werden. Am **8.8.2009** verursachte ein Gewitter in Adligenswil beträchtliche Überschwemmungsschäden. Die Schäden entstanden dabei allerdings nicht durch den Mühlebach, sondern durch Oberflächenabfluss und durch den Lettenbach bzw. Stubenbach, der Richtung Ebikon entwässert. Am 29.8.2014 verursachte ein Gewitter kleinere Überschwemmungsschäden und Ufererosionen.

Am **7.6.2015** gab es sowohl in Adligenswil und Udligenswil als auch im Würzenbachquartier substantielle Überschwemmungen. Zahlreiche Durchlässe waren verkleust und die Bäche traten über die Ufer. In Adligenswil gab es v.a. Schäden durch Oberflächenabfluss und durch den Lettenbach bzw. Stubenbach, der Richtung Ebikon entwässert. Beim Dorfzentrum Teufmatt brach der Mühlebach aus dem Gerinne aus und überschwemmte die Kehlhofstrasse sowie das Gebäude Teufmatt. Grund der Ausuferungen war dabei Verklausungen, Rückstau und die hydraulisch ungünstige Gestaltung des Bachlaufs. Im Unterlauf des Mühlebachs an der Meiersmattstrasse oberhalb der Mündung in den Würzenbach konnte der Abfluss des Mühlebachs auf ca. 3.8 – 5 m³/s abgeschätzt werden.

Im Oberlauf des Würzenbachs in Udligenswil lagerten sich grosse Geschiebemengen ab. In der Folge verkleusten mehrere Durchlässe und der Würzenbach trat über die Ufer. Der Abfluss in der Dorfmitte beim BP 1 betrug ca. 1 – 1.8 m³/s.

Im Unterlauf des Würzenbachs verkleuste der Einlauf zum Entlastungsstollen, so dass die Staumauer überflossen wurde und der Würzenbach unterhalb des Entlastungsstollens ausuferete und im Würzenbachquartier, entlang der Würzenbachstrasse und im Bereich des Verkehrshauses in Luzern Überschwemmungsschäden verursachte. Der Abfluss des Würzenbachs konnte im Würzenbachquartier in Luzern (BP 9) sowie weiter unterhalb im Seefeld (BP 11 im Gerinne + auf der Würzenbachstrasse) abgeschätzt werden. Der Abfluss betrug ca. 10 – 12 m³/s. Die zusätzlich durch den Entlastungsstollen abfliessende Menge kann nur unsicher abgeschätzt werden. Vermutlichen flossen ca. 6 – 8 m³/s durch den Entlastungsstollen.

3.4 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von ca. 40 - 50 Jahren. Wenig detailliert dokumentiert sind Hochwasserereignisse seit Anfang des 20. Jahrhunderts (115 Jahre). Durch starke Bautätigkeit und Veränderungen der Gerinne ab den 1970er-Jahren ist es schwer, die älteren Ereignisse einzuordnen.
- Beim Hochwasser 2015 wurde die Abflussspitze am Mühlebach in Adligenswil (BP 6) auf 3.8 – 5 m³/s geschätzt. Am Würzenbachs in Udligenswil flossen ca. 1 – 1.8 m³/s ab. Im Unterlauf des Würzenbach beim Entlastungsstollen (BP 8) dürften beim Hochwasser 2015 ca. 16 - 20 m³/s abgeflossen sein. Aufgrund der teilweisen Verklausung des Entlastungsstollens bei diesem sowie auch bei anderen Ereignissen können Abfluss und Wiederkehrperiode kaum eingeschätzt werden.
- In Udligenswil und Adligenswil erzeugten v.a. Gewitter verschiedene Hochwasser mit kleineren Überschwemmungen. Im Unterlauf des Würzenbachs waren sowohl Gewitter als auch Landregen Auslöser von Hochwasser.

4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

4.1 Einleitung

Wie viel Wasser bei Starkregen in den Boden eindringt und vorübergehend zurückgehalten wird und wie viel Wasser sofort abfließt, hängt von der Gebietsausstattung ab (Geomorphologie, Geologie, Böden, Vegetation, Landnutzung). Welche Abflussprozesse bei Starkregen ablaufen, wurde detailliert mittels Beregnungsversuchen untersucht (Scherrer, 1997; Naef et al., 1999). Darauf aufbauend wurde ein Bestimmungsschlüssel entwickelt, der die Identifikation hochwasserrelevanter Flächen erlaubt (Scherrer AG, 2004). Die Beurteilung des EZG des Würzenbachs nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

4.2 Geologie und Hydrogeologie

Die geologische Grundlagen stammen aus Kopp (1962) und die hydrogeologischen Angaben aus Jäckli und Kempf (1972).

Geologie: Das EZG liegt in der sog. „Würzenbach-Antiklinale“, die als Gewölbe heute nicht mehr in Erscheinung tritt. Südlich des Würzenbach fallen die Schichten der dominierenden Unteren Süsswassermolasse (USM) gegen Süden hin ein, nördlich des Bachs fallen sie gegen Norden steil ein. Die USM ist stark gefaltet (Subalpine Molasse) und bildet ein 2 – 5 km breites Band zwischen Vierwaldstättersee und Rontal. Sie bestimmt weitgehend den Untergrund im EZG und besteht aus granitischen Sandsteinen und grauem oder bunten Mergeln. Einzelne Nagelfluhschichten durchziehen die Hänge. Da der Fels nur an wenigen Stellen aufgeschlossen ist, ist eine räumliche Unterscheidung zwischen Sandsteinen und Mergeln nicht möglich. Untergeordnet liegt auch Moräne der Würmvereisung im Gebiet. In flacheren Teilen des Talbodens dürften es auch Grundmoräne oder Verlandungssedimente sein, die stauend wirken und die Voraussetzung für die dort vorkommenden nassen Böden und Sümpfe (Moore) bilden.

Hydrogeologie: Die Durchlässigkeit der USM wird als mittelgross bis gering betrachtet. Die USM dürfte nur lokal stauend sein (siehe Kap. 4.3). Der Grundwasserträger im Würzenbach-Talboden ist geringmächtig und ohne Bedeutung für die Wasserversorgung. In der USM sind etliche Quellen jedoch ohne grosse Schüttung vorhanden (Kt. LU, 2015; Jäckli & Kempf, 1972).

4.3 Böden

Als bodenkundliche Grundlagen standen die generalisierte Bodenkarte des Blatts Luzern (FAL, 1988), die Bodenhypothesekarte und die Moor- und Flachmoorkartierung (Kt. LU, 2016) zur Verfügung. Indirekte Information über die Eigenschaften der Böden konnten aus der geologischen Karte Luzern und aus der Orientierungslaufkarte (OLV Luzern, 2016) gewonnen werden. Spezifischer Einblick in Bodengeographie ergaben hingegen die 26 Sondierungen (W1 – W26) mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm). Die Sondierorte wurden verteilt im EZG so festgelegt, dass spezifische Fragen wie Vernässungsgrad, Körnung und Mächtigkeit der Böden beantwortet werden konnten.

Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen und die Profile sind im Anhang 4.1a-c dargestellt und im Anhang 4.2 kurz beschrieben. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und nach dem zu erwartenden Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft.

Grosse Flächen im EZG weisen sandig-siltige, gut durchlässige Braunerden mittlerer bis grosser Mächtigkeit auf (Wü1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25). In einzelnen steileren Lagen entwickelten sich flachgründigere Braunerde-Böden (Wü1, 7, 21) oder gar Ranker (Wü5, 8). Letztere traten auf sehr hartem Sandstein oder Nagelfluh auf. Anzeichen auf zeitweisen Wasserstau in den Profilen wurden kaum festgestellt, selbst in Muldenlagen (Wü3, 8 und 13) nicht. Leichte Staunässespuren wurden nur bei Wü4 (Pseudogley) und Wü23 und 26 (Braunerde vergleyt) angetroffen. Dies lässt darauf schliessen, dass die verbreitet vorkommende USM kein ausgesprochener Stauer ist. Nasse Böden wurden lediglich im Talboden des Würzenbachs (W10: Buntogley) angetroffen und in leicht geneigten oder ebenen Muldenlagen im Meggerwald (Wü16: Anmooriger Fahlgley, 19: Moorboden, 22: Anmooriger Fahlgley). Offenbar drainieren diese Standorte aufgrund ihrer Flachheit kaum oder nur langsam.

4.3 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen

Die Beurteilung der natürlichen Flächen stützt sich im Wesentlichen auf die geologische Karte und vor allem auf die Bodensondierungen. Gemäss den in Tabelle 4.1 aufgeführten Kriterien wurden Prozesse, welche einen ähnlich starken Beitrag zur Entstehung von Hochwasser leisten, kartiert und zu sog. Abflusstypen zusammengefasst (Abb. 4.1). Diese dienen als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell QArea.

Nassflächen werden rasch gesättigt (Prozess: Oberflächenabfluss aufgrund rasch sich sättigender Flächen, SOF1) und tragen wie undurchlässige Flächen (Oberflächenabfluss aufgrund Infiltrationshemmnissen, HOF1, 2) rasch zum Abfluss bei. Solche Flächen sind im EZG wenige vorhanden, beispielsweise in nassen Quellmulden (Abflusstyp 1: 2% Flächenanteil).

Feuchte Mulden und die unteren Teile langer Hänge weisen in Bachnähe ein geringes Feuchtedefizit auf und sättigen sich bei Starkregen (verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund der Sättigung: SOF2). Drainierte Flächen an Hängen, oder bewaldete, sehr flachgründige Böden in Steilhängen lösen raschen Abfluss im Boden aus (SSF1). Diese Flächen tragen leicht verzögert zur Entstehung von Hochwasser bei (Abflusstyp 2, 9.5 %).

Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit werden gesättigt und es bildet sich verzögerter Oberflächenabfluss (SOF2 - 3). Auf flachgründigen Böden an bewaldeten Hängen, in stau- oder hangwasserbeeinflussten Böden entsteht verzögerter Abfluss im Boden (SSF2). Sie alle gehören dem Abflusstyp 3 an (15 %).

Ein Grossteil der Böden im EZG sind gut durchlässig und auch speicherfähig. Bei Starkregen werden sie erst nach sehr ergiebigen Niederschlägen gesättigt (Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen, SOF3; stark verzögerter Abfluss im Boden SSF3). Solche Flächen tragen daher stark verzögert und nur mässig zum Hochwasser bei (Abflusstyp 4, 55 %). Im günstigen Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund (Tiefensickerung, DP, Abflusstyp 5, 0 %). Solche Flächen sind keine vorhanden.

4.4 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die überbauten Flächen machen 18 % des EZG aus und wurden nach ihrer Hochwasserrelevanz gesondert kartiert. Die Beurteilung basiert auf den Erfahrungen der Glattstudie (IHW / Scherrer AG, 2002; Naef et al., 2004). Wichtige Kriterien waren dabei die Bebauungsdichte und die Geländeneigung. Die Siedlungsflächen wurden in drei verschiedene Abflusstypen mit unterschiedlicher Abflussreaktion unterteilt (Tab. 4.2), welche ebenfalls als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell QArea dienen.

Die Abflusstypen 1-3 und die Siedlungstypen machen insgesamt 44.9 % des EZG aus. Die Abflussreaktion des Würzenbachs wird daher als stark beurteilt. Betrachtet man nur die natürlichen Flächen (Abflusstypen 1-3) wäre die Reaktion nur schwach bis mässig.

4.5 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2a und 4.2b zeigen 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. Eingezeichnet sind die Spitzen- und die Volumenabflusskoeffizienten. Letztere zeigen, dass von den flächenmässig dominierenden Abflusstypen 3 und 4 der natürlichen Flächen (28.8 % resp. 31.8 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 30 % resp. 10 % abfließt.

Für die Herleitung von Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen besteht eine grosse Erfahrung aus zahlreichen Studien. Vergleichbare Erfahrungen für besiedelte Flächen existieren hingegen weniger. Die Abflussreaktionskurven der Siedlungsgebiete beruhen im Wesentlichen auf Erkenntnissen, die im Rahmen der Glatstudie gewonnen wurden (IHW / Scherrer AG, 2002). Demnach fließen vom Siedlungs-Abflusstyp S1 (2.6 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 85 % ab, bei S2 (11.4 % des EZG) 42 % und S3 (5 % des EZG) 20 %.

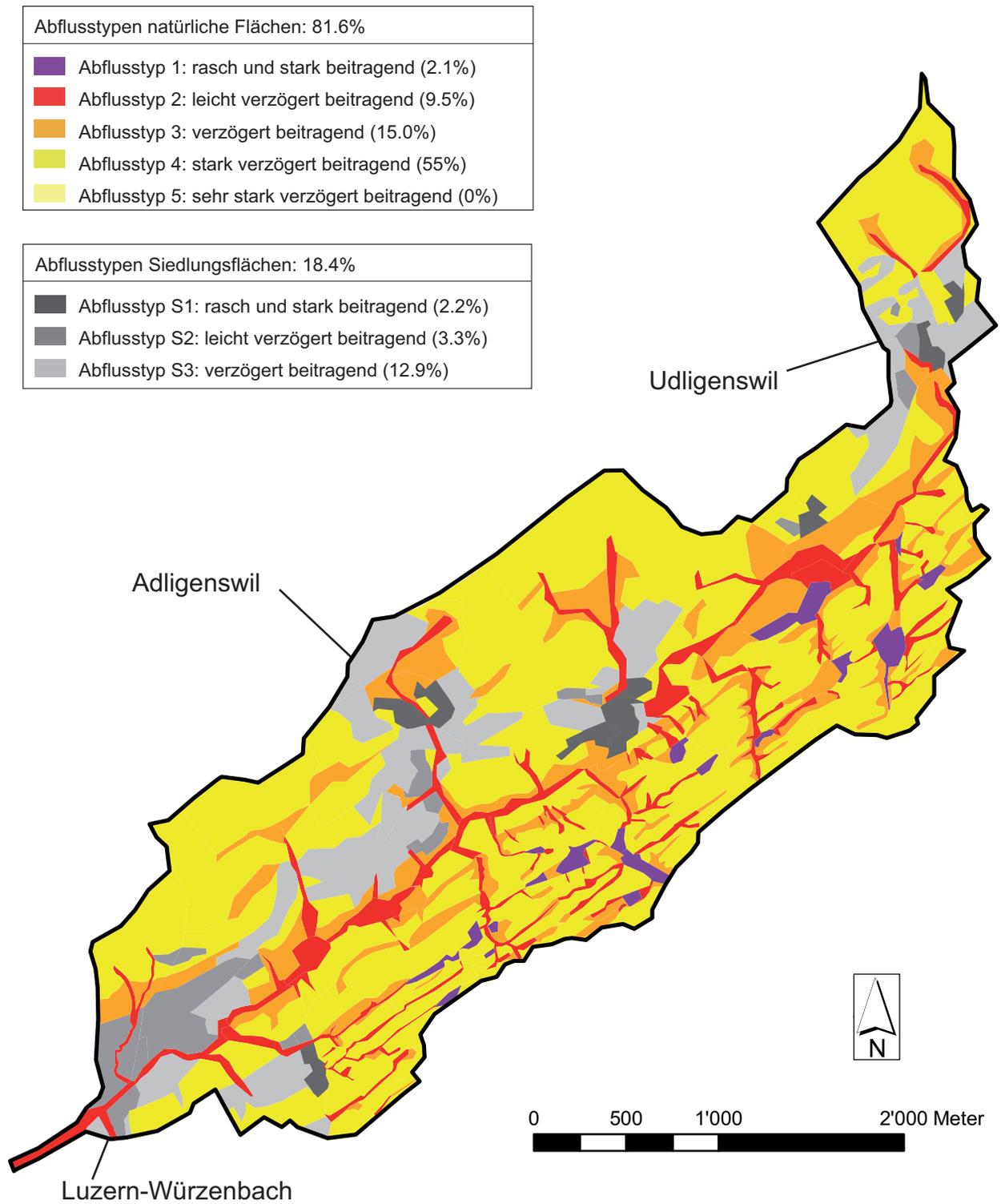


Abb. 4.1: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im Einzugsgebiet des Würzenbachs.

Tab. 4.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen im EZG des Würzenbachs.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken.	0.20	2.1
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feuchtfächen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	0.92	9.5
		Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2)	Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden, Moore an geneigter Lage.		
		Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über schwach durchlässigem Fels mit grossem Gefälle, drainierte Flächen in Hanglage.		
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF2 - SOF3)	Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit. Nasse Flächen in ebener Lage.	1.45	15.0
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über Fels oder Moräne, Flächen in Gerinnenähe, drainierte Böden in flacher Lage.		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit.	5.33	55
		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 (Moräne, Schotter).	0.0	0
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				7.9	81.6

Tab. 4.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen im EZG des Würzenbachs.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil	
			(km ²)	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.21	2.2
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.32	3.3
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	1.24	12.9
Total			1.77	18.4

4.6 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2a und 4.2b zeigen 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. Letztere zeigen, dass von den flächenmässig dominierenden Abflusstypen 3 und 4 der natürlichen Flächen (15 % resp. 55 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 30 % resp. 10 % abfliesst. Die Abflusstypen (Abb. 4.1) und die Abflussreaktionskurven (Abb. 4.2 a und b) sind eine wichtige Grundlage für das Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM). Sie beschreiben im Wesentlichen die Abflussbildung des Gebiets.

Für die Herleitung von Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen besteht eine grosse Erfahrung aus zahlreichen Studien. Vergleichbare Erfahrungen für besiedelte Flächen existieren hingegen weniger. Die Abflussreaktionskurven der Siedlungsgebiete beruhen im Wesentlichen auf Erkenntnissen, die im Rahmen der Glatstudie gewonnen wurden (IHW / Scherrer AG, 2002). Demnach fliessen vom Siedlungs-Abflusstyp S1 (2.2 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 85 % ab, bei S2 (3.3 % des EZG) 42 % und S3 (12.9 % des EZG) 20 %.

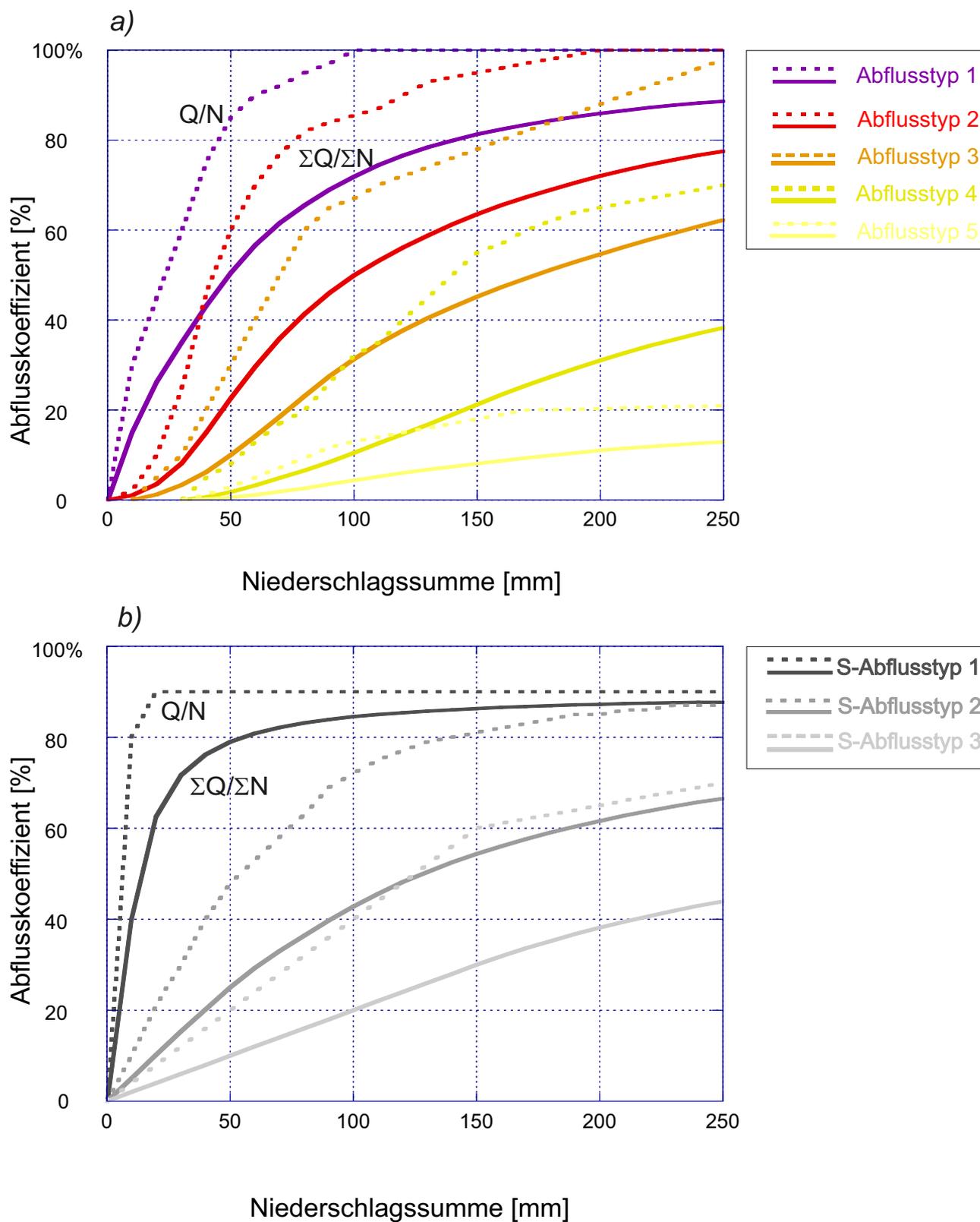


Abb. 4.2: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 4.2a) und für Siedlungsflächen (Abb. 4.2b). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie).

5 Abflussberechnungen

5.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) Q_{AREA} wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt und erfasst die bei der Hochwasserentstehung beteiligten Abflussprozesse (Scherrer & Naef, 2003). 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 Q_{AREA}

Die Abbildung 5.1 zeigt die Grundlagen des NAM Q_{AREA}. Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für den Würzenbach bzw. den Mühlebach in Adligenswil erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q_{AREA}:

- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1c, Kap. 4.6).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 5.1d).

Ein Schema des eingesetzten Modells ist im 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 Abflusstyp 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.

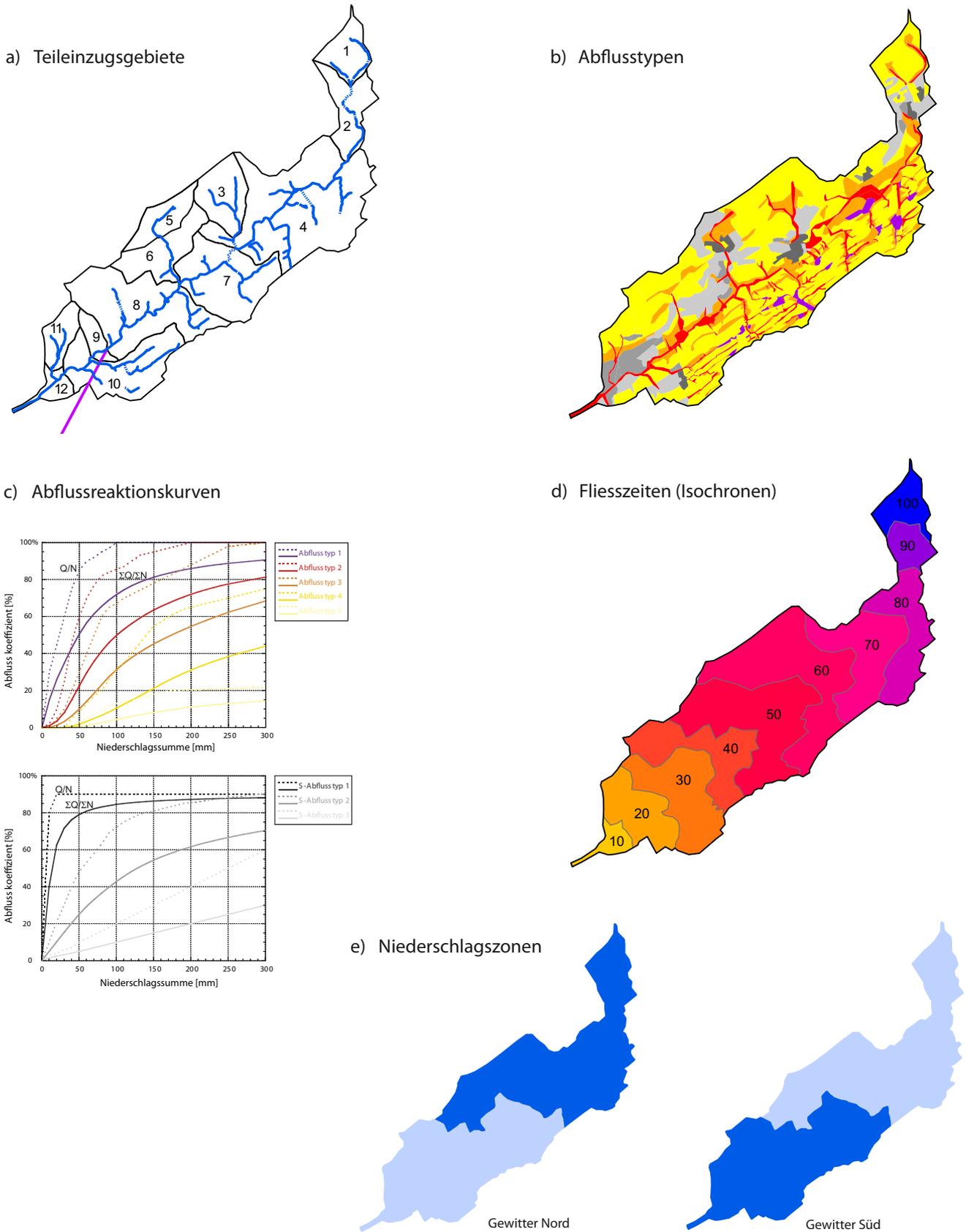


Abb. 5.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA:
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten, b) die Abflusstypen,
c) die Abflussreaktionskurven, d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
e) die Niederschlagszonen.

5.3 Modellverifikation

Für die Modelleichung wurden die Hochwasser vom 5./6.6.2002, vom 21./22. August 2005, vom 8. August 2007, vom 8. August 2009 und vom 7. Juni 2015 (Abb. 6.2) nachgerechnet. Bei diesen Hochwasserereignissen waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es konnten die zeitlichen Niederschlagsverteilungen der hoch aufgelöst messenden kantonalen Stationen Emmen und Root für den Niederschlagsinput verwendet werden.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler sowie von Radardaten (Ereignis 2015) konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden. Für das Hochwasser 2015 standen lokale Beobachtungen zur Verfügung, mit denen die lokal gefallene Niederschlagsmenge abgeschätzt werden konnte.

Die Abflussspitzen der Hochwasser 2002, 2005, 2007 und 2009 konnten nur sehr ungenau abgeschätzt werden. Lediglich vom Hochwasser 2015 konnte anhand von Fotos und Aussagen die Abflussspitze am Mühlebach in Adligenswil (BP 6) und am Würzenbach in Luzern (BP 8) grob abgeschätzt werden. Insgesamt ergibt das Modell plausible Ergebnisse und kann für die Abflussberechnungen (Kap. 5.5) eingesetzt werden.

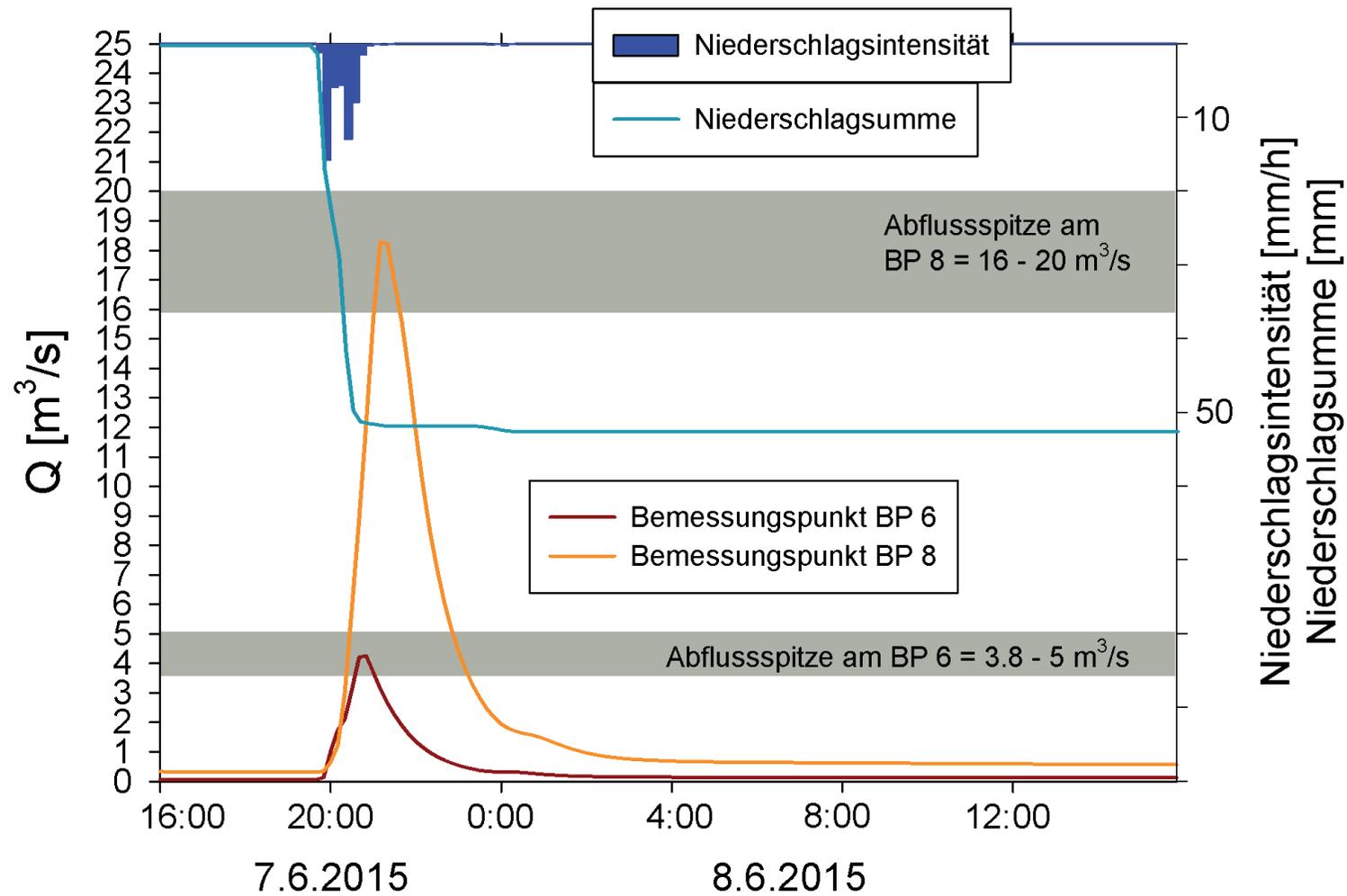


Abbildung 5.2: Die mit dem Modell QArea berechneten Abflüsse des Mühlebachs am Berechnungspunkt BP 6 und des Würzenbachs am BP 8 am 7.-8.6.2015 im Vergleich mit den Abschätzungen.

5.4 Niederschlag-Szenarien

5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Bei langandauernden Niederschlagsereignissen (12 – 48 h Dauer) wurde angenommen, dass das ganze EZG gleichmässig überregnet wird. Hingegen sind die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen (≤ 4 h Dauer) fallen, auf wenige km^2 begrenzt. Das langgestreckte Würzenbach-EZG mit 10 km^2 kann von kurzen, lokalen Starkniederschlägen nicht gleichmässig überregnet werden. Daher wurden zwei massgebende Gewitterszenarien für die Niederschläge mit einer Dauer von vier Stunden oder weniger festgelegt (Abb. 5.1e):

Gewitterszenario Süd: Die Teileinzugsgebiete unterhalb BP 7 werden voll, die übrigen Teileinzugsgebiete mit halbierten Niederschlagsintensitäten überregnet.

Gewitterszenario Nord: Die Teileinzugsgebiete oberhalb BP 7 werden voll, die übrigen Teileinzugsgebiete mit 56% der Niederschlagsintensitäten überregnet².

5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Südwestlich des EZG des Würzenbachs liegt die Regenmessstation Luzern der MeteoSchweiz. Von den Regenmessstationen, die über eine statistische Auswertung verfügen, liegt Luzern dem EZG 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) ausgewertet³.

Bezüglich der Niederschläge mit kurzer Dauer wurden die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Station Luzern der Jahre 1981 bis 2014 ausgewertet (Anhang 7). Zusätzlich stand die Auswertung der Pluviographenstreifen von 1959 bis 1977 zur Verfügung (Zeller et al., 1978), so dass eine 53 jährliche Messreihe vorliegt (10 Min., 20 Min., 1 h und 4 h). Weitere bekannte Extremwerte wurden berücksichtigt (Arnet, 1881; SMA, 1945; Geiger et al., 1991; Scherrer AG, 2015):

- 57 mm in 45 Min. am 4.6.1875
- 100 bis 105 mm in 25 Minuten am 24.8.1944
- 66 mm in 45 Minuten am 7.6.2015.

Aufgrund der 1875, 1944 und 2015 beobachteten Gewitterniederschläge wurden die mit der neuen Statistik (Anhang 7) ermittelten Niederschläge von 0.5 bis 4 h um den Faktor 1.2 - 1.4 erhöht (Tab. 5.1).

Bei kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer wurde eine zeitliche Dreiecksverteilung angenommen mit der Niederschlagsspitze nach einem Drittel der Niederschlagsdauer. Für die 12 h-, 24 h- und 48 h-Niederschläge wurde eine gleichmässige zeitliche Verteilung (Blockregen) verwendet. Tabelle 5.1 zeigt die für die Modellrechnungen verwendeten Werte:

²Beim Gewitterszenario Süd werden die nicht voll berechneten Teileinzugsgebiete zu 50% beregnet, bei den Gewitterszenarien Nord zu 56%. So ist gewährleistet, dass trotz unterschiedlicher Grösse des voll überregneten Teilgebiets bei allen Szenarien gleich viel Niederschlag auf das gesamte EZG fällt.

³Die neuen statistischen Werte der Station Luzern sind gegenüber Zeller et al. (1978) für den 100-jährlichen 1-Tageswert ca. 5 % höher.

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

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/10 min]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	45.1	22.6
1h30j_dreieck	1		Dreieck	58.2	17.0
2h30j_dreieck	2		Dreieck	67.3	10.5
4h30j_dreieck	4		Dreieck	74.2	6.0
12h30j_block	12		Blockregen	89.7	1.3
24h30j_block	24		Blockregen	102.1	0.7
48h30j_block	48		Blockregen	118.9	0.4
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	57.3	28.7
1h100j_dreieck	1		Dreieck	75.3	21.9
2h100j_dreieck	2		Dreieck	87.6	13.7
4h100j_dreieck	4		Dreieck	95.4	7.7
12h100j_block	12		Blockregen	106.3	1.5
24h100j_block	24		Blockregen	119.5	0.8
48h100j_block	48		Blockregen	138.1	0.5
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	70.0	35.0
1h300j_dreieck	1		Dreieck	92.8	27.1
2h300j_dreieck	2		Dreieck	108.8	17.0
4h300j_dreieck	4		Dreieck	117.6	9.5
12h300j_block	12		Blockregen	121.4	1.7
24h300j_block	24		Blockregen	135.3	0.9
48h300j_block	48		Blockregen	155.5	0.5

5.5 Hochwasser - Entlastungsstollen

Beim BP 8 oberhalb des Würzenbach – Quartiers (Abb. 1.1) liegt der Einlauf zum Hochwasser - Entlastungsstollen (Desserich, 1980), der 1978 als Hochwasserschutzmassnahme für die Luzerner Seequartiere realisiert wurde. Der Entlastungsstollen hat eine Länge von 1460 m, ein Gefälle von 1.175% und einen Innendurchmesser von 3.08 m. Die Kapazität des Entlastungsstollens beträgt nach Desserich (1980) ca. 27 m³/s. Das Einlaufbauwerk wurde als Verzweigungsbauwerk mit Geschiebe-Rückhaltebecken realisiert. Der Inhalt des Rückhaltebeckens umfasst etwa 100 m³. Der maximale Durchfluss im alten Gerinne des Würzenbachs wurde laut Trenncharakteristik auf 2 m³/s limitiert. Diese Trenncharakteristik aus Desserich (1980) wurde in das NAM übernommen. Beim Hochwasser 2015 wurde der Einlauf des Entlastungsstollens mit Schwemmholz teilweise verstopft, so dass die Kapazität stark verringert war. In den Berechnungen mit dem NAM wurde die volle Kapazität des Stollens berücksichtigt. Die Abflüsse für die unterhalb des Entlastungsstollens liegenden Bemessungspunkte wurden dann einmal mit und einmal ohne Berücksichtigung des Entlastungsstollens berechnet.

5.6 Abflussberechnungen

Die Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2005 und August 2007 (Anhang 2) zeigte, dass in den Tagen vor den das Hochwasser auslösenden intensiven Niederschlägen bereits jeweils etwa 70 mm Regen fielen, die das Abflussverhalten des EZG beeinflussten. Deshalb wurden für die Berechnungen der langen 12 h-, 24 h- und 48 h- Niederschläge mit einem Vorregen von 70 mm gerechnet. Heftige Gewitter fallen in der Regel eher auf trockene Vorbedingungen. Bei den kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer wurde deshalb kein Vorregen berücksichtigt.

Tabellen 5.2 und 5.3 zeigen die Resultate der Modellrechnungen ohne Berücksichtigung des Hochwasser-Entlastungsstollens, die Tabelle 5.4 die Resultate der Modellrechnungen mit Berücksichtigung des Hochwasser-Entlastungsstollens. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass am Mühlebach in Adligenswil Gewitterniederschläge von 1- 2 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen. Im Unterlauf des Würzenbachs erzeugen auch langandauernde Niederschläge annähernd grosse Abflüsse wie Gewitter. Die Resultate der Abflussberechnungen stehen damit im Einklang mit den Beobachtungen historischer Hochwasser (vgl. Kap. 3): Hohe Abflüsse wurden sowohl in Adligenswil als auch im Unterlauf des Würzenbachs nach Gewittern wie im Juni 2015 beobachtet, im Unterlauf des Würzenbachs aber auch nach Landregen wie im August 2005.

Tab. 5.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QAREA (BP 1 – BP 6).

Wiederkehrperiode [Jahre]	Dauer des Niederschlag [h]	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten					
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6
30	0.5	Gewitter Nord	0.7	2.0	1.0	7.5	1.0	2.2
	1	Gewitter Nord	0.9	2.5	1.3	10.2	1.2	2.8
	2	Gewitter Nord	0.8	2.4	1.2	10.2	1.1	2.6
	4	Gewitter Nord	0.6	1.8	1.0	8.1	0.9	2.0
	0.5	Gewitter Süd	0.2	0.8	0.3	2.8	0.4	0.9
	1	Gewitter Süd	0.3	0.9	0.4	3.7	0.5	1.1
	2	Gewitter Süd	0.3	0.9	0.4	3.7	0.4	1.0
	4	Gewitter Süd	0.2	0.7	0.3	2.9	0.3	0.8
	12	Blockregen	0.6	1.4	0.8	6.1	0.7	1.5
	24	Blockregen	0.4	0.9	0.5	3.7	0.4	0.9
48	Blockregen	0.2	0.6	0.3	2.3	0.3	0.6	
100	0.5	Gewitter Nord	1.1	3.1	1.7	11.7	1.5	3.4
	1	Gewitter Nord	1.5	3.9	2.2	16.2	1.9	4.4
	2	Gewitter Nord	1.4	3.8	2.0	16.3	1.8	4.2
	4	Gewitter Nord	1.0	2.9	1.6	12.6	1.4	3.1
	0.5	Gewitter Süd	0.3	1.1	0.5	4.2	0.6	1.3
	1	Gewitter Süd	0.4	1.4	0.7	5.8	0.7	1.7
	2	Gewitter Süd	0.4	1.4	0.7	6.0	0.7	1.6
	4	Gewitter Süd	0.3	1.1	0.5	4.7	0.5	1.2
	12	Blockregen	0.7	1.8	1.0	7.6	0.8	1.9
	24	Blockregen	0.4	1.1	0.6	4.5	0.5	1.1
48	Blockregen	0.3	0.7	0.4	2.8	0.3	0.7	
300	0.5	Gewitter Nord	1.7	4.4	2.5	16.9	2.2	4.9
	1	Gewitter Nord	2.2	5.7	3.3	23.5	2.8	6.4
	2	Gewitter Nord	2.1	5.5	3.1	23.7	2.6	6.0
	4	Gewitter Nord	1.6	4.1	2.3	18.1	2.0	4.5
	0.5	Gewitter Süd	0.5	1.6	0.8	6.0	0.8	1.8
	1	Gewitter Süd	0.7	2.1	1.1	8.5	1.0	2.4
	2	Gewitter Süd	0.7	2.0	1.0	8.8	1.0	2.3
	4	Gewitter Süd	0.5	1.5	0.8	6.8	0.7	1.7
	12	Blockregen	0.9	2.1	1.2	8.9	1.0	2.2
	24	Blockregen	0.5	1.2	0.7	5.2	0.6	1.3
48	Blockregen	0.3	0.8	0.4	3.2	0.4	0.8	

Tab. 5.3: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q_{AREA} (BP 7 – BP 12).

Wiederkehrperiode [Jahre]	Dauer des Niederschlag [h]	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m^3/s] bei den Berechnungspunkten					
			BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12
30	0.5	Gewitter Nord	9.4	9.8	9.9	10.4	0.2	10.6
	1	Gewitter Nord	12.9	13.6	13.7	14.3	0.3	14.6
	2	Gewitter Nord	13.4	14.1	14.2	14.9	0.2	15.2
	4	Gewitter Nord	10.7	11.4	11.5	12.1	0.2	12.5
	0.5	Gewitter Süd	5.5	7.6	7.9	9.6	0.7	10.7
	1	Gewitter Süd	7.3	10.3	10.6	13.1	0.9	14.5
	2	Gewitter Süd	7.5	10.7	11.1	13.6	0.8	15.1
	4	Gewitter Süd	6.0	8.8	9.1	11.1	0.6	12.3
	12	Blockregen	9.3	11.5	11.8	13.4	0.5	14.2
	24	Blockregen	5.7	7.1	7.3	8.2	0.3	8.7
48	Blockregen	3.6	4.5	4.6	5.1	0.2	5.5	
100	0.5	Gewitter Nord	14.7	15.4	15.5	16.2	0.3	16.6
	1	Gewitter Nord	20.6	21.7	21.8	22.7	0.4	23.2
	2	Gewitter Nord	21.4	22.6	22.8	23.8	0.4	24.3
	4	Gewitter Nord	16.7	17.9	18.0	19.0	0.3	19.5
	0.5	Gewitter Süd	8.5	11.9	12.3	14.9	1.1	16.5
	1	Gewitter Süd	11.5	16.3	16.9	20.7	1.4	22.9
	2	Gewitter Süd	11.9	17.2	17.8	21.7	1.3	24.0
	4	Gewitter Süd	9.4	13.8	14.3	17.4	1.0	19.2
	12	Blockregen	11.5	14.3	14.6	16.5	0.6	17.5
	24	Blockregen	6.9	8.6	8.8	9.9	0.4	10.6
48	Blockregen	4.3	5.3	5.5	6.2	0.2	6.5	
300	0.5	Gewitter Nord	21.0	22.1	22.3	23.2	0.5	23.7
	1	Gewitter Nord	29.9	31.5	31.7	32.9	0.6	33.6
	2	Gewitter Nord	31.1	33.0	33.2	34.7	0.6	35.5
	4	Gewitter Nord	23.9	25.7	25.9	27.2	0.4	28.0
	0.5	Gewitter Süd	12.0	16.9	17.5	21.2	1.7	23.4
	1	Gewitter Süd	16.7	23.8	24.6	30.1	2.1	33.1
	2	Gewitter Süd	17.4	25.2	26.1	31.7	1.9	35.0
	4	Gewitter Süd	13.5	19.8	20.6	25.0	1.4	27.5
	12	Blockregen	13.6	16.9	17.3	19.5	0.7	20.7
	24	Blockregen	8.0	10.0	10.2	11.5	0.4	12.2
48	Blockregen	4.9	6.1	6.3	7.0	0.3	7.5	

Tab. 5.4: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q_{AREA} (BP 7 – BP 12) unter Berücksichtigung des Entlastungsstollens.

Wiederkehrperiode [Jahre]	Dauer des Niederschlag [h]	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m^3/s] bei den Berechnungspunkten					
			BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12
30	0.5	Gewitter Nord	9.4	9.8	2.0	2.7	0.2	3.1
	1	Gewitter Nord	12.9	13.6	2.0	2.9	0.3	3.4
	2	Gewitter Nord	13.4	14.1	2.0	2.8	0.2	3.4
	4	Gewitter Nord	10.7	11.4	2.0	2.7	0.2	3.1
	0.5	Gewitter Süd	5.5	7.6	2.0	4.2	0.7	5.6
	1	Gewitter Süd	7.3	10.3	2.1	4.9	0.9	6.6
	2	Gewitter Süd	7.5	10.7	2.1	4.7	0.8	6.3
	4	Gewitter Süd	6.0	8.8	2.0	4.1	0.6	5.3
	12	Blockregen	9.3	11.5	2.0	3.5	0.5	4.3
	24	Blockregen	5.7	7.1	2.0	2.9	0.3	3.4
48	Blockregen	3.6	4.5	2.0	2.6	0.2	2.9	
100	0.5	Gewitter Nord	14.7	15.4	2.0	3.1	0.3	3.7
	1	Gewitter Nord	20.6	21.7	2.0	3.4	0.4	4.2
	2	Gewitter Nord	21.4	22.6	2.0	3.3	0.4	4.1
	4	Gewitter Nord	16.7	17.9	2.0	3.0	0.3	3.6
	0.5	Gewitter Süd	8.5	11.9	2.0	5.4	1.1	7.5
	1	Gewitter Süd	11.5	16.3	6.5	6.5	1.4	9.1
	2	Gewitter Süd	11.9	17.2	6.2	6.2	1.3	8.7
	4	Gewitter Süd	9.4	13.8	2.0	5.2	1.0	7.1
	12	Blockregen	11.5	14.3	2.0	3.9	0.6	4.9
	24	Blockregen	6.9	8.6	2.0	3.1	0.4	3.7
48	Blockregen	4.3	5.3	2.0	2.7	0.2	3.1	
300	0.5	Gewitter Nord	21.0	22.1	2.0	3.5	0.5	4.4
	1	Gewitter Nord	29.9	31.5	4.7	5.9	0.6	6.6
	2	Gewitter Nord	31.1	33.0	6.2	7.7	0.6	8.5
	4	Gewitter Nord	23.9	25.7	2.0	3.4	0.4	4.3
	0.5	Gewitter Süd	12.0	16.9	2.0	6.9	1.7	9.8
	1	Gewitter Süd	16.7	23.8	2.0	8.4	2.1	12.1
	2	Gewitter Süd	17.4	25.2	2.2	8.1	1.9	11.6
	4	Gewitter Süd	13.5	19.8	2.1	6.5	1.4	9.1
	12	Blockregen	13.6	16.9	2.0	4.2	0.7	5.4
	24	Blockregen	8.0	10.0	2.0	3.3	0.4	4.0
48	Blockregen	4.9	6.1	2.0	2.8	0.3	3.2	

6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

6.1 Einleitung

Im Sinne einer Synthese werden die Erkenntnisse der Untersuchung der Abflussreaktion, der historischen Hochwasser und der Resultate der Modellrechnungen zusammengeführt. Letztere beiden werden in einem Frequenzdiagramm zueinander in Beziehung gesetzt, um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen. Dies liefert ein Gesamtbild und zeigt den Unsicherheitsbereich der einzelnen Untersuchungen und der Hochwasserabschätzung auf. Bei der Festlegung der massgebenden Abflüsse verspricht dieses Vorgehen eine grössere Verlässlichkeit.

6.2 Mühlebach Adligenswil

Die wesentlichen Punkte der einzelnen Untersuchungen:

Ergebnisse der Erkundung historischer Hochwasser (Kap. 3):

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von ca. 50 Jahren, eingeschränkt von ca. 115 Jahren.
- V.a. Gewitter erzeugten in Adligenswil in der Vergangenheit Hochwasser mit kleineren Überschwemmungen. Dabei war jedoch meist weniger der Mühlebach betroffen. Schäden entstanden v.a. durch den Lettenbach / Stubebach bzw. durch Oberflächenabfluss.
- Beim Hochwasser 2015 wurden beim BP 6 3.8 – 5 m³/s geschätzt. Dieser Wert war vermutlich der grösste seit ca. 1965 (Wiederkehrperiode 50 Jahre). Über die Periode seit Anfang des 20. Jhdts. betrachtet war evtl. das Hochwasser von 1927 gleich gross oder grösser (Wiederkehrperiode 57 – 115 Jahre). Der Niederschlag des Ereignisses vom Juni 2015 kann als mindestens 100jährlich eingestuft werden (Kap. 5.4).

Ergebnisse der Beurteilung der Abflussreaktion (Kap. 4): Die Abflusstypen 1-3 und S1 - S3 sind die Flächen im EZG, welche bei einem Gewitter zum Abfluss beitragen und mehr als die Hälfte des EZG ausmachen (57%). Deshalb kann die Abflussreaktion des Mühlebachs als mässig - stark beurteilt werden.

Ergebnisse der Berechnungen mit dem Niederschlag-Abflussmodell (Kap. 5):

Die Ergebnisse der Abflussberechnungen (gelbe Balken in Abb. 6.1) ermöglichen zusammen mit den Ergebnissen der historischen Erkundungen die Abschätzung seltener Hochwasser. Gemäss Modellrechnungen ergibt sich beim BP 6 aus den grössten 3 mit dem NAM berechneten Werten für ein HQ₃₀ 2.2 – 2.8 m³/s, für ein HQ₁₀₀ 3.4 – 4.4 m³/s und für ein HQ₃₀₀ 4.9 – 6.4 m³/s.

Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit:

Die roten Linien (Abb. 6.1) markieren den Unsicherheitsbereich der vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Aufgrund der historischen Erkundungen bzw. der Einschätzung des Hochwassers 2015 wurden die berechneten Werte erhöht. In Tabelle 6.1 sind die vorgeschlagenen HQ_x aufgeführt. Am BP 6 schlagen wir für das HQ₃₀ einen Bereich von 2.5 – 3.2 m³/s, für das HQ₁₀₀ 3.8 - 5 m³/s und für das HQ₃₀₀ 5 – 6.5 m³/s vor. Beim BP 5 (Dorfzentrum Adligenswil) sind es 1.1 – 1.4 m³/s für das HQ₃₀, für das HQ₁₀₀ 1.7 - 2.2 m³/s und für das HQ₃₀₀ 2.2 – 2.9 m³/s. Diese Werte scheinen angesichts der beobachteten Ausuferungen im Dorfzentrum überraschend tief. Gründe für die Ausuferungen waren jedoch vermutlich v.a. Rückstau, Verklausungen und die hydraulisch ungünstige Gestaltung des Bachlaufs.

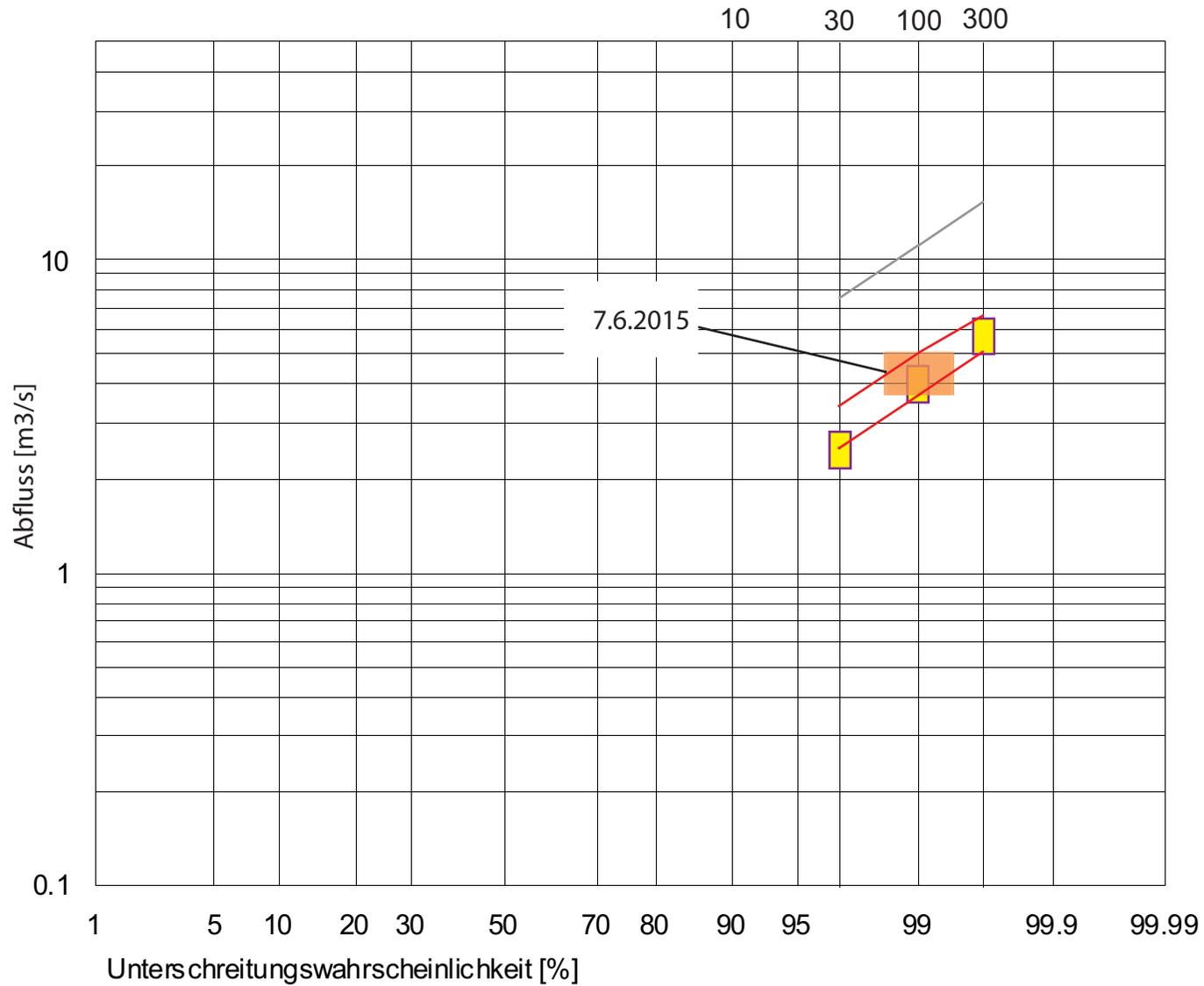


Abb. 6.1: Frequenzdiagramm des Mühlebachs in Adligenswil (BP 6) an der Mündung in den Würzebach (BP 6). Eingetragen sind die Ergebnisse der Modellrechnungen (gelbe Rechtecke) sowie die Resultate der historischen Betrachtung (orange). Die roten Linien markieren die vorgeschlagenen Werte der Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Die Werte der Gefahrenkarte sind zum Vergleich grau dargestellt.

6.3 Würzenbach – Unterlauf

Die wesentlichen Punkte der einzelnen Untersuchungen:

Ergebnisse der Erkundung historischer Hochwasser (Kap. 3):

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von ca. 45 Jahren, eingeschränkt von ca. 115 Jahren. Der Unterlauf des Würzenbachs wurde mit der Bebauung des Würzenbach-Quartiers ab den 1970er Jahren stark verändert. Vor dieser Zeit gibt es nur wenige Informationen über Hochwasser.
- V.a. Gewitter aber auch Landregen erzeugten im Würzenbachquartier in der Vergangenheit verschiedene Hochwasser mit Überschwemmungen. Aus den 1970er-Jahren sind mehrere Hochwasser am Unterlauf des Würzenbach bekannt. 1978 wurde der Hochwasser-Entlastungsstollen erstellt (Desserich, 1980). Doch auch danach traten noch Überschwemmungen im Würzenbachquartier auf, wenn der Entlastungsstollen (teilweise) verkleuste.
- Beim Hochwasser 2015 wurden beim BP 8 16 – 20 m³/s geschätzt. Dieser Wert war vermutlich der grösste seit ca. 1970 (Wiederkehrperiode 45 Jahre). Über die Periode seit Anfang des 20. Jhdts. betrachtet war evtl. das Hochwasser von 1927 gleich gross oder grösser (Wiederkehrperiode 57 – 115 Jahre). Der Niederschlag des Ereignisses vom Juni 2015 kann als mindestens 100jährlich eingestuft werden (Kap. 5.4).

Ergebnisse der Beurteilung der Abflussreaktion (Kap. 4): Die Abflusstypen 1-3 und S1 - S3 sind die Flächen im EZG, welche stark zum Abfluss beitragen und etwas weniger als die Hälfte des EZG ausmachen (45%). Deshalb kann die Abflussreaktion des Würzenbachs als mässig beurteilt werden.

Ergebnisse der Berechnungen mit dem Niederschlag-Abflussmodell (Kap. 5):

Die Ergebnisse der Abflussberechnungen (gelbe Balken in Abb. 6.1) ermöglichen zusammen mit den Ergebnissen der historischen Erkundungen die Abschätzung seltener Hochwasser. Gemäss Modellrechnungen ergibt sich beim BP 8 aus den grössten 3 mit dem NAM berechneten Werten für ein HQ₃₀ 11.5 – 14.1 m³/s, für ein HQ₁₀₀ 17.9 – 22.6 m³/s und für ein HQ₃₀₀ 25.7 – 33.0 m³/s.

Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit:

Im Sinne einer Synthese werden die verschiedenen Erkenntnisse zusammengeführt, um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen. Die roten Linien in Abb. 6.2 markieren den Unsicherheitsbereich der vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit, in Tabelle 6.1 sind die vorgeschlagenen HQ_x aufgeführt. Am BP 8 schlagen wir für das HQ₃₀ einen Bereich von 13 – 15 m³/s, für das HQ₁₀₀ 20 - 23 m³/s und für das HQ₃₀₀ 28 – 33 m³/s vor.

In Tabelle 6.1 ist zusätzlich der Bereich der HQ_x unter Berücksichtigung des Entlastungsstollens aufgeführt (BP 9, BP 10 und BP 12, Werte in Klammern). Es zeigt sich, dass mit einem funktionierenden Entlastungsstollen das Risiko für Überschwemmungen im Unterlauf des Würzenbachs enorm vermindert werden kann. Dies spiegelt auch die Hochwassergeschichte wieder. Nachdem die 1970er-Jahre von etlichen Überschwemmungen im Würzenbachquartier geprägt waren, zeigte sich nach 1978 ein vermindertes Risiko für Überschwemmungen. Beim Hochwasser im Juni 2015 wurde jedoch der Einlauf mit Schwemmholz teilweise verstopft, so dass ein Grossteil des Abflusses mit Holz in den Unterlauf gelangte und Schäden verursachte. Mit einem effektiven Rückhalt von Schwemmholz und Geschiebe oberhalb des Einlaufs könnte die Situation im Unterlauf nachhaltig entschärft werden.

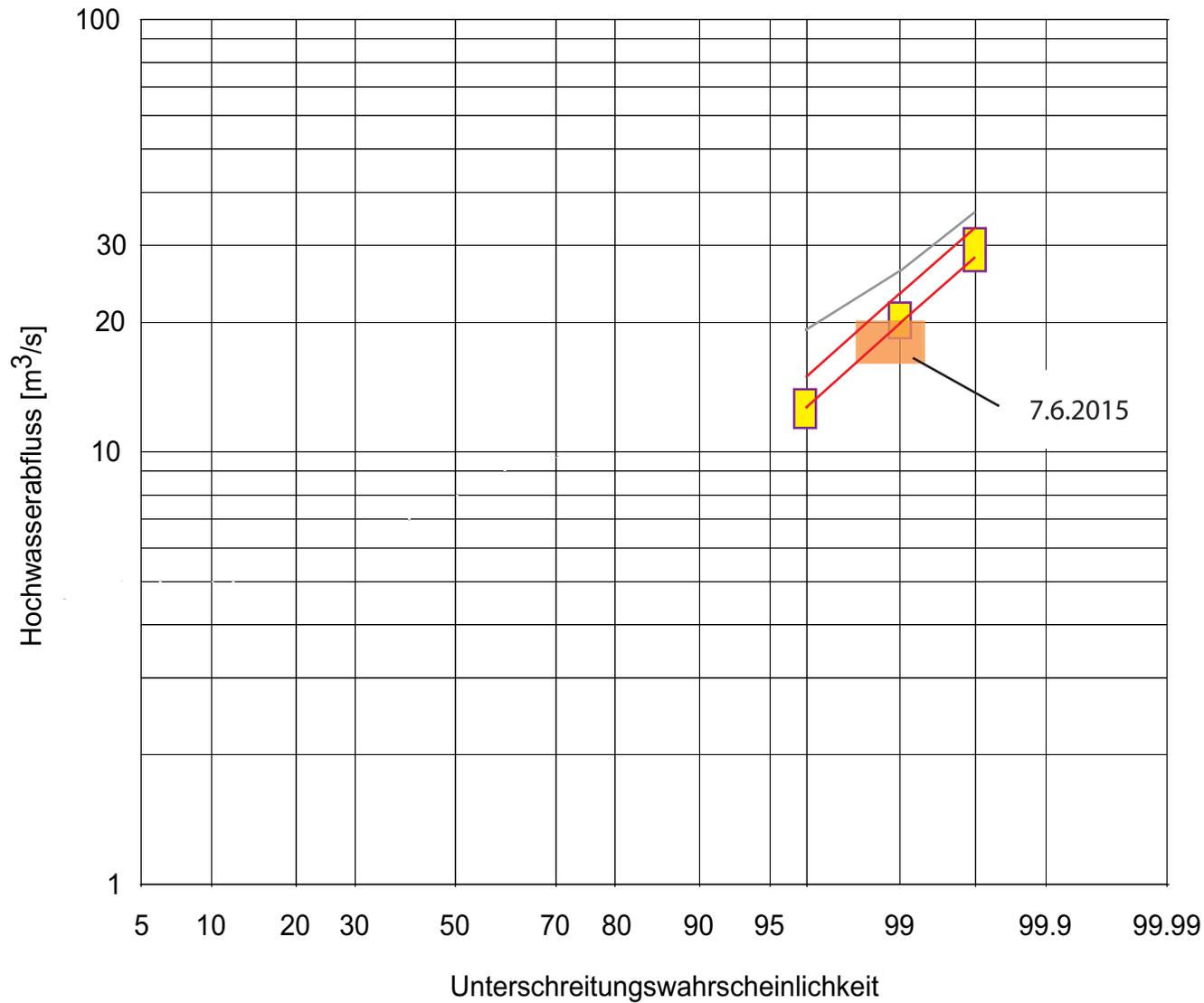


Abb. 6.2: Frequenzdiagramm des Würzenbachs in Luzern-Würzenbach (BP 8) beim Entlastungsstollen. Eingetragen sind die Ergebnisse der Modellrechnungen (gelbe Rechtecke) sowie die Resultate der historischen Betrachtung (orange). Die roten Linien markieren die vorgeschlagenen Werte der Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Die Werte der Gefahrenkarte sind zum Vergleich grau dargestellt.

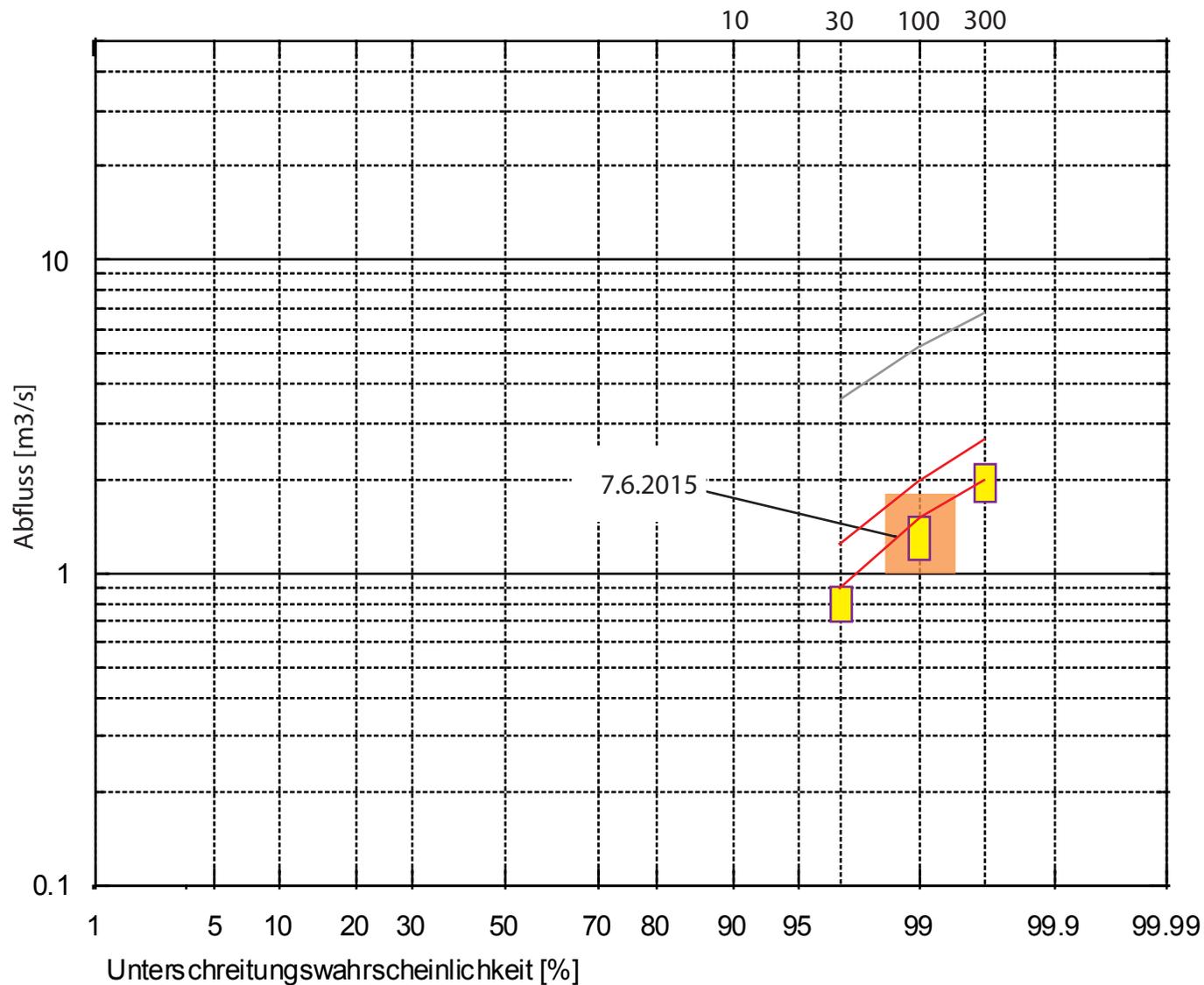


Abb. 6.3: Frequenzdiagramm des Würzenbachs in Udligenswil (BP 1). Eingetragen sind die Ergebnisse der Modellrechnungen (gelbe Rechtecke) sowie die Resultate der historischen Betrachtung (orange). Die roten Linien markieren die vorgeschlagenen Werte der Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Die Werte der Gefahrenkarte sind zum Vergleich grau dargestellt.

Entsprechend Kapitel 6.2 und 6.3 wurden am Würzenbach in Udligenswil (BP 1) die Erkenntnisse aus den historischen Hochwasser und die Resultate der Modellrechnungen in einem Frequenzdiagramm zueinander in Beziehung gesetzt, um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen (Abb. 6.3). Beim Ereignis vom Juni 2015 flossen beim BP 1 ca. 1 – 1.8 m³/s ab. Dieses Ereignis kann als mindestens ca. 60 - 120jährlich eingestuft werden. Aufgrund der Einschätzung des Hochwassers 2015 wurde der vorgeschlagene Bereich für die HQ_x gegenüber den berechneten Werten erhöht. Am BP 1 schlagen wir deshalb für das HQ₃₀ einen Bereich von 0.9 – 1.3 m³/s, für das HQ₁₀₀ 1.5 - 2 m³/s und für das HQ₃₀₀ 2 – 2.6 m³/s vor. In Tabelle 6.1 sind die vorgeschlagenen HQ_x für alle Bemessungspunkte aufgeführt.

Tab. 6.1: Die im EZG des Würzenbachs ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Werte in Klammer unter Berücksichtigung des Entlastungsstollens

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	Fläche [km ²]	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	Würzenbach in Udligenswil	0.44	0.9 – 1.3	1.5 – 2	2 – 2.6
2	Würzenbach ARA Udligenswil	1.0	2.3 – 2.9	3.4 – 4.5	4.5 – 5.8
3	Seitenbach Dotteberg	0.6	1.2 – 1.6	1.9 – 2.5	2.6 – 3.4
4	Würzenbach Sagehof	4.3	9.5 – 11	14 – 16.5	20 - 24
5	Mühlebach in Adligenswil, Dorfzentrum	0.47	1.1 – 1.4	1.7 – 2.2	2.2 – 2.9
6	Mühlebach Adligenswil, oberhalb Mündung Würzebach	1.1	2.5 – 3.2	3.8 - 5	5 – 6.5
7	Würzenbach Adligenswil Risibode	3.5	12 - 14	19 - 22	26 - 31
8	Würzenbach vor Entlastungsstollen	8.5	13 - 15	20 - 23	28 - 33
9	Würzenbach nach Entlastungsstollen	8.7	13 – 15 (2 – 2.5)	20 – 23 (2 – 2.5)	28 – 33 (5 – 6.5)
10	Würzenbach vor Mündung Gerlisbergbach	9.5	14 – 16 (5 - 6)	21 – 24 (6 – 7.5)	29 – 35 (7.5 - 9)
11	Gerlisbergbach	0.33	0.8 – 1.1	1.2 – 1.6	1.6 – 2.1
12	Würzenbach Mündung Vierwaldstättersee	10.0	14.5 – 16.5 (6 - 7)	22 – 25 (8 – 9.5)	30 – 36 (10 - 12)

Scherrer AG

Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. Simon Scherrer

Dr. Peter Kienzler

Reinach, November 2016

Sachbearbeiter:

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Dr. Peter Kienzler, Dipl. Hydrologe Universität Freiburg i.Brg.

Sven Decker, M.Sc Hydrologe, Universität Freiburg i.Brg.

7 Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilung
- Anhang 4: Böden
- Anhang 5: Modellaufbau
- Anhang 6: Niederschlagsstatistik Luzern (1881 - 2014)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1693		Die Mühle des Rudolf Sidler wird mit allen Gebäulichkeiten und den beiden Mahlhäusern durch ein schreckliches Unwetter weggeschwemmt und zerstört.	http://www.adligenswil.ch/de/portrait/geschichte/
1862, 8.6.		Gewaltiges Unwetter mit Sturm, Hagel und Überschwemmungen in der Richtung vom Napf über Entlebuch, Wolhusen nach Luzern bis Meggen. Bedeutende Schäden an Kulturen, Feldfrüchten, Strassen und Gebäuden.	Lanz Stauffer Rommel
1905, 17.5.	Gewitter	Heftiges Gewitter, wolkenbruchartig, Hagel über Adligenswil und Rooterberg; Grosses Hochwasser in Ebikon und Würzenbach.	Meier (1939)
1905, 26.8.	Gewitter	Gewitter und Hagelschlag im Amt Luzern. In 11 Gemeinden fiel ein Schaden an Kulturen, Feldfrüchten und Wald von ungefähr Fr. 100,000 an. Rutschungen in Schwarzenberg und Adligenswil.	Lanz Stauffer Rommel
1927, 2.8.	Gewitter Hagel 2.8.: 30 mm	2. August. Das Unwetter, das am Nachmittag von Montreux über Thun, Langnau (Kanton Bern), Ruswil, Neuenkirch, Rothenburg, Eschenbach, Inwil und über die zugerische Gemeinde Risch bis nach Zürich zog, richtete im Kanton Luzern gewaltige Schäden an. Besonders der Hagel, daneben aber auch der Sturm und die wolkenbruchartigen Regengüsse führten zu ungewohnten Zerstörungen an Kulturen und Gebäuden, ja selbst an Fahrnis sowie an Wegen und Strassen. Ungefähr 4000 Besitzer kamen zu Schaden. Am schwersten betroffen wurden die Ämter Hochdorf und Luzern, während das Entlebuch nur geringere Schäden notierte und das Amt Willisau diesmal von der Katastrophe verschont blieb. Gesamtschaden Ebikon: Fr. 362'357.--, Buchrain: Fr. 184'482.--, Dierikon: 85'495.--, Root: 256'263.-- Udligenswil. 46,475, Adligenswil 19,276	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1927, 2.8.	50 - 80 mm innert 0.5 – 1 h	Unwetterkatastrophe über den mittleren Teil des Kanton Luzern (Gewitter, schwerer Sturm, katastrophal, wolkenbruchartig) [...] Gross war auch der Hochwasserschaden; die Niederschlagsmenge wird 50 - 80 mm innert 30 min - 1h betragen haben. Der Gesamtschaden im Kt. Luzern betrug ca. 6.5 Millionen Franken, am schwersten betroffen wurden die Gemeinden [...] Ebikon (360'000 CHF) (Adligenswil, Udligenswil und Luzern nicht erwähnt). Das Unwettergebiet im Kanton Luzern umfasst ca. 250 km ² .	Meier (1939)
1927, 2.8.		Dienstag der 2. August war für grosse Gebiete der Zentral- und Westschweiz ein schwerer Schicksalsschlag. Das unheilvolle Wetter, [...] hat über den heimgesuchten Gegenden unfassbar schaurig gewütet. Es haben fast gleichzeitig zwei Gewitter gewütet. Das eine, etwas früher, zirka 4:30 Uhr hat die bernischen Gebiete [...] heimgesucht. Das andere, etwas nach 5 Uhr, hat über Wohlhusen-Ruswil zu wüten begonnen und dann namentlich die luzernischen Gemeinden Rothenburg, Neuenkirch, Emmen, Inwil, Eichenbach, Root und die zugerischen Risch, Rotkreuz, Ibikon, Buonas verwüstet. Sodann ist das Wetter als wolkenbruchartiger Orkan über Zürich gegen den Rhein und Bodensee zugefahren. Wohl am schaurigsten sind die Verwüstungen in den oben genannten Luzerner Gemeinden. [...] Doch dieses Mal waren es nicht mehr Hagelkörner sondern Eisklumpen, die in der Grösse von Fäusten, wahrhaftig Männerfäusten, niedersausten und zwar volle 20 Minuten lang	Entlebucher Anzeiger, 6. August 1927
1927, 2.8.		Das Unwetter vom 2. August ist für viele im Kanton Luzern betroffenen Gegenden, wie nunmehr festgestellt ist, eine wahre Katastrophe geworden, wie eine solche noch gar nie eingetreten. Wohl gibt es alle Jahre etwa Hagelwetter, die da und dort in einzelnen Landesstrichen Schaden anrichten, die für die Betroffenen manchmal hart genug sind. Aber am 2. August ging das alles viel tiefer und viel umfangreicher. [...] Man rechnet allein im Kanton Luzern mit einem Schaden, der auf 4 Millionen sich bemessen dürfte.	Entlebucher Anzeiger, 13. August 1927
1937, 27.5.	Gewitter Pilatus: 83 mm Luzern: 66 mm	Heftiges Gewitter, starker Regen bis wolkenbruchartig. Grosses Hochwasser in Ebikon und Würzenbach. Niederschlag: Pilatus 83 mm, Luzern 66 mm	Meier (1939)
1955, Juli		Überschwemmungen in Würzebach - Luzern	Haller, 2008
1972, 26.7.		Hochwasser Würzenbach, Hoftobelbach, Bodentobelbach	GIUB (1998)
1972, 26.7.	Luzern 77mm davon 48 mm in 1 h	Ausbruch des Würzenbaches. Anmerkung: Im Gebiet (betroffene Orte: Luzern, Horw, Meggen im Kt. LU und Merlischachen im Kt. SZ) Bachausbrüche (wahrscheinlich u.a.) Würzenbach, Althoftobelbach, Hofmattobelbach, Bodentobelbach. Überflutung von Kellern, Gärten, Strassen und Erdschlipfe (wo?).	WSL (2016)
1972, 26.7.		Luzern Würzenbach: Überschwemmung, Hochwasser, Schadensausmass gering (0.01 – 0.4 Mio CHF), Ausbruch des Würzenbaches. Anmerkung: Im Gebiet (betroffene Orte: Luzern, Horw, Meggen im Kt. LU und Merlischachen im Kt. SZ) Bachausbrüche (wahrscheinlich u.a.) Würzenbach, Althoftobelbach, Hofmattobelbach, Bodentobelbach. Überflutung von Kellern, Gärten, Strassen und Erdschlipfe (wo?). Ursache (Meteo): in der Station Luzern wurden 74 mm Niederschlag gemessen, davon ca. 70 mm innerhalb von ca. 2 h (Pluviograph versagte).	WSL (2016)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1975, 30.6.		Hochwasser Würzenbach, Luzern, Meggen	GIUB(1998)
1975, 30.6.		Luzern Würzenbach: Überschwemmung, Hochwasser, Schadensausmass gering (0.01 – 0.4 Mio CHF), Ort: Würzenbachquartier, Würzenbachtal; im Gebiet des Würzenbachtals und der Seeburg Bachausbrüche, zahlreiche Keller und Garagen überschwemmt.	WSL (2016)
1975, 23.8.	Dauerregen	Adligenswil, Udligenswil: Überschwemmung, Hochwasser, Schadensausmass gering (0.01 – 0.4 Mio CHF), Ort: Letten-, Stubebach, in Adligenswil, im Götzentel und in Udligenswil Erdbeben und Bachausbrüche, Strassen unterbrochen, "neue" Seen entstanden. Luzern - Würzenbach: Ausbrüche des Würzenbaches, in der Folge Überschwemmung von Kellern und Strassen.	WSL (2016)
1975, 23.8.		Würzenbach, Ebikon, Giswil. Schwere: mittel (0.2 – 2 Mio CHF Schaden), Art: Dauerregen, Prozesse: Wasser und Boden.	GIUB (1998)
1975, 30.8.		Luzern - Würzenbach: Ausbrüche des Würzenbaches, in der Folge Überschwemmung von Kellern und Strassen.	WSL (2016)
1976, 26.7.	Dauerregen	Adligenswil: harmlose Probleme (Überschwemmungen). Luzern/ Meggen: Ausbruch des Würzenbaches, Überflutung der Hauptstrasse.	WSL (2016)
1978, 7.8.	Gewitter	Adligenswil: in Adligenswil Wasserschäden (Keller, Strassen, Kulturland). Luzern-Würzenbach: Ausbruch des Würzenbaches; im Gebiet allgemeine Überschwemmung (überschwemmte Keller, Fabriken und Strassen).	WSL (2016)
		HW Reuss, kl. Emme, Würzenbach	GIUB (1998)
1981, 18.7.	Dauerregen	Adligenswil: In Adligenswil überschwemmte Keller.	WSL (2016)
1987, 4.9.		HW Würzenbach	GIUB (1998)
1987, 4.9.		Luzern-Würzenbach: In den tieferen Gebieten des Würzenbachquartiers überschwemmte Strassen und Keller; geringer Schaden.	WSL (2016)
1990, 30.8.	Gewitter	Adligenswil, Udligenswil: Überschwemmte Keller und Strassen, aber keine grossen Schäden. Anmerkung: Wasserschäden, überschwemmte Keller, Strassen, aber keine grossen Schäden. Betroffene Orte: im Kanton LU Ebikon, Adligenswil, Udligenswil, Emmen, Eschenbach; im Kanton SZ: Küsnacht, Merlischachen.	WSL (2016)
1993, 23.6.		Adligenswil: Überschwemmungen. Anmerkung: Generell im Grossraum Luzern vermochten Kanalisationen Wasser nicht mehr zu schlucken, Schachtdeckel wurden abgehoben; Strassen verwandelten sich in Sturzbäche, schwere Verkehrsbehinderungen, Dauereinsätze von Feuerwehren.	WSL (2016)
1993, 10.7.		Adligenswil/Udligenswil: Sperrung der Hauptstrasse wegen Überschwemmung.	GIUB (1998)
1998, 21.7.		Ein 20-Minuten-Hagelgewitter verursachte in Luzern und Agglomeration Millionenschäden. Es wurde eine bis zu 40 cm hohe Hagelschicht gemessen. Hagelkörner so gross wie Zwetschgen und Holz verstopften Einlaufschächte und Abläufe. Dies führte zu zahlreichen Überflutungen so z.B.: Autobahn A2, Strassen, Keller, Wohnungen, Büros, Restaurants und Unterführungen. Die Feuerwehr von Adligenswil musste einige Einsätze leisten (inkl. Hagel).	Willisauer Bote, 23.07.1998
2002, 6.6.	Gewitter 5.6.: 11 mm 6.6.: 111 mm (Total: 122 mm)	Über der Region Luzern ging am Donnerstagabend nach 20 Uhr ein heftiges Gewitter nieder. Innert 1 - 1.5 h fielen 51 l/m ² Regen. Von 20 Uhr am 6.6. bis 12 Uhr am 7.6. waren es 115 l/m ² (Allmend Luzern). Im Bahnhof Luzern wurden gegen 20:45 Uhr die ganze Bahnhöfeinfahrt und alle Weichen überschwemmt; der Betrieb musste vorübergehend eingestellt werden. Um 23 Uhr wurde der Betrieb auf zwei Geleisen wieder aufgenommen. Viele Strassen im Stadtkern waren nicht mehr passierbar, teilweise verwandelten sie sich in 50 cm hohe Bäche. Über 50 Keller standen unter Wasser, zum Teil über 1 m tief, z.B. an der Klosterstrasse. In einem Liftschacht der Migros-Tiefgarage im Bruchquartier stand das Wasser ca. 1.5 m tief. Diese und eine weitere Tiefgarage mussten von Schlamm und Wasser befreit werden. Im Maihof und bei der Klinik St. Anna stand das Wasser 50 cm hoch. Bei einer Bank drang Wasser ein; auch im Quartier Würzenbach wurden Keller bis 1 m tief unter Wasser gesetzt. Im Restaurant Drei Könige drang das Wasser in die Gaststube; im Keller des Restaurants Rütli stand das Wasser 1.5 m hoch. Insgesamt entstanden in der Stadt Luzern 200 Gebäudeschäden, grösstenteils wegen überfluteten Kellern (evtl. z.T. Hagel). Am 10.6. war der Bahnhof Luzern noch einmal für rund 20 min blockiert. Grund war eine Weiche, deren Motor bei den Überschwemmungen vom 6.6. einen Defekt erlitten hatte und repariert werden musste.	Holinger AG, Hunziker, Zarn & Partner AG, tur gmbh (2005)

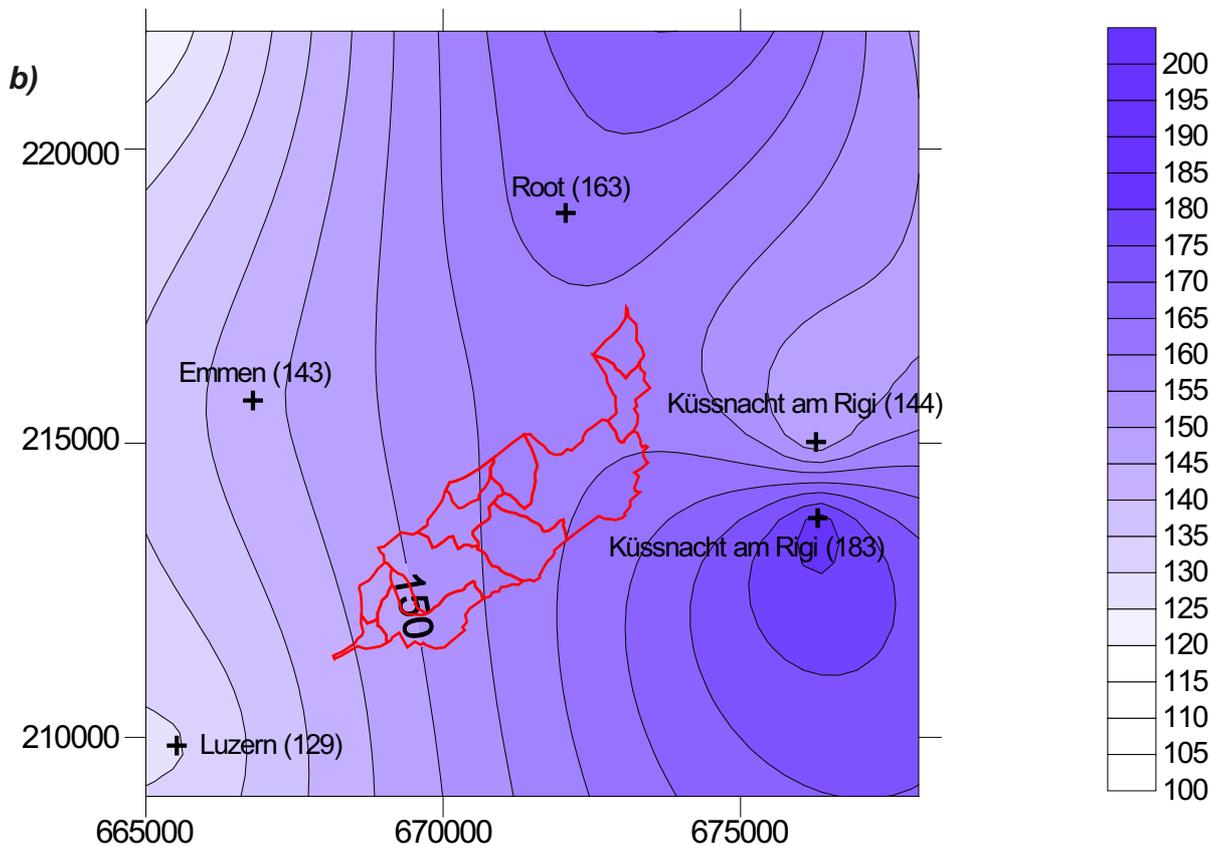
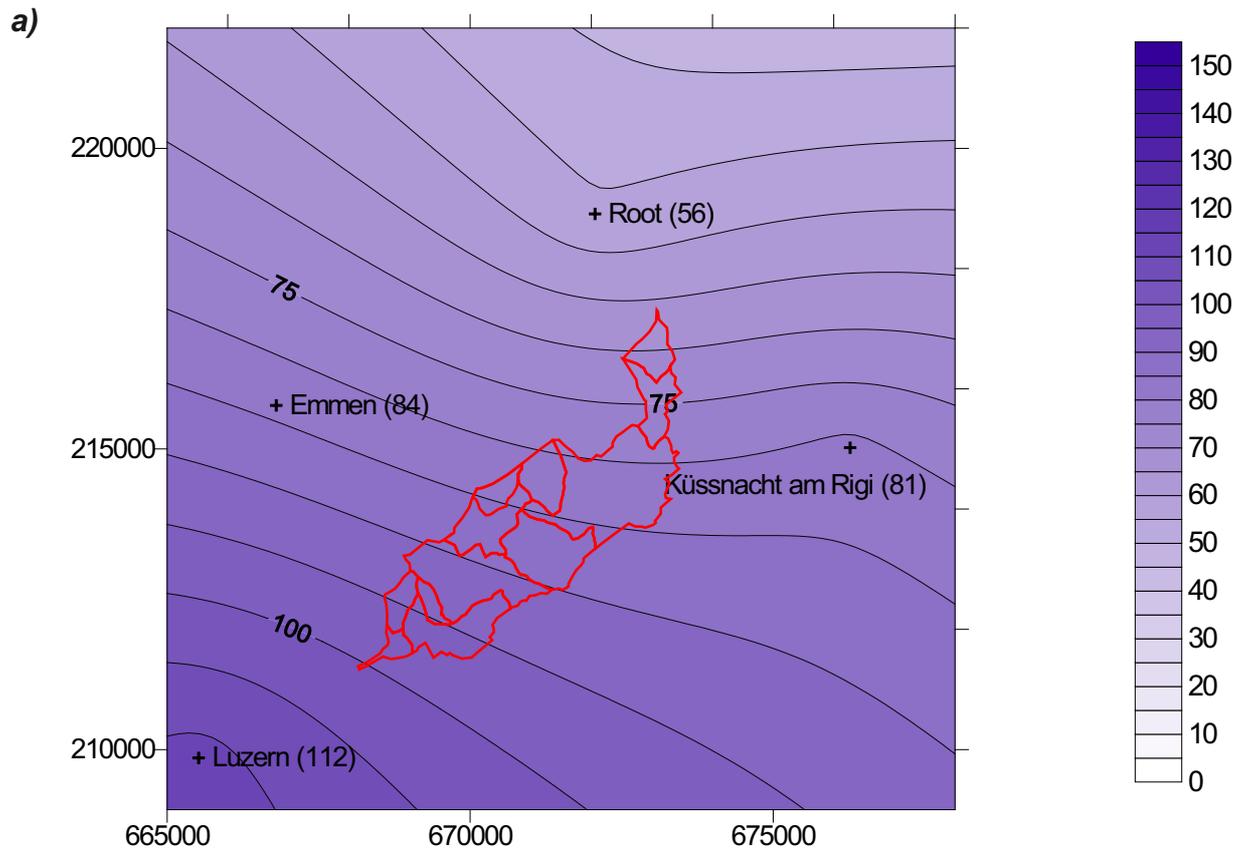
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2002, 6.6.		Adligenswil: Im Dorfzentrum musste wegen Dreck und Geröll die Hauptstrasse gesperrt werden. Im Quartier Luegisland trat ein kleiner Bach über die Ufer und überschwemmte eine Tiefgarage. In der Gemeinde Adligenswil gab es zahlreiche Gebäudeschäden. (Schadensausmass gering).	WSL (2016)
2002, 6.6.		„[...] Adligenswil, Quartier Luegisland: Seit 23 Jahren leben hier Martha Müller und Trudy Amrein. Wenns heftig regnet überläuft schon mal der kleine Bach hinter den Wohnhäusern. Dieses Mal tobte das Wasser aber richtiggehend den Bachlauf runter. Über die Terrassenmauer stürzte das Regenwasser mit der Wucht eines kleinen Wasserfalls, die Quartiersbewohner schoben ihre Fahrzeuge bis ein Uhr nachts aus der Tiefgarage, in der Kartonkisten und Autopneus auf dem Wasser umhertrieben. „Die Feuerwehr kam erst spät. Da halfen wir uns halt gegenseitig“, sagt Trudy Amrein. [...]“	Neue Luzerner Zeitung, 8.6.2002
2002		Eröffnung des Dorfzentrums Teufmatt	http://www.adligenswil.ch/de/portrait/geschichte/
2003, 6.6.		In Udligenswil stand nach den Gewittern die Feuerwehr im Einsatz. (Schadensausmass gering)	WSL (2016)
2005, 21./22.8.		Schäden Wasserbau: Zufl. Vierwaldstättersee (Würzenbach?) Schwellen, Uferverbauung und Profilerweiterung. Schäden Wald: Würzenbach: Hangrutsch parallel zu Güterstrasse, diverse Uferabschwemmungen.	WSL (2016)
2005, 21./22.8.	Dauerregen 19.8.: 16 mm 20.8.: 72 mm 21.8. 71 mm 22.8. 29 mm (Total: 188 mm)	Unwetter vom 21./22. August 2005. Erfolgreiche Unwetterprävention. Die Unwetter vom letzten August 2005 hatten in unserer Region Niederschlagsmengen von bis zu 220 Liter pro Quadratmeter verursacht. [...] Grundsätzlich ist unsere Gemeinde [Adligenswil], im Vergleich zu anderen vom Unwetter betroffenen Gemeinden, glimpflich davongekommen. [...] An unseren Gewässern (Grundackerbach, Gämpibach, Luzerbach, Mühlebach, Stubenbach, Würzenbach) sind infolge Abschwemmungen, Geschiebeablagerungen, Böschungsschlipfe und Unterspülungen Sofortmassnahmen erforderlich.	Adliger Info, 21. Oktober 2015
2005, 21./22.8.		etwa 100 Anrufe wegen überfluteter Keller, Würzenbach-Quartier unter Wasser - Verkehrshaus und Kellertrakt Schifffahrtshalle betroffen/überflutet: Schäden in Millionenhöhe für die Gebäude; Besucher-Einnahmeausfälle von >0.5 Mio.-; Spanisch Brötlibahn beschädigt; 1 Henderson-Töff alleine 40'000.- für Restauration	WSL (2016)
2005, 21./22.8.		2 Überschwemmungsstellen in Udligenswil 4 Gebäude überschwemmt - Kläranlage (ARA) durch den Würzenbach überschwemmt	WSL (2016)
2005, 21./22.8.		Überschwemmungen waren oft Quartiergespräch: Der Würzenbach trat in früherer Zeit nicht selten über die Ufer. Erst als 1978 im Hinterwürzenbach ein Entlastungsstollen gebaut worden war, konnten die Quartierbewohner heraufziehenden Gewittern gelassener entgegen sehen. Das letzte Hochwasser traf das Würzenbachquartier im Sommer 2005. Viele Bewohner erinnern sich an die Nacht auf den 22. August, als der Würzenbach hinter dem Schulhaus die Wiesen überflutete und Teile der umliegenden Gebäude, wie die Tennishalle Smash oder das Romero-Haus, in Mitleidenschaft zog. Auch das Seeufer wurde überschwemmt.	Haller (2008)
2005, 21./22.8.		Beim Hochwasser 2005 war es am Mühlebach nicht so schlimm. Der Würzenbach hatte Hochwasser und beschädigte den Durchlass beim Risibode. Dieser wurde daraufhin erneuert.	J. Appert, Risibode
2009, 8.8.	Gewitter 30 mm	Starke Regenfälle haben in verschiedenen Teilen der Schweiz zu Überschwemmungen und Verkehrsbehinderungen mit Schäden von mehreren Mio. CHF geführt. Wegen schwachen Höhenwinden wurden die Regenzellen nicht weitergeblasen sondern entleerten sich lokal. Im Kanton Luzern waren die Gemeinden rund um die Stadt Luzern bzw. östlich von Luzern besonders betroffen. Verschiedene Haupt- und Nebenstrassen waren vorübergehend unpassierbar. Bäche traten über die Ufer und Keller mussten ausgepumpt werden. In der Zentralschweiz fielen zwischen 50 und 55 l/m ² Regen zwischen 11 und 15 Uhr. Bei der Kantonspolizei Luzern gingen über 120 Notrufe ein. Der Schaden wurde kurz nach dem Ereignis auf 5 - 6 Mio. CHF geschätzt (KGV: 150 - 200 Schadensfälle). Vor allem die Gemeinde Adligenswil, aber auch Udligenswil, Meggen, Ebikon, Dierikon, Root, Kriens und Malters waren betroffen, wo Keller und Garagen überschwemmt wurden.	WSL (2016)
2009, 8.8.		Unwetter fordern Bevölkerung und Feuerwehr. Heftige Niederschläge haben am Samstag, 8. August, in Adligenswil grosse Schäden angerichtet. Solche Wassermassen innert kurzer Zeit hat Adligenswil noch nie erlebt. Die Feuerwehr war mit rund 40 Einsätzen konfrontiert. Mit über 40 Feuerwehreingeteilten stand die Feuerwehr im Dauereinsatz. Allein die Feuerwehr verzeichnete rund 430 Mannstunden. Viele Gebäude waren gleichzeitig vom Unwetter betroffen, und deshalb mussten Prioritäten gesetzt werden.	Adliger Info, 21. August 2009

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2009, 8.8.		Der Lettenbach brach aus und verursachte Überschwemmungen und Hochwasserschäden.	Ereignisdokumentation Kt. Luzern (2009)
2014, 29.8.	Gewitter	Ein Gewitter verursachte am 29.8.2014 kleinere Überschwemmungsschäden und Böschungserosionen in Adligenswil. V.a. das Gebiet Lettenbach / Stubebach war betroffen.	U. Huber, Bauamt Adligenswil
2015, 7.6.	Gewitter	Heftige Gewitter sorgten am Sonntagabend in der Region für Überschwemmungen. Stark betroffen war der Kanton Luzern, insbesondere Dierikon. [...] «Das Unwetter vom Montag lässt sich mit dem Unwetter von 2005 vergleichen», sagt Martin Marfurt, Kommandant der Feuerwehr Ebikon - Dierikon. Jetzt sei das Schadensausmass aber viel grösser. 165 Schadensmeldungen im Kanton Luzern: Feuerwehren und Polizei waren am Sonntagabend in vielen Zentralschweizer Regionen im Grosseinsatz. Die Polizei registrierte von 19.30 Uhr bis 23.30 Uhr 165 Schadensmeldungen. Hauptsächlich wurde eindringendes Wasser (132 Fälle) gemeldet. Vom Unwetter am meisten betroffen waren neben Dierikon und Luzern die Gemeinden Sörenberg, Adligenswil und Udligenswil. [...] Gemäss Meteonews fielen in Luzern am innert wenigen Stunden 31 Liter Regen.	Neue Luzerner Zeitung, 8.6.2015
2015, 7.6.		74 Schadenmeldungen – Feuerwehr im Dauereinsatz. Unwetter richtet massive Schäden in der ganzen Gemeinde an. Das Unwetter vom 7. Juni hat die Gemeinde Adligenswil besonders stark getroffen. Noch lässt sich das Schadensausmass nicht beziffern. Innerhalb weniger Stunden gingen bei Polizei und Feuerwehr insgesamt 74 Schadenmeldungen ein, die Feuerwehr stand während der ganzen Nacht vom Sonntag auf den Montag im Einsatz. Sie leistete 425 Einsatzstunden, davon 360 in der Nacht. Zentrum und Stuben stark betroffen. Zu Schäden kam es in der ganzen Gemeinde, sogar in den höher gelegenen Gebieten Dallenbach und Letten. Besonders beeinträchtigt wurden das Zentrum und das Gebiet Stuben. [...] Im Ortsteil Stuben staute sich der Stubenbach bei der Unterquerung der Ebikonerstrasse und füllte das Abwasserpumpwerk vollständig mit Wasser. Zu Schäden kam es auch bei der Garage Leo, bei Bösch Team Parkette und in einigen Garagen an der Ebnetstrasse. [...] Ebenfalls über das Ufer trat der Lettenbach im Stiglisrain. Dort ist die Gemeinde seit letztem Sommer daran, den Einlaufbereich des Lettenbachs zu verbessern. [...] Überschwemmt wurde allerdings die Schreinerei Hirschi, weil der unterirdische Grundacherbach in diesem Gebiet einen Schachtdeckel hob.	Adliger Info, 19. Juni 2015
2015, 7.6.	Gewitter	Ein Unwetter betraf besonders stark Bern, Zürich und die Zentralschweiz. Die Einsatzleitzentrale der Luzerner Polizei registrierte ab 19:30 bis 23:30 Uhr 165 Meldungseingänge. Rund 20 Feuerwehren waren im Einsatz. Hauptsächlich wurde eindringendes Wasser (132) gemeldet. Die Gebäudeversicherung registrierte rund 650 Meldungen und rechnete mit 9.7 Mio. CHF Schaden. Stadt und Agglomeration Luzern waren besonders stark betroffen. 1 Mio. CHF wurden für Not- und Sofortmassnahmen (Gerinne repariert etc.) in Adligenswil, Dierikon, Luzern und Udligenswil geschätzt. Adligenswil: Schwer betroffen war die Gemeinde Adligenswil. Die Feuerwehr verrichtete fast 60 Einsätze. Strassen, Keller und Tiefgaragen wurden überschwemmt. Die Mehrzweckhalle Teufmatt stand unter Wasser. Die GVL verzeichnete Schäden in 105 Gebäuden. Luzern: Gemäss Meteonews fielen in Luzern am innert wenigen Stunden 31 Liter Regen. Die Stadt Luzern stand nach 20.30 Uhr innert kürzester Zeit unter Wasser. Schwer betroffen war das Gebiet Würzenbach. Schwemmholz und Geröll hatten sich im Bereich des Einlaufbauwerks angesammelt und zu einem Rückstau des Wassers geführt. Das Wasser konnte nicht mehr in den Ablaufstollen fließen und ist über die Staumauer getreten. Der Würzenbach trat über die Ufer und suchte sich den Weg die Würzenbachstrasse entlang. Im Gebiet rund um das Verkehrshaus waren Strassen für kurze Zeit gesperrt, weil das Wasser nicht mehr ablaufen konnte. Die Haldenstrasse im Bereich des Verkehrshauses wurde überschwemmt, ebenso die Bushaltestelle Brüelstrasse. Mehrere Autos auf den Strassen versanken in den Fluten. Beim Verkehrshaus gab es Wassereinbrüche in der Schienenhalle, der Schifffahrtshalle, der Luftfahrtshalle und den Werkstätten. Der Schaden im Verkehrshaus wurde auf 0.1 Mio. CHF beziffert. Beim Romero-Haus war das Untergeschoss 1.8 m unter Wasser. Betroffen waren auch der Serverraum und Teile des Archivs. Viele Dokumente waren vom Schlamm begraben worden. Auch das Gebäude war in Mitleidenschaft gezogen worden. Der Schaden im Romero-Haus wurde auf 1 Mio. CHF beziffert. Beim Campingplatz Lido war der vordere Teil des Campings 60cm unter Wasser. Dort wurde ein Massenlager beschädigt. In einer Tiefgarage trieben die Autos auf dem Wasser. In Luzern musste eine 75-jährige Frau durch die Polizei aus ihrem Auto evakuiert werden. Ihr Auto blieb im Wasser stecken. Sie blieb aber unverletzt. Die Feuerwehr registrierte 78 Schadenmeldungen. Im ganzen Kanton Luzern wurden weite Acker- und Feldstücke durch den starken Niederschlag auf die Strassen geschwemmt. Anmerkung: Konnte keiner Gemeinde zugeordnet werden.	WSL (2016)

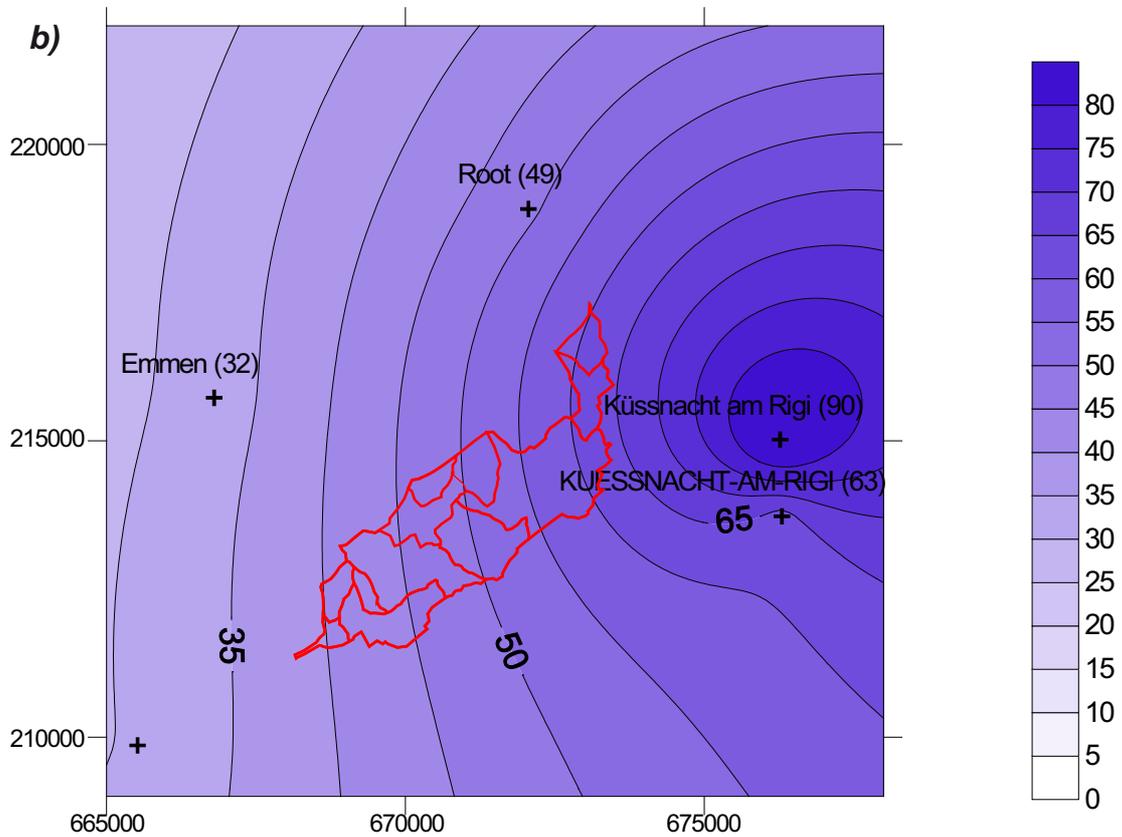
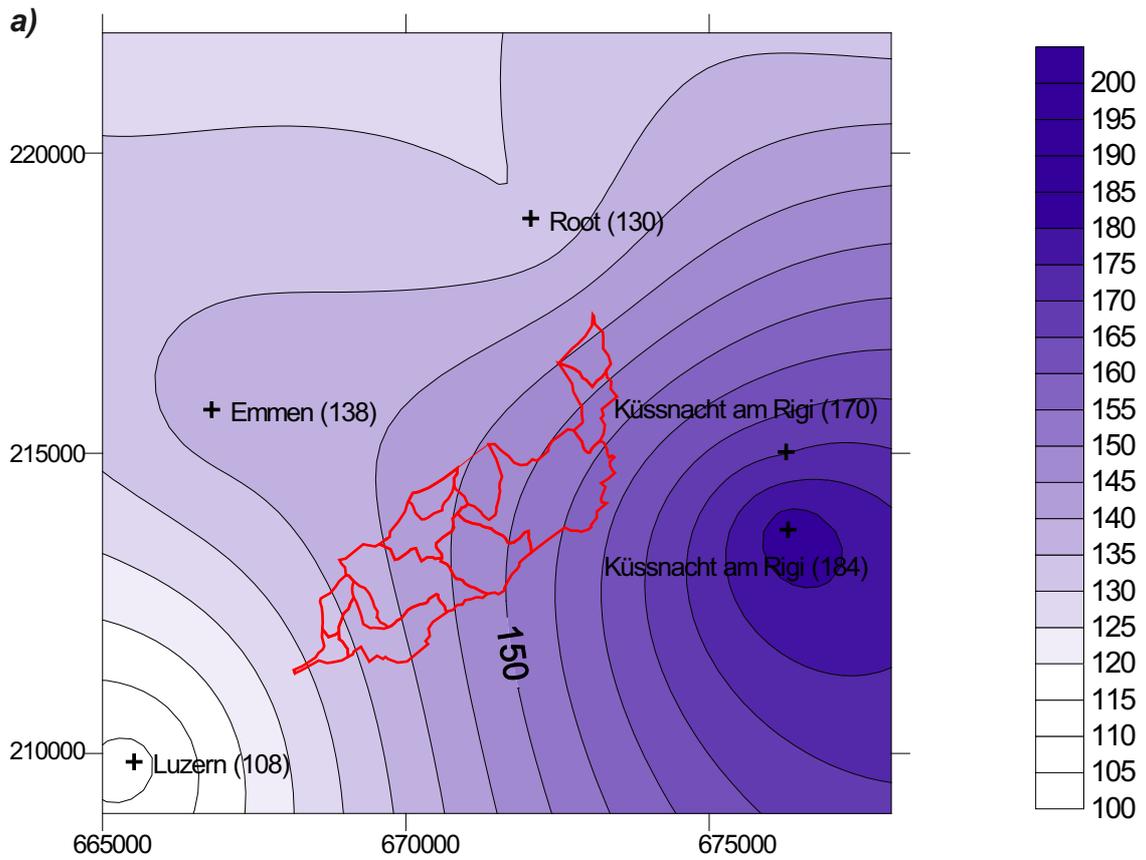
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2015, 7.6.	Gewitter	<p>Auch in den Gemeinden Adligenswil und Udligenswil richtete das Unwetter Verwüstungen und Schäden an. In Adligenswil wurden diverse Keller überflutet. Aber auch Kulturland und Gebäude wurden in Mitleidenschaft gezogen. «Das gesamte Untergeschoss vom Zentrum Teufmatt wurde überflutet (ca. 20 cm), so dass das ganze Geschoss über längere Zeit nicht nutzbar sein wird», vermeldet Gemeinderat Markus Sigrist.</p> <p>Die Ludothek bleibt vorderhand geschlossen. Die Kunden werden gebeten, sich unter www.ludo-adligenswil.ch zu informieren, ab wann der Betrieb wieder aufgenommen werden kann.</p> <p>In Udligenswil verliess der dort noch junge und mitten durchs Dorf führende Würzenbach sein Bett, welches dabei weiträumig ausgeschwemmt wurde, zerstörte den oberen Teil der Schlösli- und Kellergeschosse zweier Wohnhäuser im Dorfczentrum unter Wasser. Auch ausserhalb des Dorfes wurden Räume überflutet. Eine Einliegerwohnung stand mehr als anderthalb Meter unter Wasser, schildert Gemeindeammann Marco Zraggen. Insgesamt hätten rund 20 Haushaltungen Wasserschäden erlitten. Oben auf dem Rooter Berg wurde eine Güterstrasse unterspült und muss neu aufgebaut werden. «Zudem wurde einmal mehr die ARA überflutet», führt Zraggen weiter aus. Eine Renaturierung des Würzenbachs ist geplant. Damit könnte der Bach künftig ungehindert an der ARA vorbeifliessen. Die älteren Udligenswiler sprechen von einem erstmaligen Ereignis. Die Wassermassen hätten diesmal ganz neue Wege gewählt und Quartiere betroffen, die bislang verschont wurden.</p>	Rigi-Anzeiger, 10.6.2015
2015, 7.6.		<p>STADT LUZERN: Das Hochwasser vom Juni 2015 im Würzenbachquartier soll sich nicht mehr wiederholen. Die Stadt will Rückstaus im Würzenbach verhindern. Vorerst werden Sofortmassnahmen umgesetzt.</p> <p>Im Juni 2015 hat im Würzenbachquartier ein heftiges Unwetter grosse Schäden angerichtet. Schwemmholz und Geröll hatten sich im Bereich des Einlaufbauwerkes angesammelt und zu einem Rückstau des Wassers geführt. Das Wasser konnte nicht mehr in den Ablaufstollen fliessen und ist über die Staumauer getreten.</p> <p>Nun will das Tiefbauamt der Stadt Luzern die Situation beim Einlaufbauwerk Würzenbach verbessern. Vorerst werden als Sofortmassnahme zwei Grobrechen oberhalb des heutigen Einlaufbauwerkes angebracht und die Ufer des Bachs gesichert und umgestaltet. Die Rechen sollen mehr Schwemmholz zurückhalten, damit es nicht mehr im Einlaufwerk zu einem Rückstau des Wassers führen kann.</p> <p>Die Arbeiten werden ab 18. Januar bis zirka Mitte Februar 2016 ausgeführt. Während dieser Zeit ist mit Baustellenverkehr auf der Würzenbachstrasse zu rechnen. Langfristig ist ein Umbau des Einlaufbauwerkes Würzenbach aufgrund von vorgängigen Modellversuchen geplant.</p>	Luzerner Zeitung (2016)
2015, 7.6.		<p>WÜRZENBACH: Heftiger Regen hat im Luzerner Würzenbachquartier zu Überschwemmungen geführt. Das knöcheltiefe Wasser brachte den Verkehr kurzzeitig zum Erliegen.</p> <p>Der wolkenbruchartige Regen am Freitagnachmittag hat im Würzenbachquartier zu einer spektakulären Überschwemmung geführt. Die Schachtdeckel auf der Haldenstrasse zwischen dem Verkehrshaus und den beiden Kreiseln Richtung Brüelstrasse und vor der Migros Würzenbach vermochten das Regenwasser nicht mehr zu schlucken. So stand das Wasser nach 16 Uhr bis zu 25 Zentimeter hoch.</p> <p>Es kam zu Stau, zeitweise war die Strecke nicht passierbar. Gegen 18 Uhr entspannte sich die Situation und das Wasser floss auch auf der Haldenstrasse wieder ab. Es sammelte sich allerdings Schlamm und Geröll an. Deshalb war anschliessend laut Kommandant Theo Honermann das Strasseninspektorat im Einsatz, um die Strasse und die beiden Kreisel wieder zu reinigen.</p> <p>Auch an anderen Orten in der Stadt Luzern ist Wasser in Keller eingetreten, acht Einsatzorte hat die Feuerwehr gezählt, allerdings habe es sich nicht um besonders schwerwiegende Fälle gehandelt.</p>	Luzerner Zeitung (2015)
2015, 7.6.		<p>Am Abend des 7. Juni 2015 sind über Udligenswil kurze, doch äusserst intensive Regenfälle niedergegangen. Diverse Teile unseres Dorfes wurden in noch nie dagewesener Art überflutet. Geschiebe mit Geröll, Holz und Schlamm haben erhebliche Schäden angerichtet und mehrere Personen mussten gar ihre Wohnungen verlassen.</p>	Uedliger, Juli/August 2015
2015, 7.6.		<p>Beim Hochwasser im Juni 2015 entstand ein See beim Dorfczentrum Teufmatt. Das ins Gebäude eingedrungene Wasser war klar. Vermutlich war es zurückgestautes Wasser nicht aus dem Mühlebach, sondern aus dem Seitenbach. Das Hochwasser war das grösste, das ich bisher in Adligenswil erlebt habe.</p>	U. Huber, Bauamt Adligenswil

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2015, 7.6.		Während des Hochwassers im Juni 2015 stand die Meiersmattstrasse unter Wasser. Das Wasser lief allerdings nicht in die Häuser. Ich wohne seit 1962 im Risibode. Das Hochwasser 2015 war am Mühlebach das grösste, das ich beobachtet habe.	J. Appert, Risibode
2015, 7.6.		Adligenswil: Der Mülibach brach beim <i>Zentrum Teufmatt aus dem Gerinne aus und bildete einen grösseren See</i> zwischen Weiher und Turnhalle. Auch grössere Teile der Kehlhofstrasse wurden durch den Mülibach beim <i>Teufmatt</i> überschwemmt. Beim <i>Zentrum Teufmatt</i> floss Wasser vom Kreisell in Richtung Turnhalle sowie in Tiefgarage. Vor der Turnhalle beim <i>Zentrum Teufmatt bildete sich während dem Ereignis ein See</i> mit einer Tiefe von bis zu 1.0 Meter. Wasser drückte auch durch die Tür ins Gebäude. Im Niederdorf trat der Mülibach stellenweise über die Ufer (meiersmattstrasse).	Oeko-b (2015a)
2015, 7.6.		Udligenswil: Oberhalb des Kindergartens lagerten sich grosse Geschiebemengen ab. Der Einlauf in die Eindolung verkleuste und der Würzenbach brach aus seinem Gerinne aus. Im Gebiet <i>Hauetli</i> verfüllte der Würzenbach Eindolung verkleuste. Da grosse Wassermengen auf der Schössligasse am Belag grössere Schäden. Auch die Eindolung Höhe Schössligasse 8 verkleuste. Dies führte zu einem weiteren Gerinneausbruch des Würzenbachs. Unterhalb des Gemeindehauses floss das Wasser Schössligasse zur Dorfstrasse. Im Bereich des Volg-Dorfladens flossen Teile des Wassers zwischen den Häusern in Richtung Unterdorfstrasse. Auf dem Gerinneabschnitt zwischen Unterdorfstrasse und Luzernerstrasse erodierte der Würzenbach an mehreren Stellen die Ufer. Weil der Durchlass der Luzernerstrasse teilweise verkleuste, bildete sich ein Einstau mit einer Wassertiefe von 4 – 5 . Oberhalb der ARA Udligenswil lagerten sich grössere Geschiebemengen ab und verkleusten den Strassendurchlass. Das oberhalb der ARA ausgebrochene Wasser des Würzenbachs Klärbecken, zwei Gebäude sowie grössere Flächen Landwirtschaftsland. Im Gebiet <i>Goldispitz</i> verkleuste der Durchlass der Meierskappelstrasse. Die Strasse wurde überschwemmt.	Oeko-b (2015b)
2015, 7.6.		Auf dem Gerinneabschnitt oberhalb des Einlaufbauwerk in den Überlaststollen des Würzenbachs wurden grössere Geschiebemengen abgelagert. Die Sperre des Einlaufbauwerks wurde komplett über-, aber auch umflossen, was zu Ufererosionen führte. Der Rechen beim Einlauf in den Überlaststollen verkleuste. Gerinneausbruch des Würzenbachs auf Höhe der Liegenschaft Würzenbachstrasse 46. Die Kapazität des Gerinnes konnte die Wassermassen nicht bewältigen. Die Liegenschaft Würzenbachstrasse 42 wurde beidseitig umflossen. Wasser drang in Garagen und Keller ein. Entlang der Würzenbachstrasse waren fast alle Liegenschaften durch das Unwetter betroffen. Verkleuster Durchlass der Würzenbachstrasse auf Höhe der Poststelle. Die Würzenbachstrasse war überschwemmt. Das Dammbalkenwehr und der Schutzdamm vor dem Verkehrshaus wurden durch die Wassermassen überflossen. Der Lidoweg zwischen Verkehrshaus und Seeburgstrasse bzw. den Schrebergärten war bis zu 1.0 m überschwemmt. Beim Durchlass Lidostrasse verkleuste der Würzenbach erneut und brach auf die Lidostrasse aus.	Oeko-b (2015c)
		Wasserschäden (fast) wie in den Siebzigerjahren; Starkregen am 7. Juni 2015. Das Würzenbach-Quartierzentrum um die Poststelle stand unter Wasser, nachdem der Würzenbach bei der Bachunterführung über die Ufer getreten war. So etwas gab es seit den Siebzigerjahren nicht mehr. Die Schäden sind relativ punktuell, aber sehr gross. Seit der Würzenbach durch den Entlastungsstollen (vom Hinterwürzenbach in die Seeburg) «entschärft» wurde, gab es kein solches Ereignis mehr – die Ursachen sind aber anders als damals: Es war weniger ein Problem der absoluten Wassermenge, sondern vielmehr eine «Verstopfung» des Bachlaufs. Da sich bei der Bachunterführung unter der Würzenbachstrasse Holz verkeilte, trat der Würzenbach über die Ufer und flutete die umliegenden Garagen und Keller. Vom Starkregen betroffen waren auch das Romerohaus und weitere Gebäude. Erinnerungen an früher Seinen Lauf nahm das verhängnisvolle Ereignis wenige Meter vor der Stelle, an der die Wassermassen in den Siebzigerjahren regelmässig aus der Bachkurve schossen und das Quartierzentrum flächig unter Wasser setzten. Dank dem Entlastungsstollen blieb es diesmal bei einem relativ punktuellen Schadensperimeter – was die Situation für die direkt Betroffenen natürlich nicht angenehmer macht.	Roland Eggspühler, Quartierverein Seeburg – Würzenbach - Büttenen

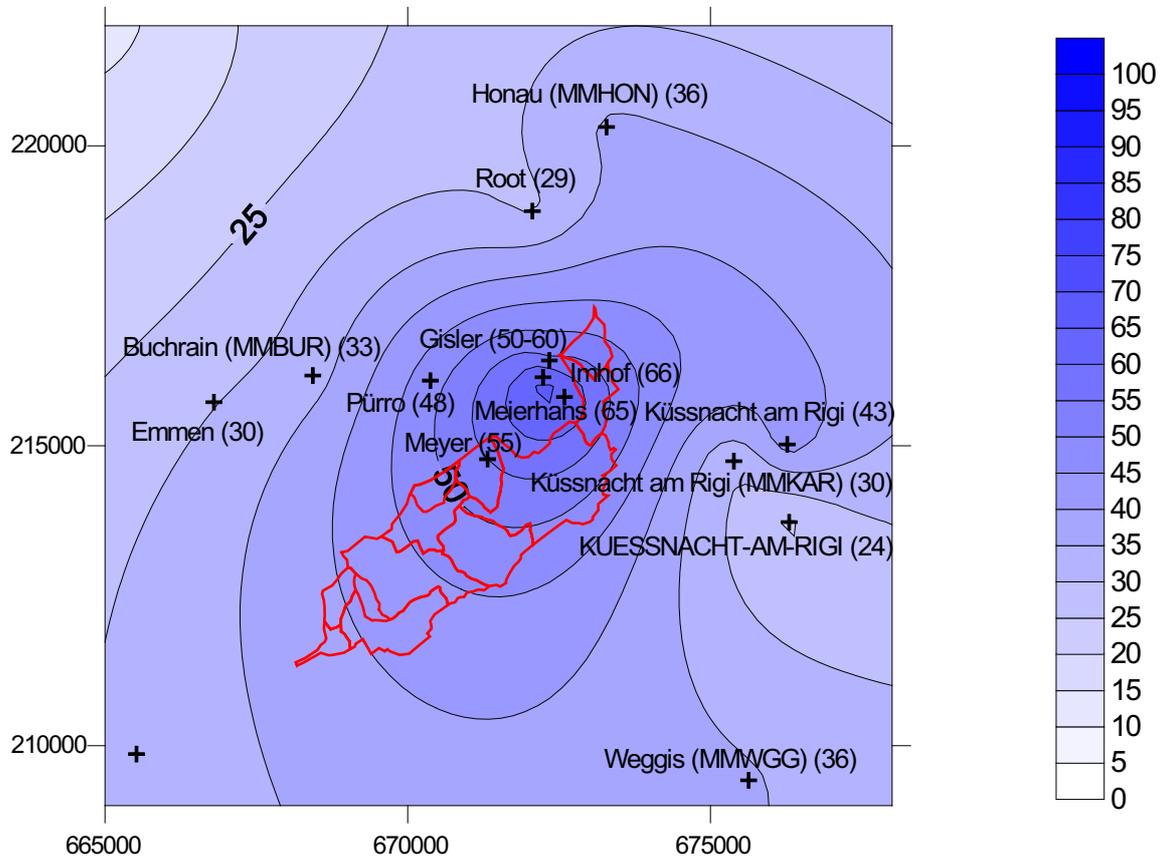
Nr. Station	4380 Küssnacht am Rigi	4590 Luzern (Musegg)	4590 Luzern (Wesemlin)	4590 Luzern (Werkhof)	4590 Luzern	4859 Cham	4860 Cham	Agrometeo Buchrain	Agrometeo Hohenrain	Agrometeo Hünenberg	Agrometeo Küssnacht am Rigi	Agrometeo Nottwil	Agrometeo Urswil	MeteoGroup Buchrain (MMBUR)	MeteoGroup Küssnacht am Rigi (MMKAR)	MeteoGroup Weggis (MMWGG)	MeteoGroup Honau (MMHON)	LU 01 Emmen	LU 03 Root
Messperiode	1882-1890; 1899-	1880-1919	1919-1971	1970-1978	1978-	1993-	1882-1892, 1900-1918, 1960-2001											1999-	1999-
X	676270	665940	666450	666920	665520	677825	676720	669888	666800	674916	676300	653478	664939	668434	675387	675631	673283	666800	672060
Y	215020	211850	212650	210500	209860	226880	225920	216871	226300	225296	213725	219435	222403	216169	214742	209422	220311	215725	218910
Zeitintervall	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr
Statistik	1901-1970	1881-2010	1881-2010	1881-2010	1881-2010	keine	1901-1917, 1960-1977	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
09.06.1910	0.0	0.0					0.0												
10.06.1910	0.7	1.6					0.8												
11.06.1910	5.3	6.4					6.9												
12.06.1910	3.1	4.0					14.9												
13.06.1910	19.7	10.4					17.8												
14.06.1910	84.5	80.5					104.8												
15.06.1910	23.3	18.3					18.5												
16.06.1910	0.0	0.2					0.0												
14.-15.06.1910	107.8	98.8					123.3												
13.-15.06.1910	127.5	109.2					141.1												
06.06.1912	1.2	1.2					0.0												
07.06.1912	11.4	12.9					4.5												
08.06.1912	7.9	3.8					6.0												
09.06.1912	14.3	7.0					20.0												
10.06.1912	0.0	0.0					0.4												
11.06.1912	0.0	0.0					0.0												
12.06.1912	3.5	1.4					0.0												
13.06.1912	95.4	78.0					84.3												
14.06.1912	0.0	0.1					0.0												
12.-13.06.1912	98.9	79.4					84.3												
26.07.1927	0.0		0.0																
27.07.1927	21.6		30.1																
28.07.1927	7.8		5.4																
29.07.1927	12.9		19.2																
30.07.1927	0.0		0.2																
31.07.1927	0.0		0.0																
01.08.1927	1.3		1.8																
02.08.1927	15.5		30.9																
03.08.1927	0.0		0.0																
15.08.1975	32.6			40.4			18.5												
16.08.1975	0.0			0.0			0.0												
17.08.1975	4.8			2.4			12.7												
18.08.1975	16.4			5.2			23.3												
19.08.1975	0.0			0.0			0.0												
20.08.1975	0.0			0.0			0.0												
21.08.1975	3.4			8.3			15.2												
22.08.1975	27.2			24.1			25.8												
23.08.1975	74.2			65.7			42.5												
24.08.1975	12.8			15.4			13.0												
22.-23.08.1975	101.4			89.8			68.3												
22.-24.08.1975	114.2			105.2			81.3												
28.06.1993	0.0			0.0			0.0												
29.06.1993	0.0			0.0			0.0												
30.06.1993	0.4			2.0			0.0												
01.07.1993	0.4			0.7			2.4												
02.07.1993	5.3			6.3			4.7												
03.07.1993	0.0			0.0			0.0												
04.07.1993	0.0			0.0			0.0												
05.07.1993	64.4			94.4			77.6												
06.07.1993	0.3			0.0			0.0												
07.07.1993	0.0			0.0			0.0												
08.07.1993	0.0			0.0			0.0												
09.07.1993	2.9			1.4			3.7												
10.07.1993	67.2			59.5			74.6												
11.07.1993	18.0			18.0			14.0												
01.06.2002	0.0			0.0	0.0													0.0	0.0
02.06.2002	0.0			0.0	0.0													0.0	0.0
03.06.2002	7.8			21.0	3.1													6.7	10.4
04.06.2002	0.0			0.0	0.0													0.0	0.0
05.06.2002	3.3			11.5	1.7													8.1	2.8
06.06.2002	81.3			111.8	30.8													80.5	49.1
07.06.2002	14.6			3.4	3.5													3.3	6.6
12.07.2002	11.1			9.8	4.2													8.5	3.9
13.07.2002	0.6			0.2	1.6													0.0	0.4
14.07.2002	2.1			3.2	1.2													3.1	3.2
15.07.2002	15.1			33.5	13.7													23.5	33.3
16.07.2002	0.7			0.5	0.0													1.9	0.3
17.07.2002	40.1			45.7	33.9													41.5	39.6
18.07.2002	0.3			0.5	0.0													0.2	0.3
26.11.2002	0.9			1.4	2.1													1.3	1.1
27.11.2002	0.1			0.0	0.2													0.1	0.1
28.11.2002	10.3			5.1	5.7													4.8	5.9
29.11.2002	4.8			4.8	4.3													4.9	5.9
30.11.2002	4.4			5.0	4.5													2.6	2.5
01.12.2002	4.7			1.7	0.7													2.3	2.8
02.12.2002	3.9			0.6	1.2													1.4	1.1
15.08.2005	28.0			38.0	20.8		26.4	33.4	14.6	32.2								36.9	27.0
16.08.2005	3.8			1.3	4.5		5.0	3.2	1.6	2.4								2.8	2.8
17.08.2005	0.0			0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0								0.0	0.0
18.08.2005	0.4			1.6	0.1		0.4	1.0	20.8	0.8								0.9	0.3
19.08.2005	24.4			23.6	25.2		30.2	27.8	25.0	32.8	</								



Anhang 3.1: Niederschlagsverteilung am a) 6.-7.6.2002, b) 19.-21.8.2005 (Niederschlag in mm).



Anhang 3.2: Niederschlagsverteilung am a) 6.-8.8.2007, b) 8.8.2009 (Niederschlag in mm).



Anhang 3.3: Niederschlagsverteilung am 6.-7.6.2015, Stationen und private Messungen (Niederschlag in mm).

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)
= · ·	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

Verwitterungszustand

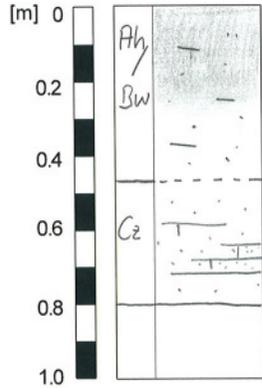
ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

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

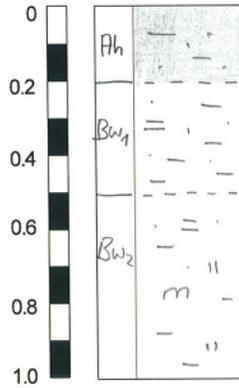
Wü1

Ort: Adligenswil, Chluse
 Landnutzung (LN): Mähwiese, Mulde
 Geologie (Geol.): USM
 Bodentyp: Braunerde
 Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



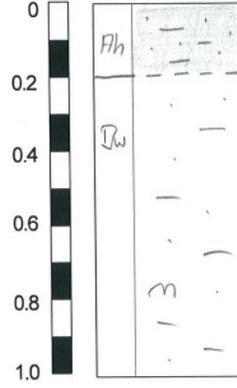
Wü2

Ort: Adligenswil, Chluse
 LN: Mähwiese, Hang
 Geol.: USM
 Bo.: Braunerde (B)
 Sond.: Pürckh.



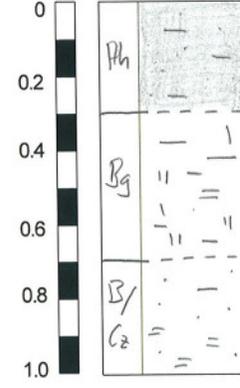
Wü3

Ort: Adligenswil, Talacheri
 LN: Mähwiese, Mulde
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



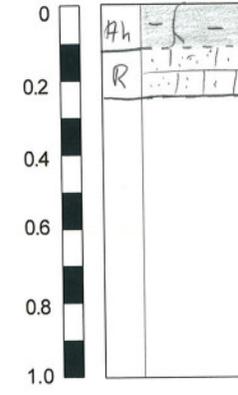
Wü4

Ort: Adligenswil
 LN: Mähwiese, leicht geneigter Hang
 Geol.: USM
 Bo.: Pseudogley
 Sond.: Pürckh.



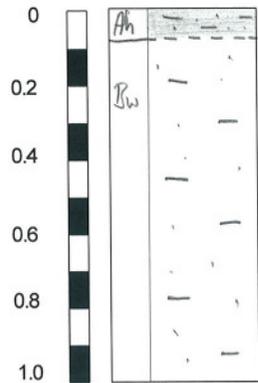
Wü5

Ort: Adligenswil, Töbeli
 LN: Mähwiese, Hang
 Geol.: USM (Sandstein)
 Bo.: Ranker
 Sond.: Pürckh.



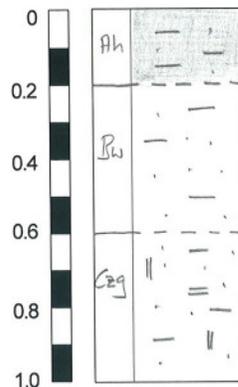
Wü6

Ort: Adligenswil, Töbeli
 LN: Mähwiese, Hang
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



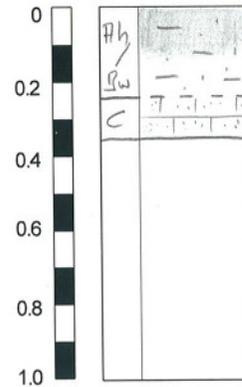
Wü7

Ort: Adligenswil, Obermösi
 LN: Acker, Mulde
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



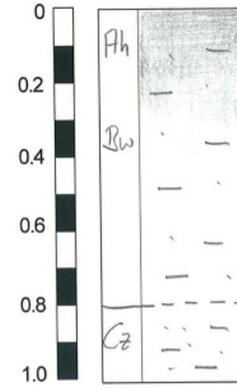
Wü8

Ort: Adligenswil, Obermösi
 LN: Mähwiese, Hangkante
 Geol.: USM (Sandstein)
 Bo.: Ranker
 Sond.: Pürckh.



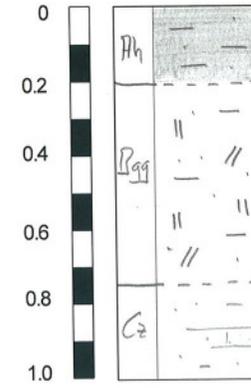
Wü9

Ort: Adligenswil, Moos
 LN: Weide, Mulde
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



Wü10

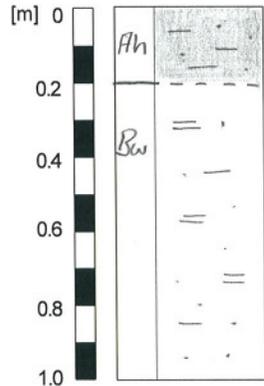
Ort: Adligenswil, Mülihof
 LN: Weide, Talboden
 Geol.: Alluvione
 Bo.: Buntgley
 Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Würzenbach untersuchten Bodenprofile (Wü1-Wü10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

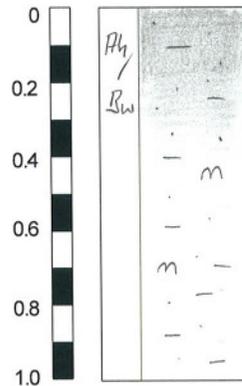
Wü11

Ort: Udligenswil, Schönau
 Landnutzung (LN): Weide, Hang
 Geologie (Geol.): USM
 Bodentyp: Braunerde (B)
 Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



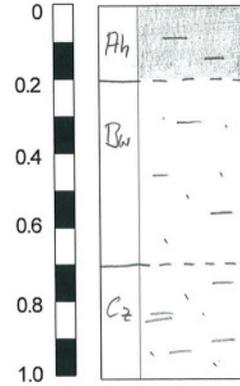
Wü12

Ort: Udligenswil, Sunnmatt
 LN: Mähwiese, Hang
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



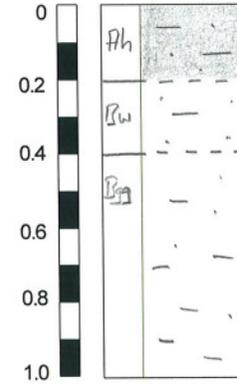
Wü13

Ort: Udligenswil, Sunnmatt
 LN: Weide, Hang
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



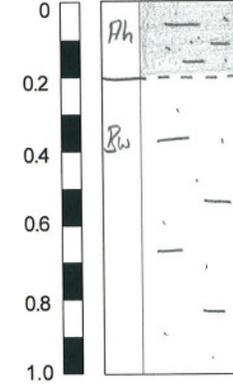
Wü14

Ort: Udligenswil, Obegg
 LN: Mulde
 Geol.: künstl. Auffüllung
 Bo.: Kultisol
 Sond.: Pürckh.



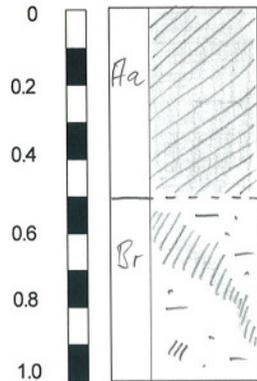
Wü15

Ort: Udligenswil, Busern
 LN: Weide, Steilhang
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



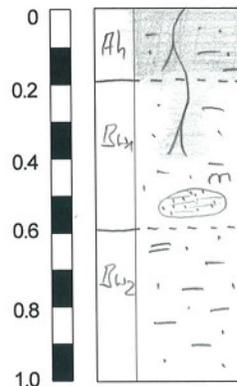
Wü16

Ort: Udligenswil, Under Wald
 LN: Mulde
 Geol.: USM
 Bo.: anmooriger Fahgley
 Sond.: Pürckh.



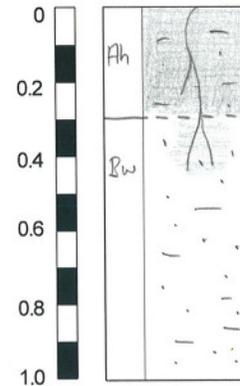
Wü17

Ort: Adligenswil, Chluseried
 LN: Fichtenwald, Mulde
 Geol.: Moräne
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



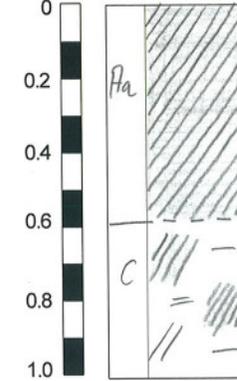
Wü18

Ort: Adligenswil, Chluseried
 LN: Fichtenwald, Steilhang
 Geol.: USM
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



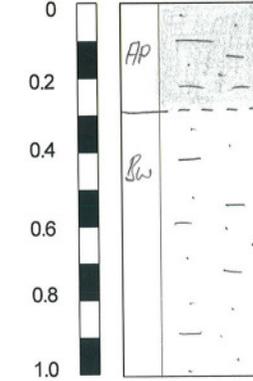
Wü19

Ort: Udligenswil, Wagemoos
 LN: Weisstannenwald, flache Mulde
 Geol.: USM
 Bo.: Moor
 Sond.: Pürckh.



Wü20

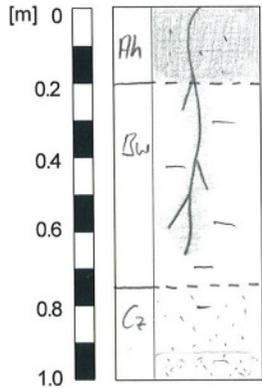
Ort: Adligenswil, Niederdorf
 LN: Acker, Hangfuss
 Geol.: Alluvione
 Bo.: B
 Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Würzenbach untersuchten Bodenprofile (Wü11-Wü20) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

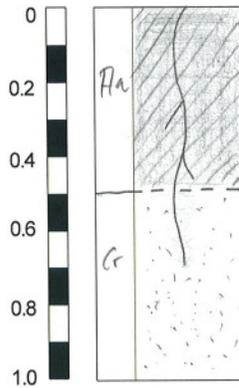
Wü21

Ort: Adligenswil, Foremoos
Landnutzung (LN): Fichtenforst, Hang
Geologie (Geol.): USM
Bodentyp: B
Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



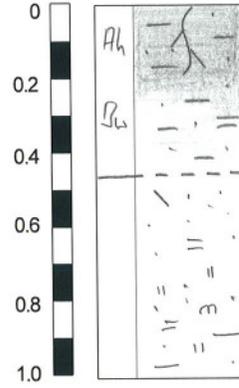
Wü22

Ort: Meggen, Meggerwald
LN: Mischwald, Mulde
Geol.: USM
Bo.: Anmooriger Fahlgley
Sond.: Pürckh.



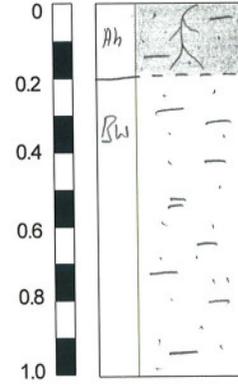
Wü23

Ort: Meggen, Mülegg
LN: Mähwiese, Hang
Geol.: Moräne
Bo.: B, verglejt
Sond.: Pürckh.



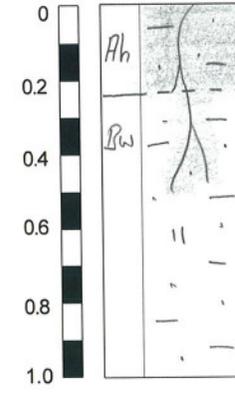
Wü24

Ort: Meggen, Mülegg
LN: Mähwiese, Hang
Geol.: USM
Bo.: B
Sond.: Pürckh.



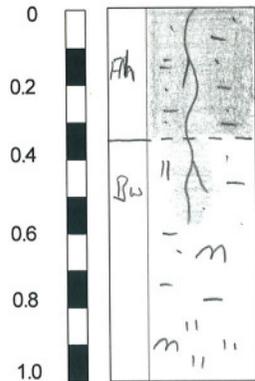
Wü25

Ort: Würzenbach, Bütten
LN: Buchenmischwald, Hang
Geol.: USM
Bo.: B
Sond.: Pürckh.



Wü26

Ort: Meggen, Bütten
LN: Mischwald, Hang
Geol.: USM
Bo.: B, verglejt
Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Würzenbach untersuchten Bodenprofile (Wü21-Wü26) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

Anhang 4.3: Die Eigenschaften der im Anhang 4.2 dargestellten Bodenprofile vom Würzenbach (Wü1-Wü26) mit der Einschätzung von Infiltration und Speicherfähigkeit und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses (Abkürzungen siehe auch Legende 4.2: U, u = Silt, siltig; L, l = Lehm, lehmig; S, s = Sand, sandig; A = Oberboden, B = Unterboden, C = Ausgangsmaterial, g = Rostfleckung, h = organisches Material, r = dauernd vernässt, w = Verwitterungshorizont, z = zersetzt. 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). Moräne: Würm-Moräne des Reuss-, Aare- und Brüniggletschers; USM: Untere Süsswassermolasse; OMM: Obere Meeresmolasse.

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
Wü1	Adligenswil, Chluse Mähwiese, Mulde Untere Süsswassermolasse (USM) Braunerde (B) Pürckhauer (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Us Bw: dunkelbrauner Us Cz: gelb-grau verwitterter Sandstein Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speichervermögen (Spv.): mässig Prozesse (Proz.): SOF2	Wü2	Adligenswil, Chluse Mähwiese, Hang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Lu Bw2(g): beige-brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
Wü3	Adligenswil, Talacheri Mähwiese, Mulde USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	Wü4	Adligenswil Mähwiese, leicht geneigter Hang USM Pseudogley Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bg: braun-beiger Lu B/Cz: braun-grauer Lt Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2
Wü5	Adligenswil, Töbeli Mähwiese, Hang USM (Sandstein) Ranker Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us R: komp. Fels Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF1	Wü6	Adligenswil, Töbeli Mähwiese, Hang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2/SOF3
Wü7	Adligenswil, Obermösli Acker, Mulde USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Czg: beige verwitterter Sandstein Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF2	Wü8	Adligenswil, Obermösli Mähwiese, Hangkante USM (Sandstein) Ranker Pürckh. Ah/Bw: dunkelbrauner Us C: grauer Sandstein Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF1-2
Wü9	Adligenswil, Moos Weide, Mulde USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: dunkelbraun Us-Lu (Auffüllung?) Cz: grau-blauer Mergel Us Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2	Wü10	Udligenswil, Mülihof Weide, Talboden Alluvione Buntgley Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bgg: brauner Us Cz: brauner Ls Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF2

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
Wü11	Udligenswil, Schönau Weide, Hang USM Braunerde (B) Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu, dann brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	Wü12	Udligenswil, Sunnmatt Mähwiese, Hang USM B Pürckh. Ah/Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
Wü13	Udligenswil, Sunnmatt Weide, Hang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz: beiger Ut (mergel, verw.) Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	Wü14	Udligenswil, Obereggen Weide, Mulde künstl. Auffüllung Kultisol Pürckh. Ah: Bw: brauner Us Bgg: grauer Lu Inf.: gehemmt Spv.: mässig-gering Proz.: SOF1
Wü15	Udligenswil, Busern Weide, Steilhang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	Wü16	Udligenswil, Under Wald Wiese. Mulde USM anmooriger Fahlgley Pürckh. Aa: anmooriger Fahlgley Br: grauer Us Inf.: gering Spv.: gering Proz.: SOF1-2
Wü17	Adligenswil, Chluseried Fichtenwald, Mulde Moräne B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: braun-beiger Lu, dann brauner Ls Bw2: brauner Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	Wü18	Adligenswil, Chluseried Fichtenwald, Steilhang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us (viel Grobsand) Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3(2)
Wü19	Udligenswil, Wagenmoos Weisstannenwald, flache Mulde USM Moor Pürckh. Aa: dunkelbraunes, organisches Material C: grauer Ut Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF1-2	Wü20	Adligenswil, Niderdorf Acker, Hangfuss Alluvione B Pürckh. AP: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal-leicht gehemmt Spv.: gross Proz.: SOF3
Wü21	Adligenswil, Foremoos Fichtenforst, Hang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz: beiger Ls4, Sand Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	Wü22	Meggen, Meggerwald Mischwald, Mulde USM anmooriger Fahlgley Pürckh. Aa: dunkelbraunes, organisches Material Cr: grauer Sand Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1-SSF1

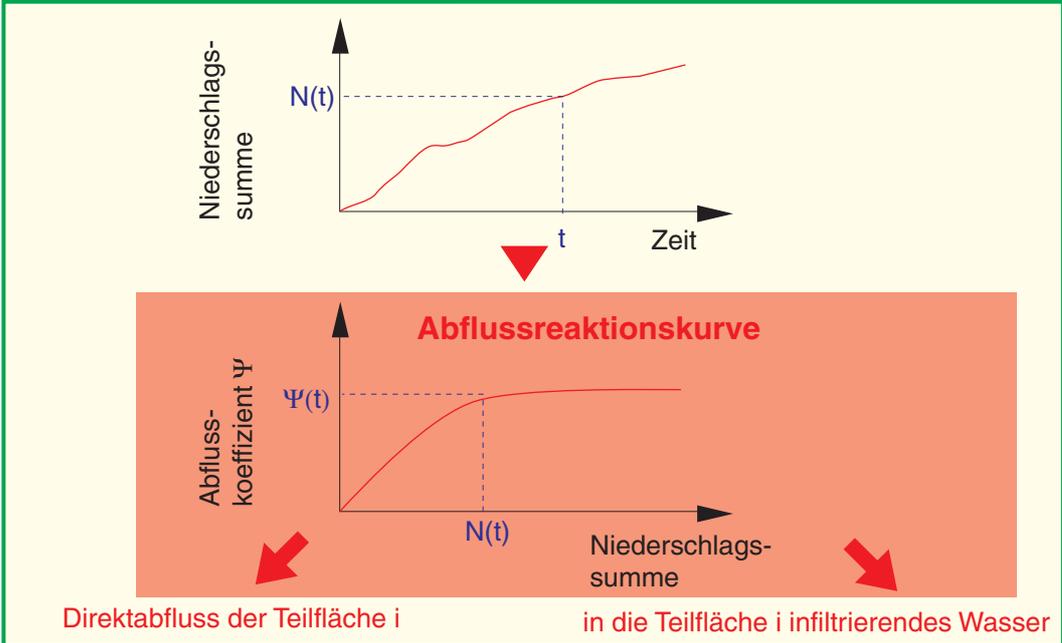
	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
Wü23	<p>Meggen, Mülegg Mähwiese, Hang Moräne B, vergleyt Pürckh. Ah/Bw: dunkelbrauner Lu Bg/Cz: beiger Ts</p> <p>Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2</p>	Wü24	<p>Meggen, Mülegg Mähwiese, Hang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: dunkelbrauner Lu, dann brauner Lu</p> <p>Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF3</p>
Wü25	<p>Würzenbach, Büttlen Buchenmischwald, Hang USM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us, dann beiger Us</p> <p>Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3</p>	Wü26	<p>Meggen, Büttlen Mischwald, Hang USM B, vergleyt Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bw: brauner Us</p> <p>Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3</p>

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

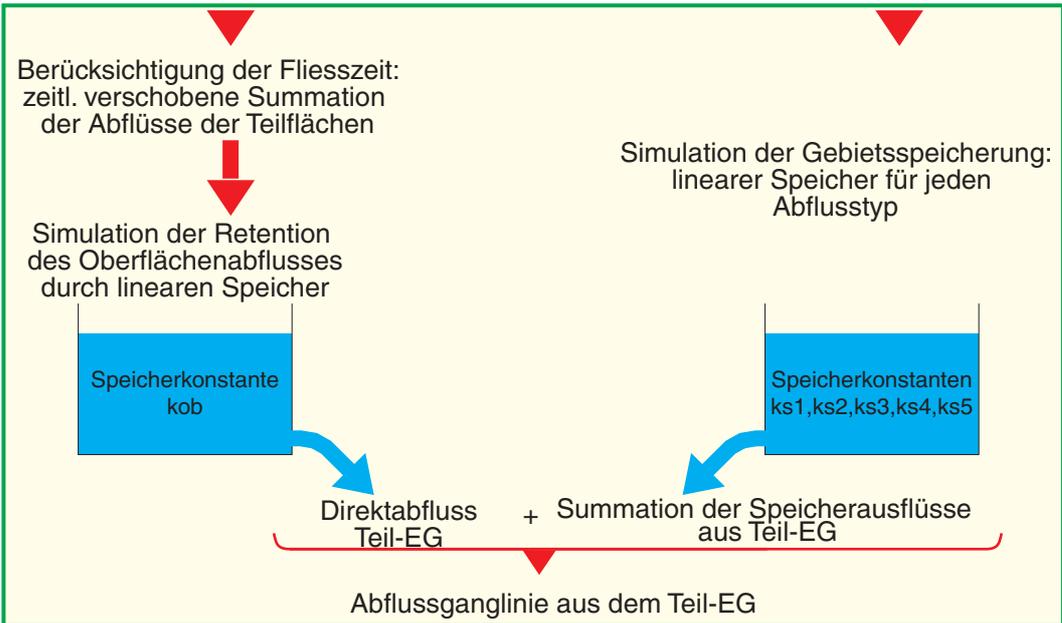
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

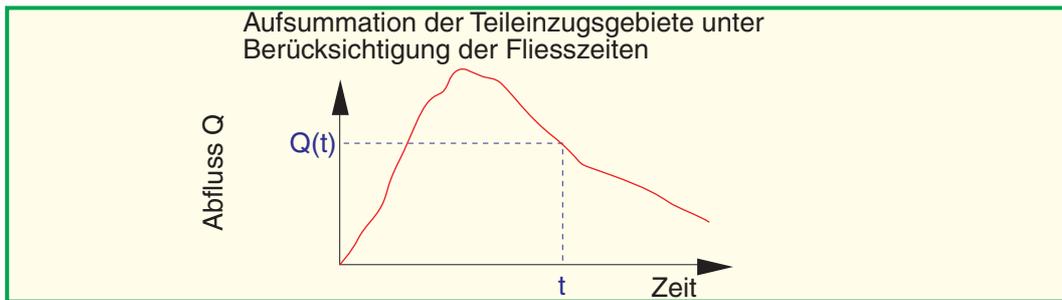
Stufe Teilfläche



Stufe Teileinzugs-gebiet

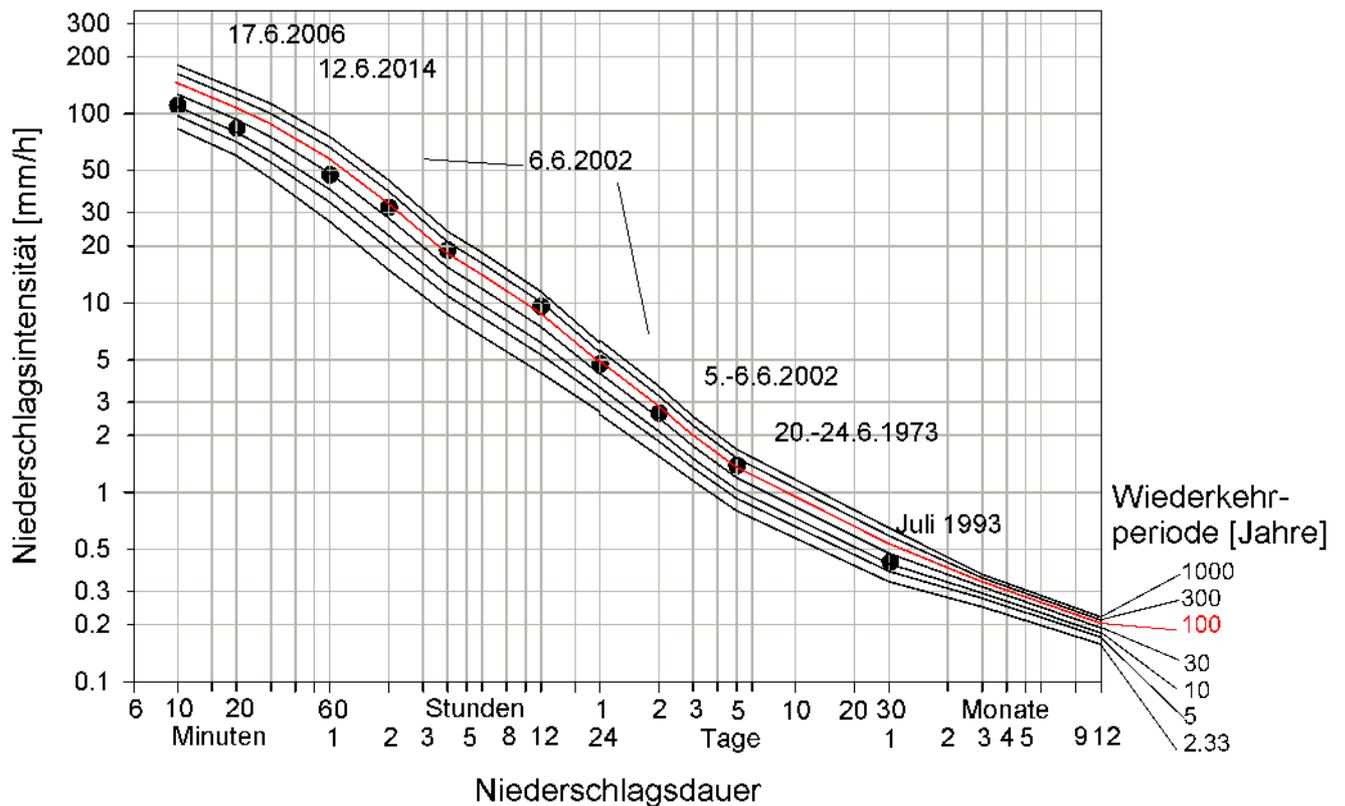
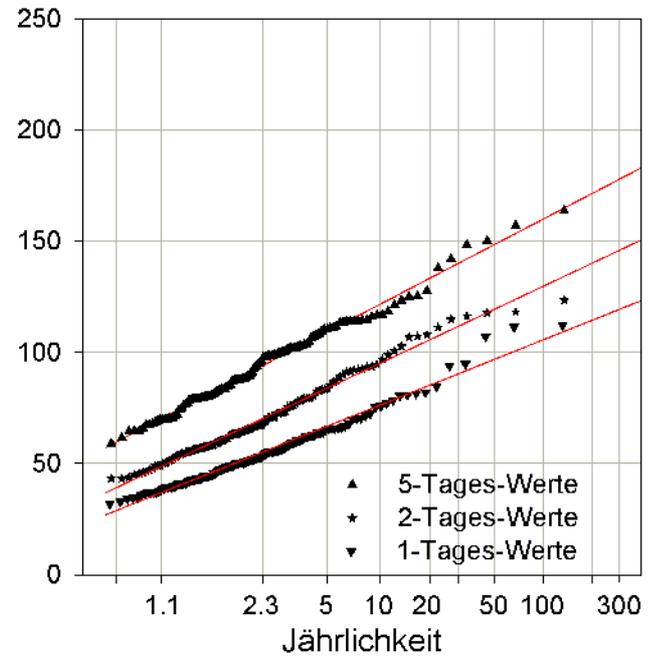
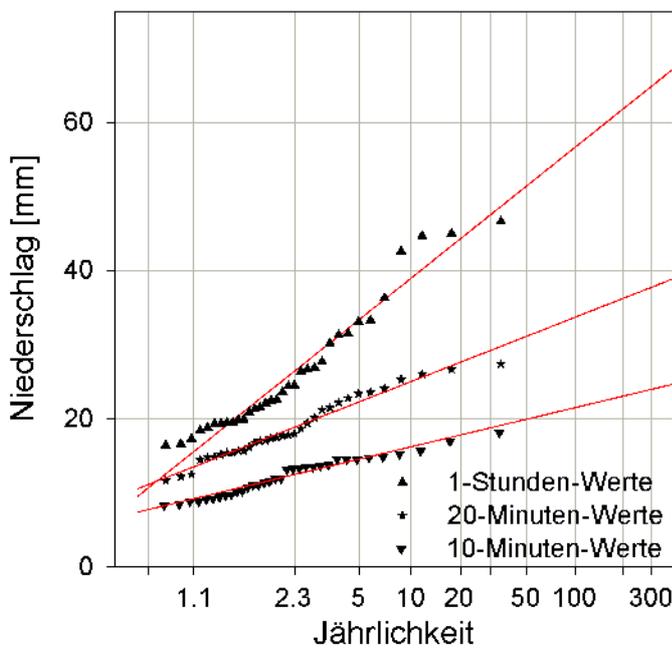


Einzugs-gebiet



Anhang 5: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells QArea. Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlagssumme und Abflusskoeffizient beschreibt.

<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