

## Überprüfung der hydrologischen Grundlagen des Hochwasserschutzes in Buttisholz (Kt. LU)



*Hochwasser vom 2. Juli 2013 beim Pflegeheim Buttisholz. Foto: Gemeinde Buttisholz*

Auftraggeber:  
Verkehr und Infrastruktur des Kt. Luzern (vif)  
Abteilung Naturgefahren

Bericht 15 / 204

Reinach, Oktober 2015

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>2</b>
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Gebietskennwerte.....	5
1.3 Gewährsleute.....	5
<b>2 Verwendete Daten und Unterlagen.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Historische Hochwasser.....</b>	<b>8</b>
3.1 Einleitung.....	8
3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte des Dorfbachs.....	9
3.3 Historische Hochwasser am Dorfbach.....	9
3.4 Schlussfolgerungen.....	12
<b>4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets.....</b>	<b>13</b>
4.1 Einleitung.....	13
4.2 Geologie und Hydrogeologie.....	13
4.3 Böden.....	13
4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen.....	14
4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	14
4.6 Abflussreaktionskurven.....	15
<b>5 Abflussberechnungen.....</b>	<b>20</b>
5.1 Einleitung.....	20
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea.....	20
5.3 Modellverifikation.....	22
5.4 Niederschlag-Szenarien.....	22
5.5 Abflussberechnungen.....	23
<b>6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....</b>	<b>25</b>
6.1 Einleitung.....	25
6.2 Dorfbach beim Mülihof (BP4) ohne den Einfluss des bestehenden Rückhaltebeckens Fürti .....	25
6.3 Der Einfluss des Hochwasserrückhaltebeckens Fürti auf die Abflussspitzen im Dorf.....	26
6.4 Ausleitwassermenge in den Chottegrabe (BP4).....	28
<b>7 Anhang.....</b>	<b>29</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Der Dorfbach von Buttisholz hat ein Einzugsgebiet (EZG) von ca. 6.3 km<sup>2</sup>. Buttisholz war in den vergangenen 10 Jahren einige Male von Hochwasser durch den Dorfbach betroffen. Um den Hochwasserschutz zu verbessern, wurde 2011 in einem ersten Schritt am Horütibach das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Fürti (Rückhaltevolumen 28'800 m<sup>3</sup>, Drosselwassermenge 3 m<sup>3</sup>/s) erstellt (Abb. 1, BP1). Die Hochwasserabflüsse des Zihlbachs, der die Mulde von Gattwil entwässert, sind hingegen ungedämpft. Bis ausgangs Buttisholz fließen noch weitere, teils eingedolte Bäche dem Dorfbach zu. Das System der Wasserläufe in Buttisholz und ihr Zusammenwirken ist daher komplex.

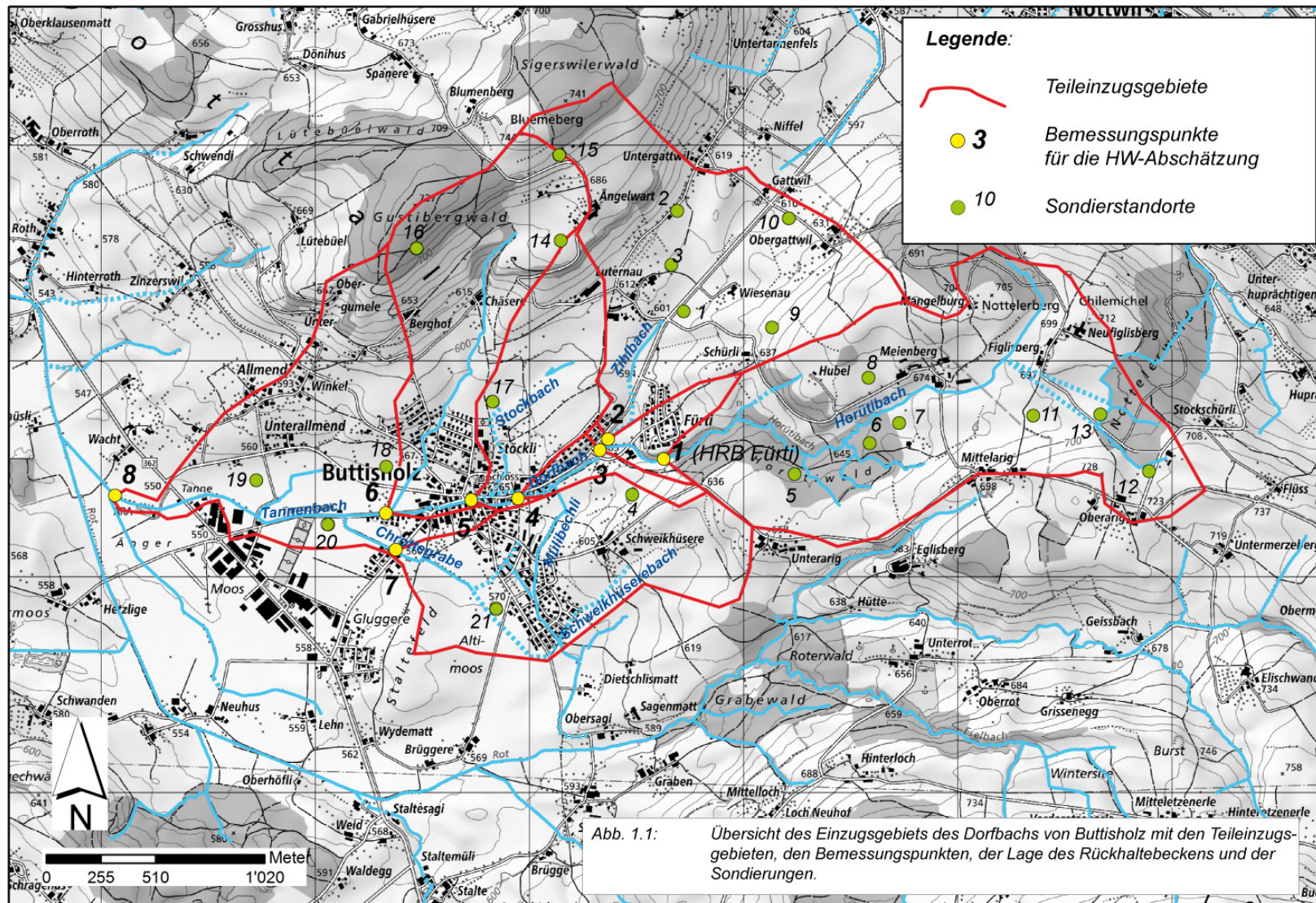
Nun soll mit einer gezielten Ausleitung des Dorfbachs in den Chottegraben der Dorfbereich bei Hochwasser entlastet werden (BP4, Höhe Gemeindehaus). Weitere Massnahmen am Dorfbach sind in mehreren Losen geplant. Diese wasserbaulichen Arbeiten sind aufwändig und bedürfen einer detaillierten hydrologischen Abklärung.

Die hydrologischen Grundlagen (Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>, HQ<sub>300</sub>) liegen von verschiedenen Quellen vor. Sie wurden teilweise mit HAKESCH oder mit einfachen, kaum kalibrierten Modellen abgeschätzt (Holinger, 2015; Emch & Berger et al., 2011). Es stellt sich die Frage, ob die für das Projekt festgelegten Ausbauwassermengen angemessen und in sich konsistent sind. Um diese Frage zu klären, will der Kanton Luzern die Bemessungsabflüsse überprüfen lassen.

Folgende Fragen sind dabei von Interesse:

- Wie stark reagieren die einzelnen Seitengewässer auf Starkregen?
- Wie vergleichen sich die in der Vergangenheit in Buttiholz beobachteten Hochwasser mit den vorhandenen HQ<sub>x</sub> resp. mit den Bemessungsabflüssen?
- Wie wirkt sich das neu gebaute HRB Fürti auf die Abflüsse im Dorf aus?
- Sind die projektierten Ausleitungsabflüsse am Chottegraben sinnvoll?





## 1.2 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (EZG) (Bluemeberg)	744 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (ARA)	547 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: HRB Fürti	1.90 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 2: Zihl	1.30 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 3: oberhalb Mülihof	3.33 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 4: Mülifeld	3.43 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 5: Dorfzentrum	3.91 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 6: Underdorf	4.81 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 7: Banschimatt	0.89 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 8: ARA	6.66 km <sup>2</sup>

## 1.3 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen zu Hochwasser in Buttisholz unterstützt:

- Arnet Erwin, Wuhraufseher
- Bachofer Erwin, Alt-Gemeindeammann
- Emmenegger Josef, Anwohner (Mülihof)
- Erni Christina, Anwohnerin (Mülihof)
- Geisseler Markus, Feuerwehrkommandant
- Kiener Josef, Anwohner Arigstrasse
- Korner Peter, ehem. Gemeinderat
- Paravicini Gianni, vif Kt. LU
- Schluh Michael, vif Kt. LU
- Schürmann Othmar, Alt-Feuerwehrkommandant
- Stadelmann Isidor, Alt-Gemeindeschreiber
- Stalder Roland, OekoB Planungsbüro

## 2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Emch & Berger / WSB (2011): Hochwasserrückhaltebecken Fürti. Technischer Bericht Hydrologie. Auftraggeber: vif Kt. LU.
- Feuerwehr Buttisholz (2014) Einsatzliste. <http://www.buttisholz.ch/feuerwehr/einsatz.htm> (abgerufen im September 2015).
- Gemeinde Buttisholz (1986): 950 Jahre Buttisholz, Jubiläumsschrift.
- Gemeinde Buttisholz (2015): Gemeinderatsnachrichten <http://www.buttisholz.ch/verwaltung/news-detail.htm> (abgerufen im September 2015).
- Gemeinde Buttisholz: Fotos zu den Hochwassern 2003, 2005, 2007, 2010, 2013, 2014.
- Gerber M.E. (1994): Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1129 Sursee. Hrsg. Landeshydrologie und -geologie.
- Holinger AG (2015): HWS Buttisholz – HWRB Fürti. Memo zu Händen des vif des Kt. LU vom 23.4.2015.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte des Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Kanton Luzern (2015a): Ereigniskatasterauszüge mit StorMe Formularen.
- Kanton Luzern (2015b): Online-Karten, Gewässerschutzkarte, Waldbestandeskarte <http://www.-geo.lu.ch/map/> (abgerufen im September 2015).
- Kanton Luzern (2015c): Niederschlagsdaten von verschiedenen Stationen.
- Kanton Luzern, Bau- und Verkehrsdepartement (2001): Verbauung der Wigger und Zuflüsse. 10069 Ausbau Dorfbach (Buttisholz). Auflageprojekt. Proj.-Verfasser: Weilenmann + Blättler AG.
- 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.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregenereignisse. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- OekoB (2002): Hochwassergefahren Dorf Buttisholz – Gefahren- und Risikobeurteilung. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur des Kt. LU, vif.
- OekoB (2005): Ereignisdokumentation Starkniederschläge 23. August 2005 in Buttisholz. Auftraggeber: Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement.
- OekoB (2007): Ereignisdokumentation Starkniederschläge 8./9. August 2007 in Buttisholz. Auftraggeber: Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement.
- OekoB (2010): Ereignisdokumentation Starkniederschläge 29. Juli 2010 in Buttisholz. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif, Kt. LU.
- Oeko-B, GEOTEST AG, PlanQuadrat AG (2009): Gefahrenkarte Buttisholz. Bericht und Anhang. Auftraggeber: Kt. LU, Bau und Umweltdepartement.
- Planquadrat AG (2013): Hochwasserschutz Buttisholz Dorf, Objekt Dorfbach (Übersicht Lose 1 bis 4). Im Auftrag des vif, Kanton Luzern.
- 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 AG (2015): Hydrologische Grundlagen für den Götzenthalbach in Dierikon (Kt. LU) unter Berücksichtigung des Hochwassers vom 7. Juni 2015. Auftraggeber vif Kt. LU.
- 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.
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2014): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in der Gemeinde Buttisholz (1972-2014).
- 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

Es liegen keine Abflussmessungen am Dorfbach Buttisholz vor. Mit der Untersuchung historischer Hochwasser können aber Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen gesammelt werden. Durch Informationen aus Zeitungen, Archiven und verbürgten Angaben kann die Hochwassergeschichte der letzten Jahrzehnte zusammengetragen werden. Die Hochwasser der letzten 15 Jahre sind aufgrund von Zeugenaussagen und Fotos gut belegt. Anhand der Aussagen und Fotos wurde versucht, die Abflussspitzen jener Hochwasser zu rekonstruieren. Dies erlaubte, alle beobachteten Hochwasser einzuordnen.

Buttisholz liegt am Rande des glazial überformten Tales der Rot. Teile des Siedlungsgebiets liegen am Unterhang der angrenzenden Hügel, andere Gebiete wie das Hinderdorf, Underdorf und Dorf befinden sich in einer flachen Mulde. Zihlbach, Horütibach, Dorfbach und Stockbach fliessen aus verschiedenen Richtungen nach Buttisholz. Wenn bei Hochwasser diese Bäche über die Ufer gehen, verteilt sich das Wasser aufgrund der Topographie in grossen Teilen des Dorfes (vgl. StorMe-Formulare). Mit dem Bau des Dammes und des Objektschutzes oberhalb Mülfeld haben sich die Abflussverhältnisse bei Hochwasser verändert. Dies erschwerte die Rekonstruktion der Abflussspitzen.

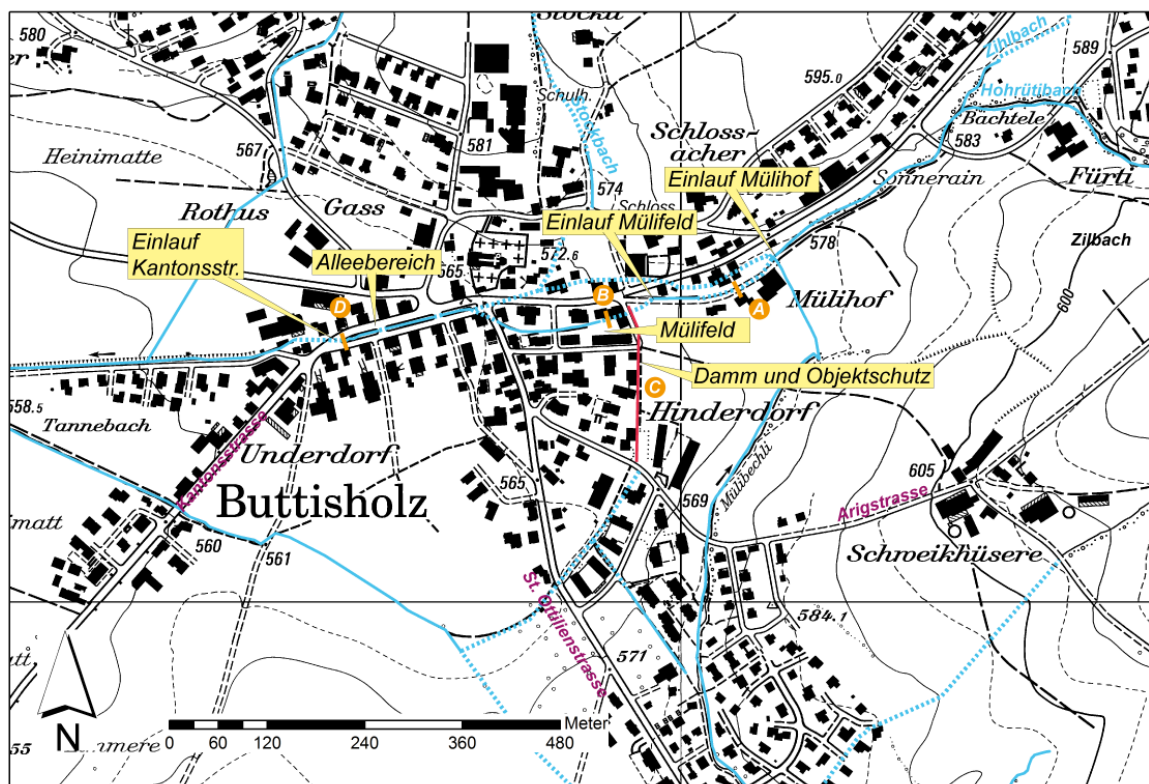


Abb. 3.1: Im Zusammenhang mit historischen Hochwassern wesentliche Stellen im Dorf Buttisholz: A-D markieren Abschätzpunkte der Abflussspitze oder der Abflusskapazität.



## 3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte des Dorfbachs

Um historische Hochwasser vergleichen zu können, ist die Kenntnis der früheren Gerinnegeometrie eines Baches erforderlich. Die Ausbaugeschichte des Dorfbachs wurde mangels verfügbarer Unterlagen weitgehend aus alten Landeskarten rekonstruiert.

Bereits auf der Siegfriedkarte von 1889 ist der heute noch bestehenden Alleebereich im Dorf sichtbar (Abb. 3.1). Oberhalb davon, zwischen Mülihof und Dorf, verlief damals der Bach offen und es bestanden erst wenige Gebäude entlang des Baches. Bis in die 1950er-Jahre nahm die Bebauung in diesem Abschnitt geringfügig zu. Die Landeskarte 1955 zeigt, dass der heutige Mülihof und die unterhalb liegenden Gebäude noch nicht existierten. Der Dorfbach war aber auf zwei Abschnitten in jenem Bereich bereits eingedolt. In den 1960er-Jahren wurde im Mülifeld ein Gebäude erstellt, welches noch heute auf dem Gerinne des Dorfbachs steht. Seitdem hat der Dorfbach zwischen Mülihof und Dorf das ähnliche Aussehen und besteht im eingedolten Abschnitt aus einem Rohr ( $d = 1 \text{ m}$ ). Dieser Abschnitt ist auch der Engpass mit einer Abflusskapazität von ca.  $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Kanton Luzern, Bau- und Verkehrsdepartement, 2001). Unterhalb davon bis zum Alleebereich verläuft der Bach in einem zwar schmalen, dafür tiefen gemauerten Gerinne mit einer höheren Kapazität.

Im Jahr 2002 wurden der Bach im Alleebereich saniert und einzelne Brücken neu erstellt. Da verschiedene Hochwasser grosse Schäden anrichteten, wurde kurz vor dem Hochwasser im August 2005 oberhalb Mülifeld ein kleiner Querdamm geschüttet und mit einer Objektschutzmauer bis zur Arigstrasse erweitert, sodass der Dorfbach bei Hochwasser das Quartier Mülifeld kaum mehr überfluten kann. Seitdem kann oberhalb Mülifeld austretendes Wasser entlang des Dammes zur Arigstrasse und von dort mit Beaverschläuchen bis zur St. Ottilienstrasse geleitet werden. Von dort wird es aus dem bebauten Bereich hinaus über die Felder zum Underdorf geleitet. Damit können grosse Schäden vermieden werden.

Im Jahr 2011 wurde das Hochwasserrückhaltebecken Fürti in Betrieb genommen. Der Auslauf des Beckens war zuerst mit einer Öffnung vom  $70 \times 35 \text{ cm}$  ausgestaltet (Drosselwassermenge  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), diese wurde im Frühjahr 2015 auf  $30 \times 30 \text{ cm}$  (Drosselwassermenge  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) verkleinert<sup>1</sup>. Bis zum Abschluss der diversen geplanten Hochwasserschutzmassnahmen sollen durch die Verkleinerung des Auslasses die Abflussspitzen des Hohrütibachs stärker gedämpft werden. Die Abflussspitzen des anderen Gewässerarmes, dem Zihlbach, gelangen ungedämpft in den Dorfbach.

## 3.3 Historische Hochwasser am Dorfbach

### 3.3.1 Überblick

Im Anhang 1 sind die recht ergiebigen Informationen über historische Hochwasser detailliert zusammengestellt. Ein wesentlicher Hinweis auf mögliche Hochwasser liefern Niederschlagsmessungen. Grosse Ereignisse sind im Anhang 2 zusammengestellt und ihre räumliche Verteilung ist im Anhang 3 dargestellt.

Erstmals wird Buttisholz am **17.8.1917** im Zusammenhang mit Erdschlipfen erwähnt ohne Angaben zu Hochwasser.

Hinderdorf, Dorfkern und Underdorf wurden am **29.5.1935** überflutet. Bei diesem Ereignis sollen grosse Wassermassen mit zügiger Strömung beobachtet worden sein.

<sup>1</sup> Es gibt eine zweite, höher liegende Öffnung (ebenfalls  $30 \times 30 \text{ cm}$ ), die als Kleintierdurchlass dient und bei Volleinstau eine Drosselwassermenge von ca.  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$  aufweist.

Am **29./30.8.1975** brach der Dorfbach aus und führte im Mülifeld zur Überflutung. Unterhalb blieb der Dorfbach knapp im Gerinne. Die Keller im Dorf wurden knapp nicht überflutet. Das Wasser floss unterhalb des Dorfes auf der Hauptstrasse.

**1980** brach der Dorfbach wahrscheinlich zwei Mal am unteren Ende der Allee aus. Am **20.6.1986** waren Seitenbäche von Hochwasser betroffen. Inwieweit der Dorfbach auch Hochwasser führte, ist unbekannt. Im gleichen Jahr waren am **25.12.1986** die Bäche randvoll.

Erst einige Jahre später löste ein Gewitter am Abend des **7.6.2003** Hochwasser aus, so dass der Horütibach über die Ufer trat. Dabei wurde Holz vom Bach mitgetragen und der Einlauf beim Mülihof wurde zumindest teilweise verstopft, wie Bilder belegen. Weiter unten wurden die Dorfteile Mülifeld, Hinderdorf, Arigstrasse und Dorf bis hin ins Underdorf stark überschwemmt und es entstanden grosse Schäden. Auch die Allee von Buttisholz verwandelte sich in einen Fluss.

Die ergiebigen Niederschläge vom 19.-22.8.2005 führten in der Zentralschweiz und im Berner Oberland zu grossen Hochwassern. Auch in der Umgebung von Buttisholz fielen in 3 Tagen 125 mm Niederschlag und am **21.8.2005** erreichte das Hochwasser seine Spitze. Weite Gebiete waren überschwemmt, so der Dorfkern, Hinderdorf, Underdorf, Schloss, Seebaldmatt, Wydenmatt, etc. Dank dem geschütteten Damm oberhalb der Mülimatt wurde jenes Quartier verschont und das Wasser floss via Arigstrasse an Teilen des Dorfs vorbei.

Im nahe gelegenen Sempach fielen am **7./8.8.2007** über 120 mm Niederschlag. Im Kanton Luzern traten Bäche und Flüsse über die Ufer so auch in Buttisholz. Die riesigen Wassermassen konnten mittels Beaver-Schläuche über die Arigstrasse und unterhalb der St. Ottilienstrasse auf die Wiese geleitet werden. Das Wasser staute sich z.T. auch im Unterlauf des Dorfbachs im Gewerbegebiet und überschwemmte mehrere Betriebe.

Am **29./28.7.2010** fielen in Sempach 89 mm Niederschlag. In Buttisholz überschwemmte in der Folge der Dorfbach das Zentrum, woraufhin die Strasse für zwei Stunden gesperrt werden musste. Zudem musste Wasser über die Arigstrasse abgeleitet werden.

Am **13.7.2011** erzeugte ein Gewitter lokale Überschwemmungen in der St. Ottilienstrasse.

Am frühen Abend des **2.7.2013** zog ein Gewitter mit starkem Hagel über Buttisholz und löste ein Hochwasser aus. Das Unwetter war von kurzer Dauer. Neben den Gerinneüberlastungen floss auch noch Hang- und Oberflächenwasser direkt ins Siedlungsgebiet. Die grossen Mengen von Hagelkörnern verursachten zudem an vielen Stellen Verstopfungen von Schächten, Durchlässen und Rechen. Beim Einlauf der Zihl gab es Rückstau, das Mülibechli ging über die Ufer und das Wasser des Dorfbachs floss wiederum zum Teil dem Erddamm entlang in die Arigstrasse.

### 3.3.2 Grösse der historischen Hochwasser und deren Einordnung

Mit Hilfe der Beobachtungen der Gewährspersonen und von Fotos seit dem 2003-Hochwasser liess sich die Grösse einiger Hochwasser an dafür günstigen Stellen abschätzen. An keiner Stelle konnte der gesamte Abfluss geschätzt werden. Durch die Addition der beobachteten Abflüsse (Annahme: Rohr im Mülifeld ist voll gelaufen und beobachtete Abflüsse zwischen Mülifeld und Arigstrasse / Ottilienstrasse) ergibt sich der gesamte Abfluss oberhalb Mülifeld (Tabelle 3.1).

Tab. 3.1: Die Abschätzungen der Abflussspitzen verschiedener Hochwasser an verschiedenen Stellen.

Datum	Spitze Oberflächenabfluss beim Mülihof (ohne Eindolung) (A)	Kapazität Dorfbach im Bereich Mülifeld (B)	Abflussspitze des ausgetretenen Dorfbachs (Mülihof Richtung Arigstrasse (Hinderdorf) (C)	<b>Gesamter Abfluss des Dorfbachs (A + B resp. A + C)</b>	Abflussspitze Dorfbach bei der Kantonsstrasse (D)
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	<b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	[m <sup>3</sup> /s]
7.6.2003	1.0 – 2.2	3.5	?	<b>4.5 – 5.7</b>	?
21.8.2005	?	3.5	0.2 – 0.6	<b>3.7 – 4.1</b>	4.0
8.8.2007	0.8 – 1.2	3.5	1.2 – 2.0	<b>4.7 – 5.5</b>	?
29.7.2010	0.15 – 0.2	3.5	0.05 – 0.1	<b>3.65 – 3.7</b>	?
2.7.2013	1.5 – 2.0	3.5	1.5 – 2.0	<b>5.0 – 5.5</b>	4.5

Die gesamten Abflüsse des Dorfbachs oberhalb Mülifeld lagen bei den fünf betrachteten Hochwassern zwischen 3.6 und 5.7 m<sup>3</sup>/s. Die Hochwasser 2003, 2007 und 2013 dürften die grössten gewesen sein, 2005 und 2010 waren kleiner. Aufgrund der Schilderungen waren die Hochwasser von 1935 und 1975 in ähnlicher Grössenordnung wie 2003, 2007 und 2013. Sehr grosse Hochwasser mit Abflüssen > 6 m<sup>3</sup>/s waren in den letzten 80 bis 100 Jahren wahrscheinlich nicht aufgetreten.

Die Kriterien, die für die Einordnung der im Anhang 1 aufgeführten Hochwasser dienen, sind in der Tabelle 3.2 aufgelistet:

Tab. 3.2: Kriterien zur Einstufung der Hochwasser oberhalb Mülifeld.

	Dorfbach	Beschreibung
klein	< 3 m <sup>3</sup> /s	Hochwasser am Dorfbach oder Seitenbächen erwähnt, keine oder nur leichte Überschwemmungen
mittel	3 – 4.5 m <sup>3</sup> /s	Lokale Überschwemmungen, kleinere Sachschäden
gross	4.5 - 6 m <sup>3</sup> /s	Überschwemmungen mit grossen Sachschäden
sehr gross	> 6 m <sup>3</sup> /s	grosse Überschwemmungen und Sachschäden

Abbildung 3.2 zeigt die zusammengetragenen Hochwasser seit 1917 am Dorfbach in Buttisholz mit der Einschätzung nach ihrer Grösse. Fünf grosse Hochwasser ereigneten sich in dieser Zeitspanne (1935, 1975, 2003, 2007, 2013) und richteten grossen Sachschaden an. Sehr grosse oder katastrophalen Hochwasser mit schwerwiegenden Folgen sind in den letzten 80 - 100 Jahren keine bekannt, hingegen etliche mittlere und kleinere Hochwasser. Seit den 1970-Jahren traten mehr Hochwasser auf als in der Periode vorher.

Die Hochwasser von 1975, 2003, 2007 und 2013 waren zusammen mit demjenigen von 1935 die fünf grössten Ereignisse der letzten ca. 80 Jahre. Ihre Wiederkehrperiode liegt demnach bei 16 bis 80 Jahren.

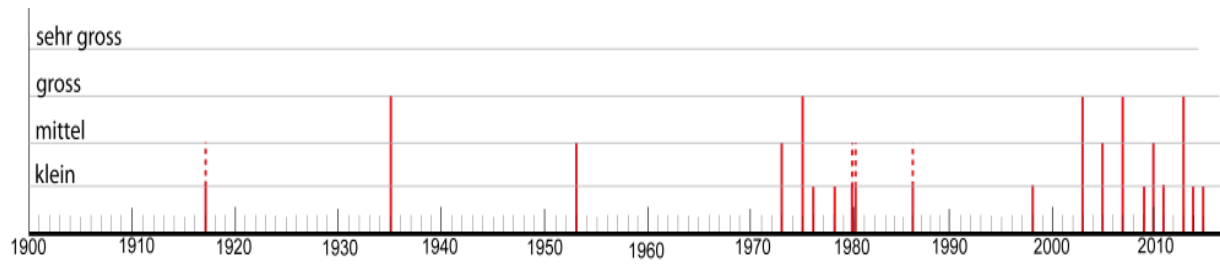


Abb. 3.2: Historische Hochwasser am Dorfbach Buttisholz seit 1917. Charakterisierung der Grösse der einzelnen Hochwasser anhand der Schilderungen der untersuchten Quellen und der Fotos.

### 3.4 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von 80 - 100 Jahren.
- Sowohl Gewitter als auch Landregen erzeugten in Buttisholz verschiedene Hochwasser mit Überschwemmungen.
- Sehr grosse Ereignisse sind keine aufgetreten dafür fünf grosse Hochwasser in der Grösse von 3.6 – 5.7 m<sup>3</sup>/s.
- Die Hochwasser von 1975, 2003, 2007 und 2013 waren zusammen mit demjenigen von 1935 die grössten fünf Ereignisse der letzten ca. 80 Jahre. Ihre Wiederkehrperiode liegt bei 16 bis 80 Jahren.



## 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 Inerdorfbachs nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

### 4.2 Geologie und Hydrogeologie

Die geologische und hydrogeologischen Grundlagen stammen aus Gerber (1994), Jäckli & Kempf (1972) und Kanton Luzern (2015b).

Der Dorfbach Buttisholz entwässert die Einzugsgebiete aus dem Graben des Horütibachs im Südosten und dem Zihlbach (Sattel zwischen Buttisholz und Nottwil und dem Hügel des Bluemebergs / Gustibergwald). Die Hügel sind aus der Oberen Süsswassermolasse (OSM) aufgebaut. Sie besteht aus grauen Feinsandsteinen im Wechsel mit bunten Mergeln. Aufgeschlossen ist die Molasse selten, so in Bachgräben (Hohrütibach) und an einzelnen Geländekanten. Ansonsten ist die Molasse von unterschiedlich mächtigen Moränenschicht überdeckt. Reste von Moränenwällen lassen sich im EZG vielerorts ausmachen.

In flacheren Muldenlagen lagen früher Sumpfflächen (z. B. Luternau- Fürti, Obergattwil, Figlisberg). Buttisholz liegt selber in einer Mulde auf Schwemmfächern des Dorfbachs und von Seitenbächen. Unterhalb Buttisholz bis zur Mündung des Dorfbachs in die Rot liegen sog. Rückzugsschotter, die beim Rückzug der Gletscher vermutlich an den Gletscherrändern abgelagert wurden. Laut hydrogeologischer Karte (Jäckli & Kempf, 1972), aber auch gemäss der kantonalen Gewässerschutzkarte (Kt. LU, 2015b) führen diese Rückzugsschotter Grundwasser. An wenigen anderen Stellen im EZG gibt es auch Grundwasservorkommen so bei Fürti und im und unterhalb des Fürtiwaldes. Das EZG zeichnet sich durch seinen Reichtum an gefassten Quellen aus. Niederschlagswasser, das in die Moräne infiltriert, dringt in die OSM, wo das Wasser von weniger durchlässigen Schichten gestaut wird und zu Tage tritt.

### 4.3 Böden

In diesem Bereich gibt es keine Bodenkarte, die über die Beschaffenheit der Böden Auskunft geben würde. Um Informationen über den Aufbau der Böden zu erhalten, wurden 21 Sondierungen (B1 – B21) mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) abgeteuft. Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen und die Profile sind im Anhang 8.2 a-d dargestellt und im Anhang 8.1 kurz beschrieben. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und zu erwartendem Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft. Aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Karte, der Sondierungen und der waldsoziologischen Karte (Kt. LU, 2015b)) ergab sich ein Bild über die räumliche Verteilung und Eigenschaften der Böden im EZG.

In den Hängen mit OSM- und Moräne-Untergrund sind meist sandige Braunerden entstanden (B2, B4, B8, B9, B15, B16, B17, B18). Auf hartem Sandstein können diese Böden auch flach-

gründiger sein (B15). Oft weist auch der Unterboden von Braunerdeböden Rostfleckung auf. Die Ursache für die Rostfärbung war nicht überall zu klären, machten doch weder die Moräne noch die Sandsteine der OSM einen stauenden Eindruck.

Die Waldsoziologische Karte zeigt im Hohrütiwald Waldgesellschaften mit Esche oder sogar Erle. An diesen Stellen wurden Buntgleye (B5) oder Brauerde-Gleye (B6) angetroffen. Ebenfalls in Muldenlagen im Freiland wurden unterschiedlich stark vergleyte Böden (B1, B3, B7, B10, B11, B12, B13, B14, B19, B20, B21) wie Gleye oder Übergangsformen (Braunerde-Pseudogleye, Braunerde-Gleye) erfasst.

Die Böden im EZG des Dorfbachs von Buttisholz sind aufgrund des hohen Sandgehalts normal durchlässig und weisen meist ein hohes Speichervermögen auf. In einigen Muldenlagen sind die Böden markant von Stauwasser geprägt oder gar von Grundwasser beeinflusst. Dies wirkt sich auf die Infiltration und die Grösse ihres Speichervermögens aus.

#### 4.4 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 keine vorhanden (Abflusstyp 1: 0 % 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 lösen raschen Abfluss im Boden aus (SSF1). Diese Flächen tragen leicht verzögert zur Entstehung von Hochwasser bei (Abflusstyp 2, 5.8 %).

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). Gesättigte oder nahezu gesättigte Böden in flacher Lage reagieren mangels Geländeneigung nur langsam. Sie alle gehören dem Abflusstyp 3 an (26.9 %).

Ein Grossteil der Böden im EZG des Buttiswiler Dorfbachs 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, 58.5 %). Im günstigen Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund (Tiefensickerung, DP, Abflusstyp 5, 0.0 %). Solche Flächen sind im EZG keine vorhanden.

#### 4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die überbauten Flächen im EZG mit 25.4% 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 unterschiedli-

cher 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 41.5% des EZG aus. Die Abflussreaktion des Dorfbachs Buttisholz wird daher als mässig beurteilt. Ein wesentlicher Grund dafür sind die speicherfähigen und recht gut durchlässigen Böden im EZG.

#### 4.6 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2 und 4.3 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 (26.9 % resp. 58.5 % 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 (1.8 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 85 % ab, bei S2 (2.6 % des EZG) 42 % und S3 (4.4 % des EZG) 20 %.

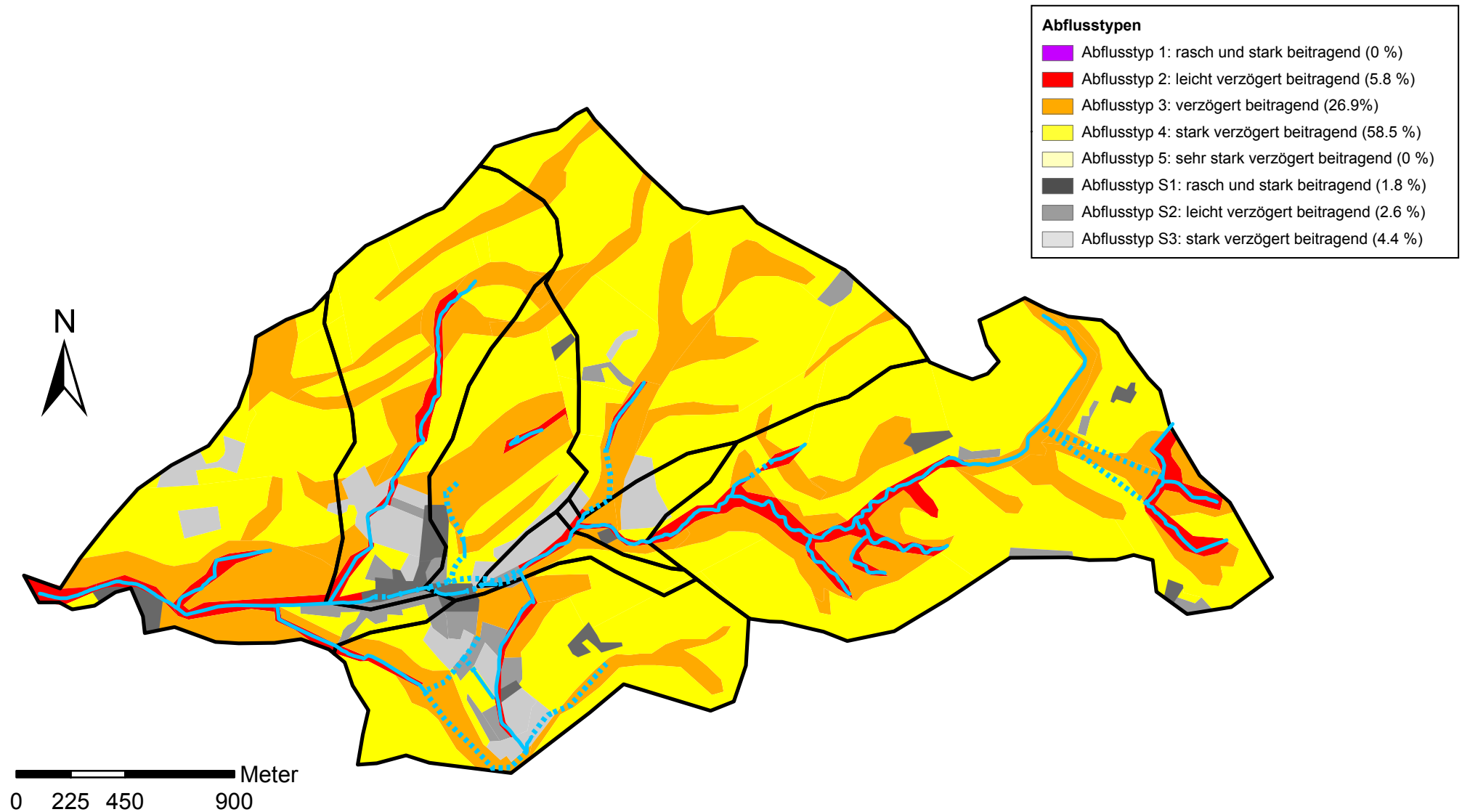


Abb. 4.1: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im Einzugsgebiet des Dorfbachs Buttisholz.



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

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km <sup>2</sup> )	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken.	0.00	0.0
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feuchtflecken		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	0.39	5.8
		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, locker bebaute Siedlungsflächen. Nasse Flächen in ebener Lage.	1.79	26.9
		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.	3.89	58.5
		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).	0.00	0.0
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				6.07	91.2

Tab. 4.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil	
			(km <sup>2</sup> )	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.12	1.8
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.17	2.6
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.29	4.4
Total			0.59	8.8

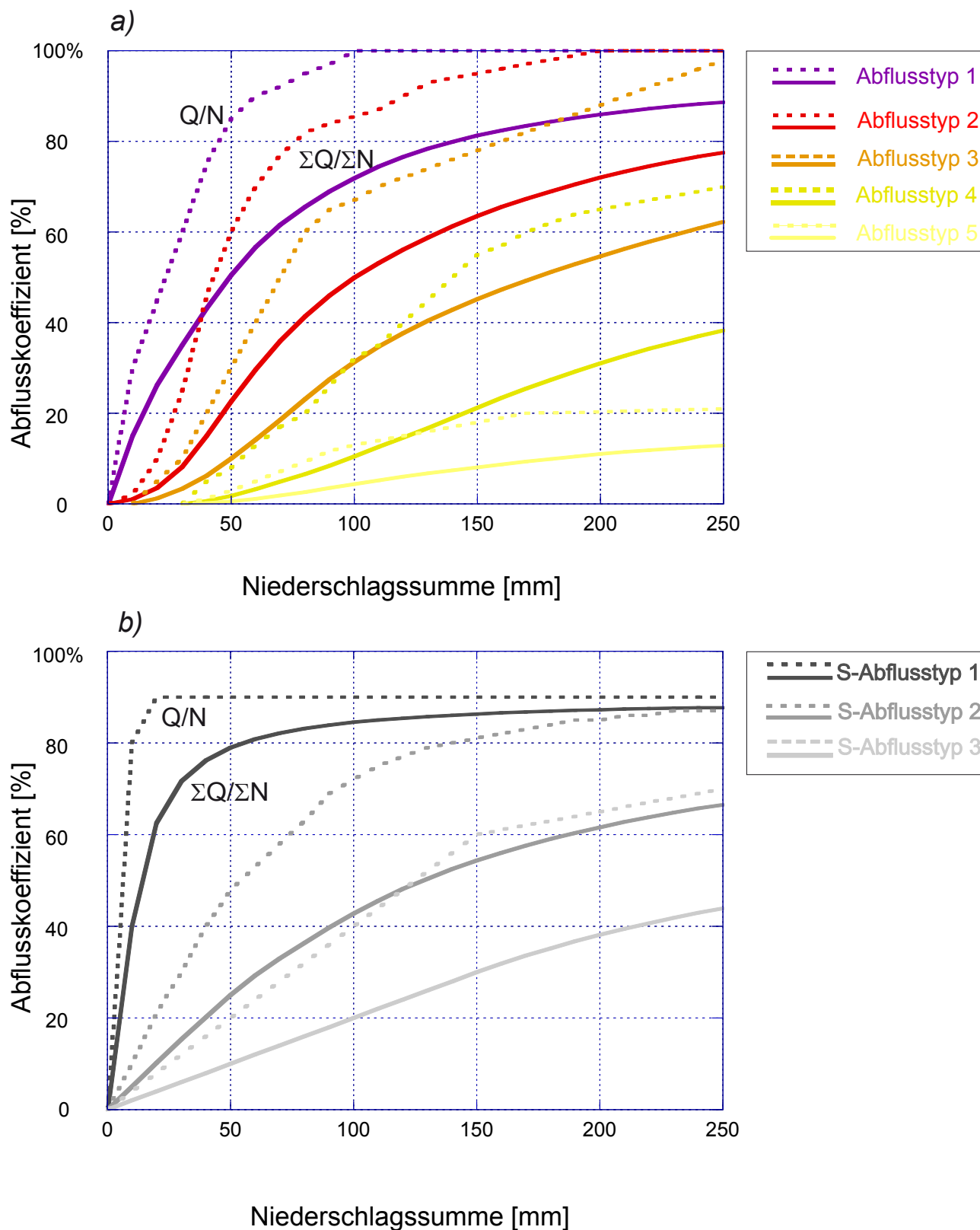


Abb. 4.2: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 4.2a) und für Siedlungsflächen (Abb. 4.2b). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient ( $Q/N$ , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient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

## 5 Abflussberechnungen

### 5.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) Q<sub>AREA</sub> wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt und erfasst die bei der Hochwasserentstehung beteiligten Abflussprozesse. Dieses Modell ist ein Hilfsmittel, das erlaubt, das Abflussverhalten des EZG auf verschiedene Starkniederschläge rechnerisch zu simulieren und die Reaktion auf seltene meteorologische Bedingungen (Niederschlags-Szenarien) abzuschätzen. Die Wirkung von Rückhaltebecken kann ebenfalls nach entsprechender Anpassung des Modells untersucht werden.

### 5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q<sub>AREA</sub>

Die Abbildung 5.1 zeigt die Grundlagen des NAM Q<sub>AREA</sub>. Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für den Dorfbach Buttisholz und seine Seitenbäche erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q<sub>AREA</sub>:

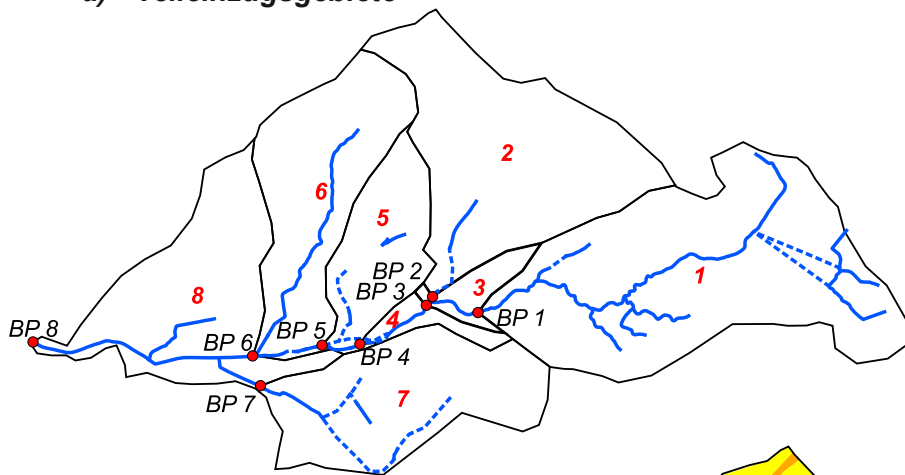
- Das NAM ist aus Teileinzugsgebieten aufgebaut mit Bemessungspunkten (BP, Abb. 5.1a)
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1c, Kap. 4.6).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 5.1d).
- **Niederschläge:** Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann das Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon.

Ein Schema des eingesetzten Modells ist im Anhang 4 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

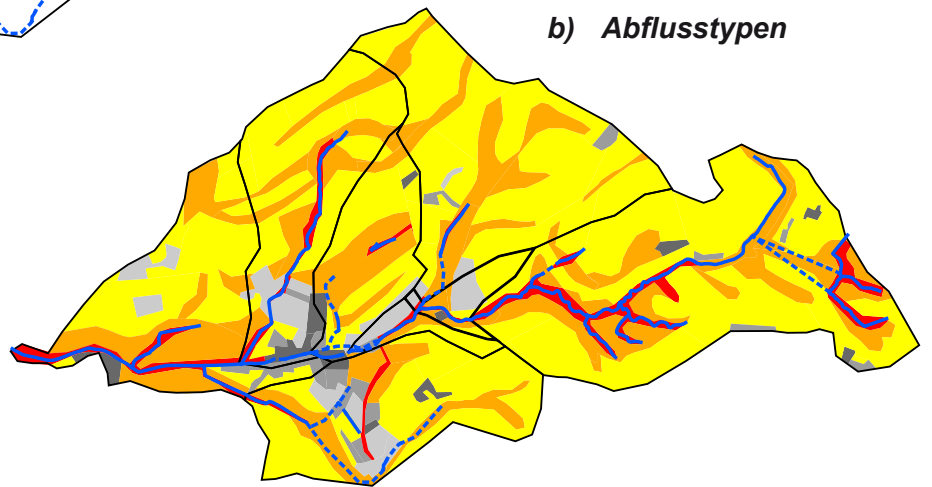
Das HRB Fürti (BP 1) kann im Modell mit einer einstauabhängigen Drosselcharakteristik berücksichtigt werden.



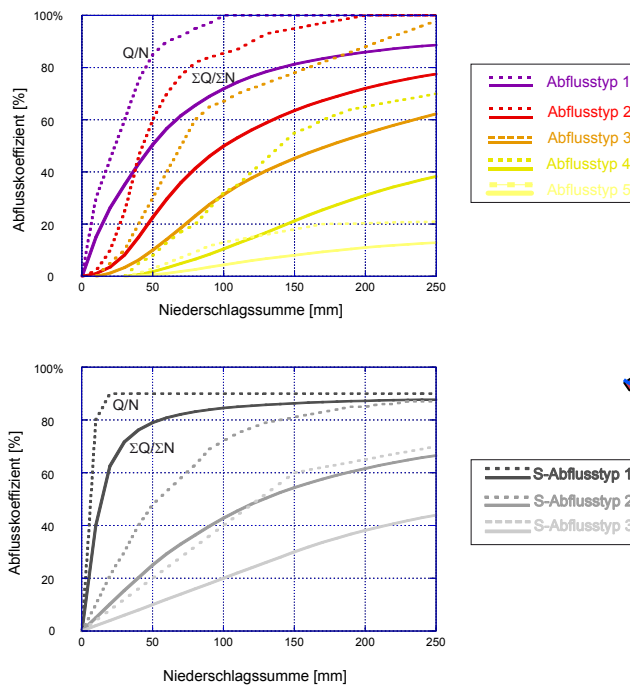
a) **Teileinzugsgebiete**



b) **Abflusstypen**



c) **Abflussreaktionskurven**



d) **Fließzeiten in Minuten (Isochronen)**

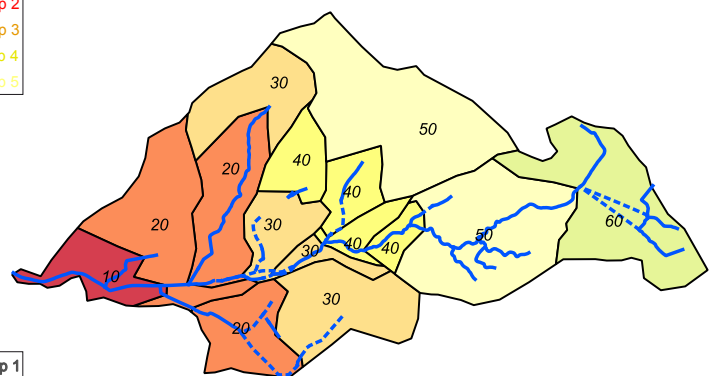


Abb. 5.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA  
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,  
b) die Abflusstypen,  
c) die Abflussreaktionskurven,  
d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen).

### 5.3 Modellverifikation

Für die Modelleichung wurden die Hochwasser vom 21./22. August 2005 (Anhang 5a), vom 8. August 2007 (Anhang 5b) und vom 29.7.2010 nachgerechnet. Bei diesen Hochwasserereignissen waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es waren Niederschlagsereignisse, welche die ganze Region betrafen. Es wurden die zeitlichen Niederschlagsverteilungen der hoch aufgelöst messenden kantonalen Station Willisau für den Niederschlagsinput verwendet.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden (Anhang 3).

Die Abflussspitzen der Hochwasser zwischen Bemessungspunkt 3 und 4 (Mülihof) sind bekannt (Kap. 3.3.2). Die Abflussspitzen der Hochwasser 2005, 2007 und 2010 konnten befriedigend nachgerechnet werden. Bei den ersten beiden Hochwasser wurde die Abflussspitze mit dem Modell etwas unterschätzt und beim Hochwasser 2010 etwas überschätzt. Über den Verlauf der Hochwasser und die Abflussvolumina konnten allerdings keine detaillierten Beobachtungen in Erfahrung gebracht werden. Insgesamt ergibt das Modell plausible Ergebnisse und kann für die Abflussberechnungen (Kap. 5.5) eingesetzt werden.

### 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). Die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen ( $\leq 4$  h Dauer) fallen, sind auf wenige  $\text{km}^2$  begrenzt. Weil aber die Fläche des EZG mit ca.  $6 \text{ km}^2$  klein ist, können auch kurze Starkniederschläge das Gebiet voll überregnen. Daher wurde eine gleichmässige räumliche Niederschlagsverteilung angenommen.

#### 5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Für die Auswahl von Niederschlägen unterschiedlicher Dauer und Jährlichkeit ist eine Station mit Niederschlagsstatistik erforderlich, die möglichst den Gegebenheiten am Ort der Untersuchung entspricht. Allerdings liegen in der direkten Umgebung von Buttisholz kaum Niederschlagsstationen, die sowohl über eine lange Messdauer und noch über eine aktualisierte Statistik verfügen. Die Stationen Beromünster (11 km NE von Buttisholz), Eigenthal (16 km SE von Buttisholz) und Luzern (17 km ESE von Buttisholz) erfüllen diese Anforderungen. Die erst kürzlich erneuerte Statistik von Luzern (Scherrer AG, 2015) wurde als geeignet betrachtet.

Für die Niederschlagsstatistik von Luzern wurden die Daten aus Jahrbüchern und digitalen Daten der MeteoSchweiz (Messreihe von 1881 – 2014) zusammengetragen und statistisch analog zu Zeller et al. (1978) ausgewertet<sup>2</sup>. Zusätzlich wurden die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Station Luzern der Jahre 1981 bis 2014 ausgewertet (Scherrer AG, 2015; Anhang 6).

Analog zur Untersuchung am Götzenthalbach (Scherrer AG, 2015) wurde die kurzen Niederschläge erhöht. Diese Erhöhung der statistischen Werte wurde nach einem Vergleich der

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

grössten ausgewerteten Gewitterniederschläge mit einzelnen, nicht in der Statistik enthaltenen Beobachtungen der Station Luzern als notwendig erachtet (siehe 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:

Tab. 5.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Luzern 1881 – 2014, nicht erhöhte Werte). Die kurzen Niederschläge ( $\leq 4$  h) wurden um 20% erhöht.

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	37.6	112.9
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	48.5	84.9
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	56.1	52.6
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	61.8	29.9
12h30j_block	12	30	Blockregen	89.7	7.5
24h30j_block	24	30	Blockregen	102.1	4.3
48h30j_block	48	30	Blockregen	118.9	2.5
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	44.1	132.4
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	57.9	101.2
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	67.4	63.2
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	73.4	35.6
12h100j_block	12	100	Blockregen	106.3	8.9
24h100j_block	24	100	Blockregen	119.5	5.0
48h100j_block	48	100	Blockregen	138.1	2.9
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	50.0	150.1
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	66.3	116.1
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	77.7	72.8
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	84.0	40.7
12h300j_block	12	300	Blockregen	121.4	10.1
24h300j_block	24	300	Blockregen	135.3	5.6
48h300j_block	48	300	Blockregen	155.5	3.2

Die Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2005 (Anhang 5a) und August 2007 (Anhang 5b) zeigte, dass in den 1.5 Tagen vor den das Hochwasser auslösenden intensiven Niederschlägen bereits bis zu ca. 50 mm Regen fiel, die das Abflussverhalten des EZG beeinflussten. Deshalb wurden für die Berechnung der langen 12 h-, 24 h- und 48 h- Niederschläge mit einem Vorregen von 50 mm gerechnet<sup>3</sup>.

## 5.5 Abflussberechnungen

Tabelle 5.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass Gewitterniederschlägen von 1 und 2 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen.

<sup>3</sup>Heftige Gewitter fallen in der Regel eher auf trockene Vorbedingungen, weshalb bei den kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer kein Vorregen berücksichtigt wird.

Tab. 5.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM  $QA_{REA}$ .

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m <sup>3</sup> /s] bei den Berechnungspunkten								Becken- füllung [m <sup>3</sup> ]
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	Vol HRB
30	0.5h30j_dreieck	Dreieck	3.0	1.4	4.6	4.7	5.3	6.3	1.6	8.6	0
	1h30j_dreieck	Dreieck	<b>4.0</b>	<b>2.0</b>	<b>6.2</b>	<b>6.4</b>	<b>7.3</b>	<b>8.8</b>	<b>2.0</b>	<b>12.5</b>	0
	2h30j_dreieck	Dreieck	3.7	1.9	5.8	6.0	7.0	8.7	1.8	<b>12.5</b>	0
	4h30j_dreieck	Dreieck	2.8	1.4	4.4	4.6	5.3	6.7	1.3	9.6	0
	12h30j_block	gleichmässig	2.3	1.4	3.9	4.0	4.6	5.7	1.1	8.0	0
	24h30j_block	gleichmässig	1.5	1.0	2.6	2.6	3.0	3.7	0.7	5.2	0
	48h30j_block	gleichmässig	1.0	0.6	1.6	1.7	2.0	2.4	0.5	3.4	0
100	0.5h100j_dreieck	Dreieck	4.6	2.2	7.1	7.3	8.1	9.7	2.4	12.9	0
	1h100j_dreieck	Dreieck	<b>6.3</b>	<b>3.3</b>	<b>9.9</b>	<b>10.2</b>	<b>11.5</b>	<b>13.8</b>	<b>3.0</b>	<b>19.4</b>	0
	2h100j_dreieck	Dreieck	5.8	3.1	9.3	9.5	11.0	13.6	2.8	<b>19.4</b>	0
	4h100j_dreieck	Dreieck	4.1	2.2	6.6	6.8	8.0	10.0	2.0	14.2	0
	12h100j_block	gleichmässig	2.9	1.9	5.0	5.1	5.9	7.3	1.4	10.2	0
	24h100j_block	gleichmässig	1.8	1.2	3.2	3.3	3.7	4.6	0.9	6.5	0
	48h100j_block	gleichmässig	1.2	0.8	2.0	2.1	2.4	3.0	0.6	4.1	0
300	0.5h300j_dreieck	Dreieck	6.3	3.1	9.8	10.0	11.1	13.2	3.1	17.5	0
	1h300j_dreieck	Dreieck	<b>8.6</b>	<b>4.6</b>	<b>13.7</b>	<b>14.1</b>	<b>15.8</b>	<b>19.0</b>	<b>4.1</b>	<b>26.6</b>	0
	2h300j_dreieck	Dreieck	8.0	4.4	12.8	13.2	15.2	18.7	3.7	<b>26.6</b>	0
	4h300j_dreieck	Dreieck	5.5	3.1	9.0	9.3	10.7	13.4	2.6	19.0	0
	12h300j_block	gleichmässig	3.5	2.3	6.0	6.2	7.1	8.8	1.7	12.3	0
	24h300j_block	gleichmässig	2.2	1.4	3.7	3.9	4.4	5.5	1.0	7.6	0
	48h300j_block	gleichmässig	1.4	0.9	2.3	2.4	2.8	3.4	0.6	4.8	0

## 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 Dorfbach beim Mülihof (BP4) ohne den Einfluss des bestehenden Rückhaltebeckens Fürti

Die wesentlichen Punkte der einzelnen Untersuchungen sind:

#### **Ergebnisse der Erkundung historischer Hochwasser (Kap. 3):**

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von ca. 100 Jahren.
- Sowohl Gewitter als auch Landregen erzeugten in Buttisholz verschiedene Hochwasser mit Überschwemmungen.
- Sehr grosse Ereignisse wurden keine gefunden, dafür fünf grosse Hochwasser mit einer Abflussspitze zwischen 3.6 und 5.7 m<sup>3</sup>/s.
- Die Hochwasser von 1975, 2003, 2007 und 2013 waren zusammen mit demjenigen von 1935 die grössten fünf Ereignisse der letzten ca. 80 Jahre. Ihre Wiederkehrperiode liegt bei etwa 16 bis 80 Jahren.

#### **Ergebnisse der Beurteilung der Abflussreaktion (Kap. 4):**

Die Abflusstypen 1-3 und die Abflusstypen der Siedlungsflächen machen insgesamt 41.5% des EZG aus. Die Abflussreaktion des Dorfbachs Buttisholz wird daher als mässig beurteilt. Ein wesentlicher Grund für diese Einschätzung sind die speicherfähigen und recht gut durchlässigen Böden im EZG.

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

Die Ergebnisse der Abflussberechnungen (violette Balken in Abb. 6.1) ergänzen die Ergebnisse der historischen Erkundungen und ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser.

Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich und die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Für den BP 4 (Mülifeld, EZG 3.43 km<sup>2</sup>) ergibt das Modell für die grössten Szenarien ein HQ<sub>30</sub> von 5.5 – 7.0 m<sup>3</sup>/s, für ein HQ<sub>100</sub> 8.5 – 10.5 m<sup>3</sup>/s. Die Hochwasserabflüsse, besonders die des HQ<sub>30</sub>, liegen auf der sicheren Seite. Dies liegt vor allem daran, dass die Rekonstruktion der Abflussspitzen der vergangenen Jahre schwierig war.

Abbildung 6.1 zeigt zum Vergleich noch die HQ<sub>x</sub> der Gefahrenkarte als grüne Quadrate (Oeko-B, GEOTEST AG, PlanQuadrat AG, 2009). Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen liegen nun kleinere Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit vor.



Tab. 6.1: Die im EZG des Dorfbachs Buttisholz ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]
1	EZG oberhalb BP 1: HRB Fürti (1.90 km <sup>2</sup> )	3.0 – 4.0	5.0 – 6.5	7.0 – 9.0
2	EZG oberhalb BP 2: Zihl (1.30 km <sup>2</sup> )	1.5 – 2.0	2.5 – 3.5	3.5 – 5.0
3	EZG oberhalb BP 3: oberhalb Mülihof (3.33 km <sup>2</sup> )	5.0 – 6.5	8.0 – 10.0	11 - 14
4	EZG oberhalb BP 4: Mülifeld (3.43 km <sup>2</sup> )	5.5 – 7.0	8.5 – 10.5	12 - 15
5	EZG oberhalb BP 5: Dorfzentrum (3.91 km <sup>2</sup> )	6.0 – 7.5	9.5 – 12.0	12.5 - 16
6	EZG oberhalb BP 6: Underdorf (4.81 km <sup>2</sup> )	7.0 – 9.0	11 - 14	15 - 19
7	EZG oberhalb BP 7: Banschmatt (0.89 km <sup>2</sup> )	1.5 – 2.0	2.5 – 3.0	3.5 – 4.5
8	EZG oberhalb BP 8: ARA (6.66 km <sup>2</sup> )	10 - 13	15 - 20	22 - 28

### 6.3 Der Einfluss des Hochwasserrückhaltebeckens Fürti auf die Abflussspitzen im Dorf

Das Hochwasserrückhaltebeckens Fürti hat ein Retentionsvolumen von 28'800 m<sup>3</sup>. Das Becken wurde 2011 in Betrieb genommen mit einer maximalen Drosselwassermenge von 3 m<sup>3</sup>/s. Im Frühjahr 2015 wurde die maximale Drosselwassermenge auf 1 m<sup>3</sup>/s reduziert. Die Frage stellt sich, wie sich das Becken auf die Abflussspitzen des Dorfbachs auswirkt.

Die Modellrechnungen des Kapitels 5.5 wurden mit Berücksichtigung des HRB Fürti wiederholt<sup>4</sup>. Es wurden variable Drosselwassermengen von maximal 1 m<sup>3</sup>/s, 2 m<sup>3</sup>/s und 3 m<sup>3</sup>/s berücksichtigt. Die Ergebnisse (HQ<sub>x</sub> bei den BP, Beckenfüllung je Drosselwassermenge) sind im Anhang 7 a) – c) dargestellt.

Wird mit einer **Drosselwassermenge von 1 m<sup>3</sup>/s** nur wenig Wasser aus dem Becken entlassen (Anhang 7 a), werden beim BP4 zwar die Abflussspitzen bei einem HQ<sub>100</sub> von 8.5 – 10.5 m<sup>3</sup>/s auf 4.6 m<sup>3</sup>/s gedämpft. Bei den massgebenden Szenarien werden die Abflussspitzen stark gedämpft. Bei den Szenarien mit längeren Niederschlägen aber geringeren Abflussspitzen überläuft das Becken und zwar schon bei einem HQ<sub>30</sub>.

Bei einer **Drosselwassermenge von 2 m<sup>3</sup>/s** überläuft das Becken bei einem HQ<sub>100</sub> nicht und beim BP4 werden die Abflussspitzen bei einem HQ<sub>100</sub> von 8.5 – 10.5 m<sup>3</sup>/s auf 5.3 m<sup>3</sup>/s gedämpft. Bei langen Ereignissen werden 23'000 m<sup>3</sup> der verfügbaren 28'000 m<sup>3</sup> genutzt. Erst bei einem HQ<sub>300</sub> erschöpft sich das Retentionsvolumen.

Bei einer **Drosselwassermenge von 3 m<sup>3</sup>/s** ist die dämpfende Wirkung geringer (Abflussspitze HQ<sub>100</sub> beim BP 4 6.0 m<sup>3</sup>/s), das HRB überläuft weder beim HQ<sub>100</sub> noch beim HQ<sub>300</sub>.

Mit einer Drosselwassermenge von ca. 2 m<sup>3</sup>/s wird bei einem HQ<sub>100</sub> das Beckenvolumen nahezu ausgeschöpft und die Abflüsse werden am stärksten gedämpft werden.

<sup>4</sup>Das HRB Fürti wurde mit einer variablen Drosselwassermenge modelliert, welche die Einstauhöhe und das höhenabhängig verfügbare Retentionsvolumen berücksichtigt.

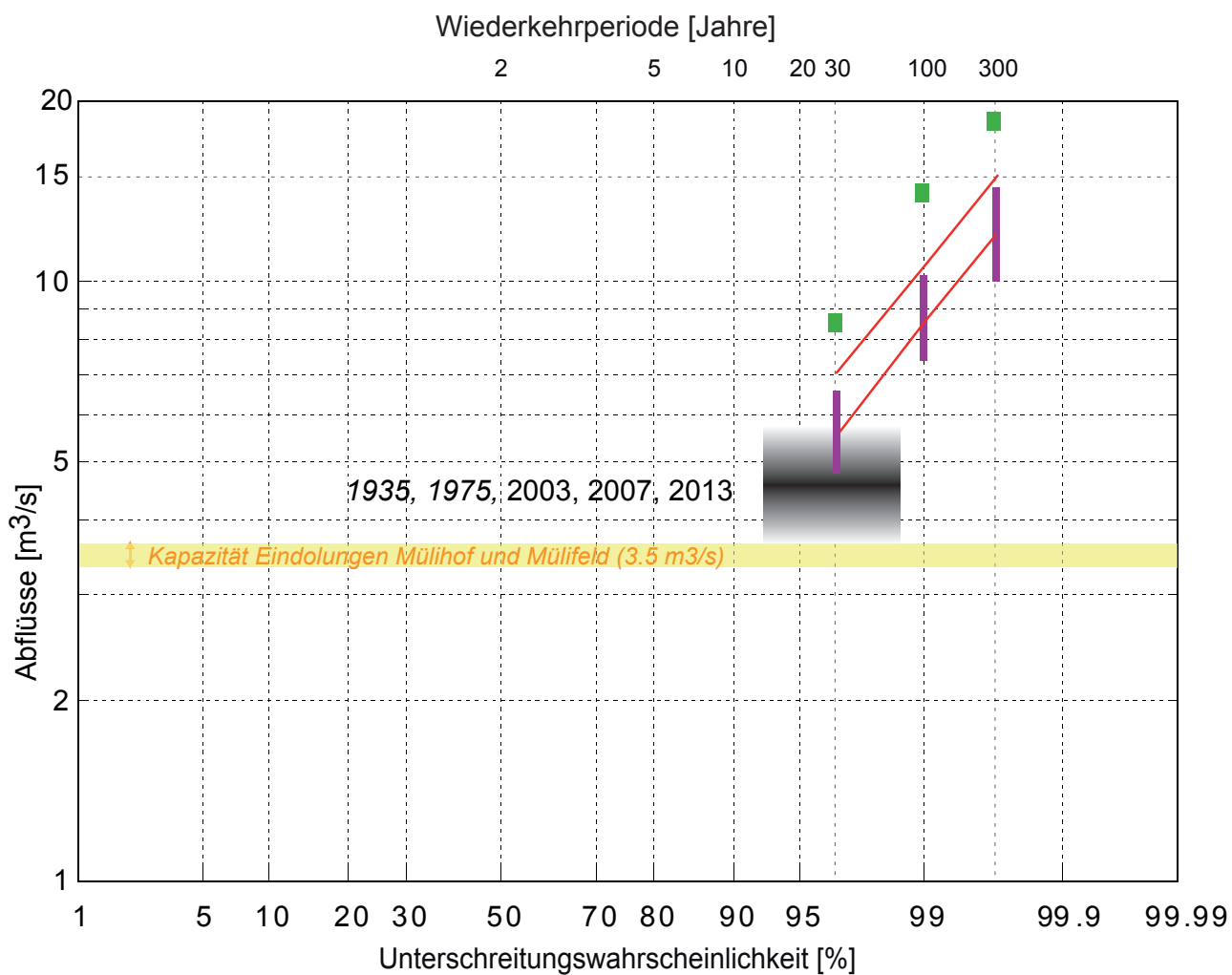


Abb. 6.1: Das Frequenzdiagramm des Dorfbachs in Buttisholz beim Mülihof (BP 4, 3.43 km<sup>2</sup>). Eingezeichnet sind die Kapazität der Eindolungen Mülihof und Mülifeld (gelb), die Werte der Gefahrenkarte für das kleinere EZG beim BP 3 (grün), die Resultate der Berechnungen mit Modellregen (violett) und der wahrscheinliche Bereich der historischen Hochwasser (hellgrau). Für die beiden Hochwasser 1935 und 1975 liegen keine Abflussschätzungen vor. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

#### 6.4 Ausleitwassermenge in den Chottegrabe (BP4)

In der Eindolungsstrecke zwischen BP4 und BP 5 liegt ein Kapazitätsengpass (max. 3.5 m<sup>3</sup>/s). Mit einer gezielten Ausleitung des Dorfbaches oberhalb Mülimatt soll das Wasser entlang des heutigen Dammes in einem neuen Kanal geleitet werden.

Am Chottegrabe geht Planquadrat (2013) davon aus, dass bei einem HQ<sub>30</sub> kein Wasser vom Dorfbach in den Chottegrabe entlastet werden muss. Dies wahrscheinlich darum, weil davon ausgegangen wird, dass oben erwähnter Engpass beseitigt werden kann. Bei einem HQ<sub>100</sub> sollen 1.6 m<sup>3</sup>/s ausgeleitet werden.

Mit den vorgängig aufgeführten Hochwasserabflüssen (HQ<sub>x</sub>) wird von kleineren Abflussmengen ausgegangen. Das zu erwartenden HQ<sub>100</sub> beim BP4 hängt von den Drosselwassermenge des HRB Fürti ab.

Bei einer **Drosselwassermenge von 2 m<sup>3</sup>/s** wird bei BP4 ein HQ<sub>100</sub> von ca. 5.3 m<sup>3</sup>/s erwartet. Max. 3.5 m<sup>3</sup>/s schluckt die Eindolung des Dorfbachs beim Mülifeld, verbleiben noch ca. 2 m<sup>3</sup>/s, die in den Chottegrabe ausgeleitet werden müssen. Bei einem HQ<sub>30</sub> (BP 4: 3.7 m<sup>3</sup>/s) müsste die Ausleitung nur geringfügig aktiviert werden.

Wenn die Eindolung im Mülifeld ihre maximale Abflusskapazität aber aus irgendwelchen Gründen (z.B. Verstopfung) nicht erbringen kann, sind die Ausleitwassermengen grösser.

Scherrer AG  
Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. Simon Scherrer

Dr. Daniel Naef-Huber

Reinach, 19. Oktober 2015

Sachbearbeiter:

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Dr. Daniel Naef-Huber, Dipl. Bau-Ing, ETH Zürich

## 7 Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilung
- Anhang 4: Modellaufbau
- Anhang 5: Modellverifikation
- Anhang 6: Niederschlagsstatistik Luzern (1881 – 2014)
- Anhang 7: Beckenberechnungen mit unterschiedlichen Drosselwassermengen
- Anhang 8a-d: Untersuchte Bodenprofile

Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1917, 17.08.		17. August. Erdschlipfschäden in Werthenstein und <b>Buttisholz</b> . Dem Schweizerischen Fonds wurden von 25 Besitzern Fr. 14,240 Schaden an Kulturen und Boden gemeldet.	Lanz-Stauffner & Rommel (1936)
1935, 29.05.	37 mm (Beromünster)	Überflutung Hinterdorf, Dorfkern, Unterdorf und südseitige Dorfscheunen. Auf der Brücke 20 cm Wasser mit zügiger Strömung.	Gemeinde Buttisholz (1986)
		Überflutung Hinterdorf, Dorfkern, Unterdorf und südseitige Scheunen. Beim 1935 Ereignis wurden grösste Wassermassen mit zügiger Strömung beobachtet. Der Dorfbach war 1935 schon eingedolt.	Oeko-B (2002)
1953, 26.06.	25./26.6.: 87 mm (Beromünster)	Der Dorfbach und der Mülibach überfluteten das Hinterdorf, den Dorfkern und das Unterdorf sowie die südseitigen Scheunen.	Gemeinde Buttisholz (1986)
1973, 28.07.	Dauerregen	Hochwasser im ganzen Gemeindegebiet.	Oeko-B (2002)
1975, 29./30.08.		<b>Buttisholz:</b> im Gebiet Ausbrüche der Wigger, der Rot, des Rothbaches und zahlreicher Nebenbäche (nicht aber der Luthern); auch zahlreiche Erdschlipfe (speziell in der Region Zell, Hüswil und Gettnau). Ganze Quartiere überschwemmt; schwere Schäden an Häusern, Mobiliar, Strassen und Kulturland (sowie an Tieren). Anmerkung: Region Luthern und Hergiswil weitgehend verschont geblieben (dank Verbauungen). Ursache (Meteo) Gewitter im Quellgebiet des Napfes sowie sintflutartige Regenfälle in der Nacht.	WSL (2015)
		Beim Schlossrain staute sich das Wasser. Es nahm seinen Weg über das Mülifeld und setzte die Bäckerei Bucher (...) mannshoch unter Wasser.	Gemeinde Buttisholz (1986)
		Der Dorfbach blieb im Gerinne, die Seitenbäche sind ausgebrochen. Es entstanden ziemliche Überflutungen im Dorf (Karte).	Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 1935-W-0089
		Der Dorfbach Ausbruch führte im Mülifeld zur Überflutung. Darunter blieb der Dorfbach knapp im Gerinne und führte eine trübe Wassermengen, welche jedoch kein Geschiebe enthielt. Die Keller im Dorf wurden knapp nicht überflutet. Das Wasser floss unterhalb des Dorfes auf der Hauptstrasse.	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
		Stöcklibach: Schacht zwischen Post / Müli verstopfte. In der Folge wurde der Postkeller überflutet.	Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 1975-W-0090



Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1976	Gewitter	Stockbach: Beim Sommergewitter verkleuste ein Schacht zwischen Müli und Post, dies führte zur Keller Überflutung des Postgebäudes.	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
1978, 07.08.	Dauerregen 6./7.8.1978 103 mm	Stöcklibach: Nach dem Ausbruch des Stöcklibaches, wurde der Keller der Post bis unter die Decke geflutet.	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
1980		Im Jahre 1980 kam es zweimal zu einem Teil-Ausbruch des Dorfbaches am unteren Ende des Dorfplatzes.	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
1986, 20.06.	Gewitter	<b>Buttisholz:</b> Überschwemmungsschäden. Anmerkung: Im Kanton Luzern insgesamt 112 Notrufe (vor allem im Luzerner Hinterland und im Wiggertal). Schäden in Millionenhöhe; 45-Minuten-Gewitterregen; 'jeder Graben wurde zu einem Bach, Kanalisationen und Abläufe mit Geschiebe verstopft, Keller etc. überschwemmt. Anmerkung zu genereller Wetterlage von Ereignis 86.24 (aus TAGES ANZEIGER vom 23.06.1986): "Auf die Häufung von schweren lokalen Unwettern angesprochen, sagte ein Sprecher der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich, dass die Schäden deshalb so gross seien, weil es während der Gewitter der letzten Tage und Wochen relativ windstill gewesen sei. Die Gewitterfront sei dadurch nicht wie üblich weitergezogen, sondern habe sich jeweils über einzelnen Regionen während längerer Zeit entladen. Zudem hätten eher östliche Winde geherrscht, was angesichts der Ausrichtung der Vegetation und baulicher Infrastruktur erfahrungsgemäss zu grösseren Schäden führe als die häufigeren Westwindgewitter."	WSL (2015)
		Das Schweikhüserebächli trat über die Ufer. Überschwemmung des neuen Sebaldmattquartiers, Tannemoos, Wydenmatt. Liegenschaft Rospel wurde schuhtief mit Wasser gefüllt. Feuerwehreinsatz Tannemoos, Wydenmatt wegen gefüllten Kellern.	Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 1986-W-0052
		Schweikhüserebach, Dorfbach, Tannebach: In die Liegenschaft Rospel floss schuhtief Wasser, welches aus einem defekten Schacht auslief. Das Sebaldemattquartier wurde überschwemmt. Im Gebiet Tannemoos und Wydenmatt musste die Feuerwehr Keller auspumpen.	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
1998, 25.12.		Mülibechli überschwemmte (Verklauserung), übrige Bäche waren randvoll.	Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 1986-W-0052

Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2003, 07.06	Gewitter	Am Samstagabend gingen innert dreier Stunden über 150 Schadensmeldungen bei der Kantonspolizei Luzern ein. Die Schäden betrafen vor allem die Gemeinden Menznau, <b>Buttisholz</b> , Nottwil und Inwil, doch auch Wolhusen, Willisau, Grosswangen, Eschenbach, Ballwil und Perlen waren vom Gewitter stark betroffen. In Buttisholz wurde u.a. eine Tiefgarage überschwemmt. Im Gebiet Fürte / Fürti trat der Horütibach (= Buttisholzbach?) über die Ufer und überflutete Kulturland; weiter unten überschwemmte er die Dorfteile Mühlefeld, Hinterdorf, Arigstrasse und Dorf bis hin ins Unterdorf (Landmaschinen Ruckli). Tiefgaragen und Keller wurden mit Wasser gefüllt, zehn Autos und Mobiliar wurde zerstört, Warenlager von Gewerbebetrieben wurden unter Wasser gesetzt. Die erste Meldung ging um ca. 20:00 ein. Die Allee von Buttisholz verwandelte sich in einen Fluss. Im Quartier Sebaldematt mussten verschiedene Keller ausgepumpt werden.	WSL (2015)
		Ergiebige Starkniederschläge führten zu diversen Bachausbrüchen im ganzen Gemeindegebiet. Der Dorfbach überflutete das Gebiet Hinterdorf. Der Schweikhüserebächli-Ausbruch führte zu Wasserschäden in der Sebaldematt. Die Gebiete Moos und Hetzlinger Moos wurden vom Wasser aus dem Arigbächli, der Rot, sowie dem Schauberebächli überschwemmt. Der Tannebach überflutete das Tannemoos. Die Überlast des Zihlbaches konnte in der Geländemulde aufgefangen werden und floss nicht über die Kantonsstrasse. Der Chottegraben verkleuste und das Wasser floss der Strasse entlang Richtung Strittmatt.	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
2005, 21.08.	Dauerregen, 19.-21.8.: 125 mm (Beromünster)	Am Abend gingen innert 3 h über 150 Schadensmeldungen bei der Kantonspolizei Luzern ein. Die Schäden betrafen v.a. die Gemeinden Menznau, <b>Buttisholz</b> , Nottwil und Inwil, doch auch Wolhusen, Willisau, Grosswangen, Eschenbach, Ballwil und Perlen waren vom Gewitter stark betroffen. In einigen Kellern oberhalb des Dorfes musste Wasser ausgepumpt werden (mit 22.08.2005 zus. 10 Häuser betroffen) - Dorfbach und weitere Gewässer- Kulturland überflutet - Baugrube überflutet- Ortsverbindungsstrasse Ruswil - Buttisholz - Grosswangen gesperrt Schäden Wasserbau: Zuflüsse Wigger (?) Schwellen, Uferverbauung, Profilerweiterung "	WSL (2015)
		Ereignisdok. Starkniederschläge 23.8.2005: Überflutungen	Oeko B (2005)
		Diverse Bachausbrüche. Betroffene Gebiete Dorfkern, Hinterdorf, Unterdorf, Schloss, Seebaldmatt, Wydenmatt, Staltesagi, Strittmatt, Moos, Tannenmoos, Hetzlinger Moos, Brunnacher.	Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 2005-W-0089
		Auf die Starkniederschläge reagierten die Bäche ähnlich wie am 08.06.2003. Zusätzlich führte der Stöcklibach zu Wasserschäden bei den Gebäuden im Gebiet Schloss. Der Bach an der Gemeindegrenze zu Grosswangen verkleuste im Gebiet Meierhöfli. Spontane Rutschung bei Hütte in Rot (ca. 5 m³). Bei Meienberg spontane Rutschung in Horütibach (ca. 5 m³).	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
2007, 12.06.		Wassereinbruch Sonnhalde (?)	Feuerwehr Buttisholz (2015)

Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2007, 08.08.	Dauerregen 7./8.8.: 119 mm (Beromünster)	Anhaltender Regen hat in der Schweiz Flüsse über die Ufer treten lassen, Keller geflutet und Strassen überschwemmt. Der Kanton Luzern rief am Abend des 8.8.07 den Kantonalen Krisenstab zusammen. Mehr als 1500 Feuerwehrleute standen in der Nacht im ganzen Kanton im Einsatz. Am Mittag des 9.8.07 konnte der Krisenstab wieder Entwarnung geben. Die Gebäudeversicherung rechnete kurz nach dem Ereignis mit 600-800 Schadenfällen und einer Schadenssumme von 6-8 Mio. Fr. Am stärksten betroffen waren die Gemeinde Littau und das Seetal. In <b>Buttisholz</b> standen viele Kellerräume und eine Tiefgarage (1.5 m) unter Wasser. Die Feuerwehr leistete mit 55 Personen Einsatz. Die riesigen Wassermassen konnten mittels Beaver-Schläuche über die Arigstrasse und unterhalb der St. Ottilienstrasse auf die Wiese geleitet werden. Das Wasser staute sich z.T. auch im Gewerbegebiet und überschwemmte mehrere Betriebe. Der neue Damm, welcher das Dorf (v.a. das Wohngebiet Mühlefeld) schützt, hielt den Wassermassen stand. Einige Bäche überfluteten aber die umliegenden Gebiete. Die Strasse bei der Schuelmatt wurde überschwemmt. Die Wassermassen flossen Richtung Post, über den Postplatz und auf die Hauptstrasse. Das abfliessende Wasser staute sich z.T. im Gewerbegebiet und überschwemmte mehrere Gewerbebetriebe. Im Dorf selber wurden etliche Keller überschwemmt. Eine Tiefgarage wurde mit rund 1.5 m Wasser gefüllt. Bei einer Sägerei wurde Holz weggeschwemmt. Die Strasse zum Mühlehof war nicht mehr befahrbar (Kies bis 80 cm tief ausgewaschen). Im Moos blieb eine Wiese längere Zeit überschwemmt.	WSL (2015)
		Diverse Bachausbrüche. Betroffene Gebiete: Dorfkern, Unterdorf, Schloss Seebaldmatt, Wydenmatt, Staltesagi, Strittmatt, Tannenmoos, Hetzlinger Moos.	Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 2007-W-0062
		Einige Bäche mit Verklausungen und Übersarungen im ganzen Gemeindegebiet (vor allem: Dorfkern, Gluggere, Stalte, Mooshüsli), Hangwasserprobleme.	OekoB (2007)
		Die Starkniederschläge führten zu ähnlichen Überschwemmungen wie am 25.08.2005. Der neugebaute Erddamm verschonte das Seebaldmattquartier vor Wasserschäden. Der Erddamm im Hinterdorf verhinderte den Ausbruch zwar nicht, schützte aber die anliegenden Häuser vor dem Wassereinbruch. Die Rot wies in St. Ottilien durch die grossen Wassermassen Seitenerosionen auf. Tannenmoos wurde trotz des Dammes überschwemmt. Drei spontane Rutschungen bei der Strassenböschung Zinzerswilerstrasse, durch Hangwasser ausgelöst. Hangwasser löste bei Schwanden unterhalb des Feldwegs eine Rutschung aus (ca. 10 m <sup>3</sup> ).	Oeko-B, geotest AG, PlanQuadrat AG (2009)
2009		In <b>Buttisholz</b> kam es immer wieder zu Überschwemmungen, etwa 2003, 2005, 2007, 2009, 2010 und 2013. Mit dem ersten Teilprojekt des Hochwasserschutzprojektes wurde an einer Engstelle im Gebiet Fürti ein Hochwasserrückhaltebecken geschaffen. Das zweite Teilprojekt sieht einen Ausbau des Dorf- und Tannenbachs im Siedlungsgebiet vor. Beide Teilprojekte waren 2010 öffentlich aufgelegt worden.	Neue Luzerner Zeitung, 30.6.2014

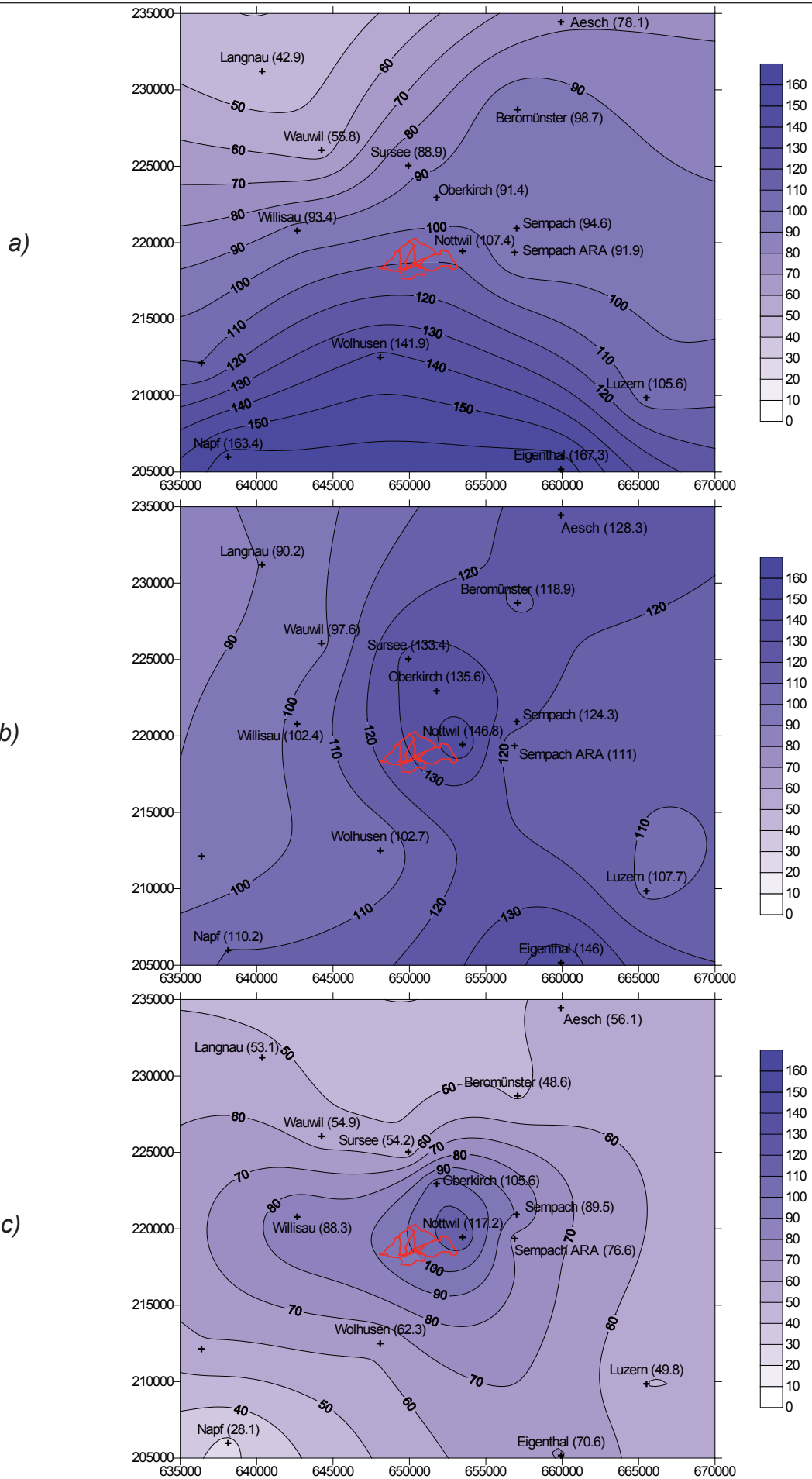
Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2010, 29.07.	Dauerregen	Starke, andauernde Regenfälle führten im Kt. Luzern zu überschwemmten Strassen und Feldern. Rund 20 Feuerwehren standen im Einsatz. Bis am Abend des 29.7.2010 gingen bei der Gebäudeversicherung rund 50 Schadensmeldungen ein. Die Polizei verzeichnete etwa 200 Anrufe. Besonders betroffen war das Luzerner Hinterland, das Rottal, das Wiggertal und das Seetal. Teilweise wurden auch Verkehrswege unterbrochen - so auch in <b>Buttisholz</b> . Dort hat der Dorfbach das Zentrum überschwemmt, woraufhin die Strasse 2 h gesperrt war. Die Feuerwehr setzte Beaverschläuche ein. Zudem musste in der Arigstrasse das Wasser über die Strasse abgeleitet werden.	WSL (2015)
		In einigen Regionen des Kantons Luzern goss es am Vormittag [29.7.2010] wie aus Kübeln. Mehrere Bäche traten über die Ufer. Schäden gab es vor allem im Luzerner Hinterland sowie im Rot-, im Wigger- und im Seetal, wie die Luzerner Polizei und das Feuerwehr-Inspektorat mitteilten. Anfang Nachmittag entspannte sich die Lage. (...) Gesperrt war unter anderem das Dorfzentrum von <b>Buttisholz</b> , weil dort der Dorfplatz unter Wasser stand. Die BLS-Bahnlinie Wolhusen-Langenthal zwischen Willisau LU und Gettnau LU war während gut zweieinhalb Stunden nicht befahrbar. (...) Je 33 Liter wurden in der Stadt Luzern, in Wädenswil ZH am ZürichsFee sowie auf dem Hörnli im Zürcher Oberland registriert. Weiter westlich waren die Regenmengen deutlich kleiner. Phasenweise hagelte es auch, wie Hayoz weiter sagte. Betroffen waren das Entlebuch und das Napfgebiet in der Zentralschweiz sowie ein Band im Norden des Landes, das vom Baselbiet über den Aargau bis in die Ostschweiz reichte.	Basler Zeitung, bazonline.ch 29.7.2010
		Rund 20 Feuerwehren standen am Donnerstagvormittag im Einsatz, weil Bäche über die Ufer getreten und Schächte die Wassermassen nicht mehr aufnehmen konnten. Laut Luzerner Polizei waren einige Verkehrswege teilweise unterbrochen. Bei der Einsatzleitzentrale gingen rund 70 Meldungen ein. Die starken Regenfälle vom Donnerstagvormittag konzentrierten sich aufgrund der Alarmeingänge grossmehrheitlich auf das Luzerner Hinterland, das Rottal, das Wiggertal und das Seetal. Folgende Feuerwehren sind im Einsatz: Altishofen-Nebikon, <b>Buttisholz</b> , Ebersecken, Ettiswil-Alberswil, Gettnau, Grosswangen, Hochdorf, Hürntal, Luzern, Michelsamt, Nottwil, Oberseetal, Region Sursee, Ruswil, Schötz, Wiggertal, Wikon, Triengen, Willisau, Grossdietwil-Albüron, Luthern und Zell. Die Strassen Grosswangen-Kottwil, Grosswangen-Oberkirch, Willisau-Alberswil und das Dorfzentrum von <b>Buttisholz</b> waren schwierig zu befahren oder teilweise gesperrt.	Neue Luzerner Zeitung, zisch.ch 29.7.2010
		Schweikhüserebächli: Überlast fliesst über den Hang auf das Quartier Sebaldematt zu und wird oberhalb abgeleitet. Arigbächli: Überlastung des Arigbächlis.	OekoB (2010)
2011, 13.07.	Gewitter	Im Kanton Luzern wurden vor allem die Gemeinden Reiden und Wikon im Wiggertal vom Gewitter heimgesucht. Umstürzende Bäume beschädigten Häuser und einen Lastwagen. Aus dem ganzen Kantonsgebiet riefen rund zwei Dutzend Personen Feuerwehr und Polizei zu Hilfe. Die Feuerwehr <b>Buttisholz</b> verzeichnete einen Wassereintritt als Folge des Unwetters an der St. Ottilienstrasse.	WSL (2015)

Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2013, 02.07.	Gewitter	<p>Zwischen 17:30 und 18: Uhr zog ein kräftiges Hagelunwetter über die Region Nottwil-<b>Buttisholz</b>-Wolhusen. In den am stärksten betroffenen Regionen fielen rund 50 Millimeter Niederschlag. Die Feuerwehren in der Region standen im Grosseinsatz, pumpten Dutzende Keller leer und sorgten für Umleitungen, wo Wasser den Durchgangsverkehr behinderte und Bäche über die Ufer traten. 65 Feuerwehrleute mussten notfallmässig in <b>Buttisholz</b> ausrücken, um Keller auszupumpen und Strassenüberschwemmungen zu beheben. Der <b>Horütibach</b> vermochte die schnell ansteigenden Wassermassen nicht mehr zu schlucken. Bereits unterhalb des Fürtiwaldes wurden Gebäude, Land und Strassen überflutet. Beim Wohnzentrum Primavera floss das Wasser dann knietief über den Fussweg beim Mühlefeld in die Arigstrasse und weiter Richtung Hinterdorf. Die Feuerwehr schottete den Zugang zum Hinterdorf mit wasserbefüllten Kissen ab und schützte auch die tiefer liegenden Häuser und Garagen. Einige Keller und Garagen mussten ausgepumpt werden, unter anderem auch in der Bösgass. Kurze Zeit später war das Wasser abgeflossen und hinterliess viel Schlamm, Holz und sichtbare Schäden an Pflanzen, Feldern, Autos und Gebäuden. Zusätzlich verstopften die grossen <b>Hagelkörner</b> viele Schächte, was die ganze Situation zusätzlich noch verschärfte. Über 30 Keller und Räume wurden Opfer der Wassermassen. Aus der Region Nottwil und <b>Buttisholz</b> wurden je fünfzig zum Teil schwere Überschwemmungs- und Hagelschäden bei der Gebäudeversicherung gemeldet. Man rechnete aber mit total rund 400 bis 500 Schadenmeldungen. Die Schadensumme wurde auf 2 bis 2,5 Millionen Franken geschätzt. Der Gebäudeversicherung wurden vor allem überschwemmte Keller gemeldet. Teilweise nahmen durch das Wasser auch Heizungseinrichtungen Schaden. (Anmerkung: Annahme, dass auch viele Hagelschäden, nicht ganz klar wie viele Hagel- und Überschwemmungsschäden).</p>	WSL (2015)
		<p>Die Gemeinde Buttisholz wurde beim grossen Gewitter am vorletzten Dienstag mit massivem Hagelschlag arg in Mitleidenschaft gezogen. (...) Unglaublich, mit welchen Wassermassen die Gemeinde Buttisholz beim grossen Gewitter von letzter Woche konfrontiert wurde! Zusätzlich verstopften die grossen Hagelkörner viele Schächte, was die ganze Situation zusätzlich noch verschärfte. Zahlreiche Keller musste ausgepumpt werden. Die Feuerwehr war umgehend vor Ort und konnte mit Sofortmassnahmen viel dazu beitragen, dass sich die Gebäudeschäden in Grenzen gehalten haben. Da in der Gemeinde <b>Buttisholz</b> Hochwasser regelmässig auftreten, sind viele Grundstückeigentümer gerüstet gewesen und haben mit mobilen Objektschutzdämmen die Wassermassen grösstenteils abwehren können. Trotzdem wurden über 30 Keller und Räume Opfer der Wassermassen. Ein grosses Lob gehört nebst der Feuerwehr den vielen freiwilligen Helfern, welche sich umgehend an die Aufräumarbeiten gemacht haben. Hier hat sich einmal mehr gezeigt, dass die Buttisholzer sich gegenseitig unterstützen.</p>	Gemeinde Buttisholz (2015)
		<p><b>Wetterlage:</b> Am Nachmittag des 2. Juli 2013 bildeten sich vor allem in der Zentralschweiz und im Jurabogen mehrere Gewitterzellen. Um ca. 17.20 Uhr entlud sich ein heftiges Hagelgewitter von Südwesten her kommend über den beiden Gemeinden <b>Buttisholz</b> (Schwerpunkt der Niederschläge ab Dorfzentrum Richtung Süden und Osten) sowie Nottwil (Schwerpunkt der Niederschläge im Südwesten der Gemeinde). Das Gewitter war begleitet durch intensiven Hagel, beispielsweise waren die Hänge östlich des Dorfes Buttisholz für Stunden schneeweiss bedeckt.</p> <p><b>Niederschlagsmengen:</b> Anhand der Messdaten auf der Gemeinsamen Informationsplattform Naturgefahren (GIN) wurden die Niederschlagsmengen für das Ereignis hergeleitet. Das Niederschlagsradar zeigt, dass die Gewitterzelle um</p>	OekoB (2013)

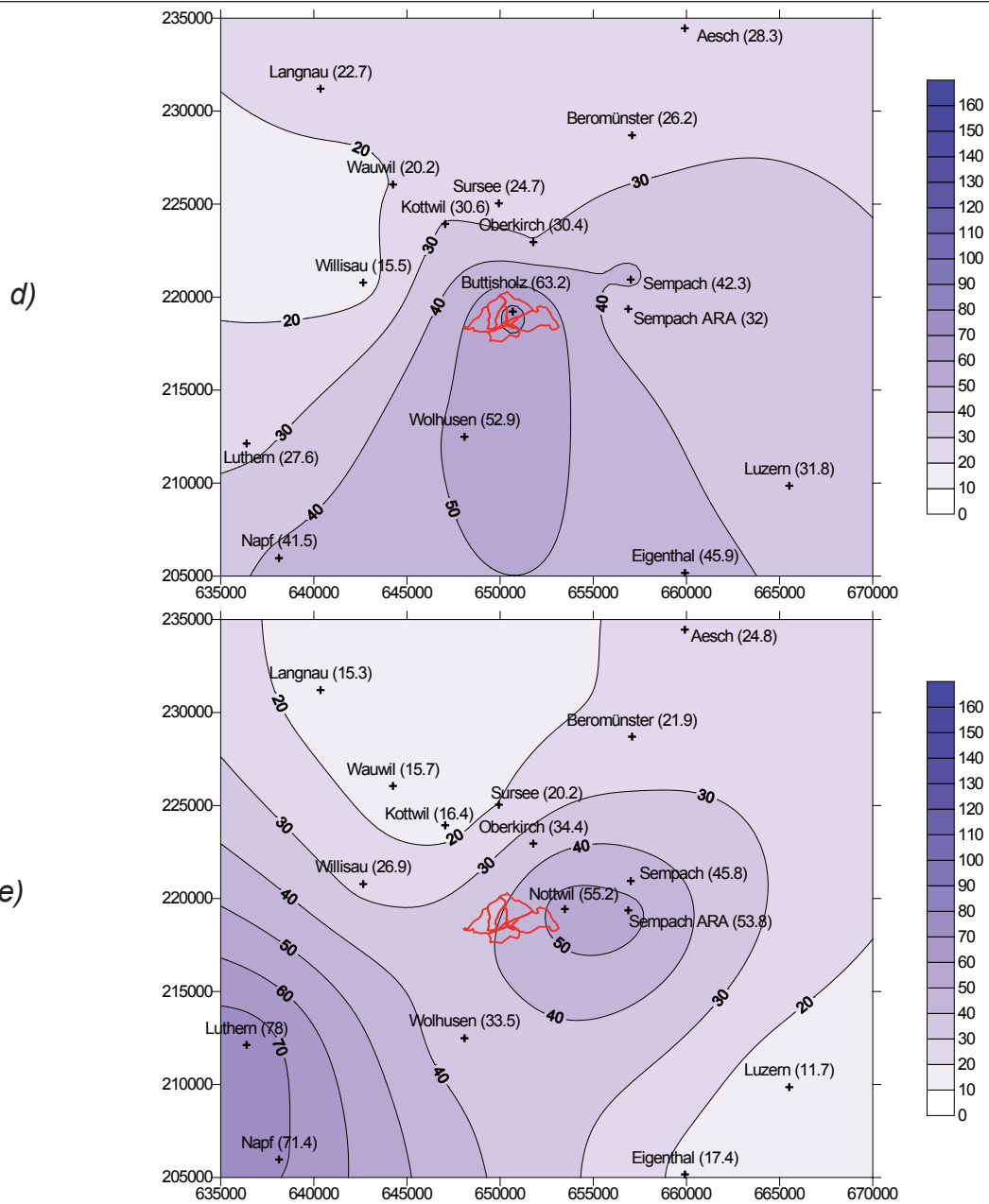


Datum	Nieder-schlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
		<p>17.30 Uhr eine Niederschlagsintensität von über 40 mm/h erreichte. Eine Auswertung der Messdaten durch das Pikett Naturgefahren vif ergab einen Spitzenwert von 14 mm/10 min. Das Gewitter war äusserst lokal, so dass ein Beizug von Messstellen in der Umgebung nicht aussagekräftig ist. Zur Verdeutlichung eine Aussage aus Buttisholz: Während es im Gebiet Gustibergstrasse (nördlicher Dorfteil) erste Tropfen gab, kam der Anruf, dass es im gut 1 Kilometer entfernten Gebiet Fürti (östlicher Dorfteil) bereits zu Überschwemmungen und Schäden gekommen sei. Das Unwetter war insgesamt von kurzer Dauer. Jedoch führten die intensiven Niederschläge zu gleichzeitigem Auftreten von Gerinneüberlastungen, Hangwasser sowie Oberflächenwasser direkt im Siedlungsgebiet. Die grossen Mengen von Hagelkörnern verursachten an vielen Stellen Verstopfungen von Schächten, Durchlässen und Rechen.</p> <p>Über 30 Keller und Räume wurden in <b>Buttisholz</b> beim Unwetter vom 2. Juli dieses Jahres geflutet. Das sollte ab sofort nicht mehr passieren, weil das Hochwasserrückhaltebecken nun in Betrieb ist.</p> <p>Rückstau bei der Eindolung Zihl. Wasser erreichte jedoch die Hauptstrasse nicht. Überschwemmung Fürti: Überflutung des Quartiers durch Oberflächenwasser aus dem obliegenden Hang und versiegelten Flächen im Quartier. Überschwemmung Hohrütibach/Dorfbach: Gerinne und Durchlässe zu klein für Wasser aus Bach und zusätzliches Oberflächenwasser. Wasserableitung entlang Weg „Mühlefeld“ hat grösstenteils funktioniert. Z-T. Konnten Wasserableitung nicht rechtzeitig erstellt werden, z. T. wurden sie leicht überflossen. Buttisholz Mülibechli: Hinderdorf, Bösgass, Arigstrasse. 2 Wohnhäuser, Tiefgarage Altersheim und Stall von Wasser Mülibechli betroffen. Dann Zusammenfluss mit ausgetretenem Dorfbach. Strassenunterbrüche. Niederschlag: Starkregen mit Hagel: 14 mm/10 min.</p>	<p>Neue Luzerner Zeitung, 11.12.2013</p> <p>Ereigniskataster Luzern, StorME-Nr. 2013-W-0007-9</p>
2014, 12.06.		Mülibechli droht über Ufer zu treten (Ort: Bösgass)	Feuerwehr Buttisholz (2015)

Nr.	4590	4680	6475	6630	6648	6651	6800	6816	6840	6880	LU 04	LU 05	LU 07	LU 08	LU 09	Agrometeo	Agrometeo	Agrometeo	Strassenwetter
Station	Luzern	Eigenthal	Napf	Luthern	Wauwil, bis 1973 Wauwiler moos	Egol- zwil	Sempach	Triengen	Bero- münster	Aesch (LU) bis 1928 Hitzkirch	Sem-pach ARA	Sursee	Langnau (LU)	Willisau	Wol- husen	Kottwil	Nottwil	Oberkirch	Buttisholz
Messperiode	1878 -	1882 -	1978 -	1883-1889, 1900 -	1961 -	2014 -	1961 -	1883 - 1919	1882 -	1901 -	1991 -	2000 -	2000 -	1991 -	2000 -	2009 -	2003 -	2004 -	2010 -
X	665520	659920	638130	636390	644250	642913	657010	648300	657080	659915	656880	649930	640360	642650	648090	647052	653478	651782	650680
Y	209860	205170	205970	212130	226050	225540	220940	231770	228700	234450	219360	225040	231200	220780	212490	223932	219435	222952	219220
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	1881-2010	1883-2008	1978-2011	1910-1977	keine	keine	1961 - 1987	keine	1888 - 2009	1901 - 1987	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
09.06.1912	7.0	4.2		6.4				11.0	12.0	18.0									
10.06.1912	0.0	0.0		0.0				0.0	0.0	0.0									
11.06.1912	0.0	0.0		0.0				0.0	0.0	0.0									
12.06.1912	1.4	4.3		6.7				4.6	9.5	11.1									
13.06.1912	78.0	111.4		61.5				88.0	62.2	59.7									
14.06.1912	0.1	0.9		0.0				0.0	0.0	0.0									
12.-13.06.1912	79.4	115.7		68.2				92.6	71.7	70.8									
25.05.1935	20.9	10.5		39.4					35.2	27.8									
26.05.1935	3.9	0.7		1.5					3.2	0.0									
27.05.1935	9.1	2.0		0.0					9.2	7.8									
28.05.1935	3.6	21.6		1.6					1.3	10.2									
29.05.1935	17.6	29.4		32.6					37.0	5.6									
30.05.1935	8.1	20.6		16.4					7.7	12.5									
22.06.1953	9.1	12.1		6.0					21.4	9.1									
23.06.1953	3.6	6.1		6.0					5.4	6.0									
24.06.1953	13.3	17.6		15.6					11.6	9.0									
25.06.1953	36.7	44.7		16.2					47.1	52.0									
26.06.1953	34.0	68.3		38.4					40.6	37.6									
27.06.1953	1.7	4.2		6.5					1.8	0.9									
25.-26.06.1953	70.7	113.0		54.6					87.7	89.6									
24.-26.06.1953	84.0	130.6		70.2					99.3	98.6									
18.11.1972	4.1	3.0		0.1	0.0		3.1		21.7	0.0									
19.11.1972	0.0	0.0		4.2	7.0		1.6		8.6	2.3									
20.11.1972	6.7	16.3		11.4	2.0		6.4		8.4	8.5									
21.11.1972	35.9	51.3		42.0	42.0		33.6		35.5	35.5									
22.11.1972	81.6	84.7		50.0	86.0		77.9		68.5	71.9									
23.11.1972	11.1	9.8		5.2	0.0		4.5		5.1	1.7									
21.-22.11.1972	117.5	136.0		92.0	128.0		111.5		104.0	107.4									
20.-22.11.1972	124.2	152.3		103.4	130.0		117.9		112.4	115.9									
27.08.1975	0.0	0.0		0.0	0.0				0.0	0.0									
28.08.1975	0.0	0.0		0.0	0.0				0.0	0.0									
29.08.1975	60.0	78.9		40.4	31.3		36.2		26.4	16.9									
30.08.1975	0.7	3.2		0.1	3.7		10.1		1.2	1.2									
06.08.1978	7.9	7.5	11.2		15.5		13.1		18.1	15.9									
07.08.1978	106.7	135.8	79.6		58.5		83.8		85.4	79.0									
08.08.1978	3.8	6.7	12.9		8.7		7.4		14.6	8.5									
06.-07.08.1978	114.6	143.3	90.8		74.0		96.9		103.5	94.9									
06.-08.08.1978	118.4	150.0	103.7		82.7		104.3		118.1	103.4									
16.06.1986	0.8	13.7	18.3	19.2	12.5		7.6		1.9	23.3									
17.06.1986	22.2	10.2	3.2	8.7	3.1		15.6		6.4	5.1									
18.06.1986	0.0	0.2	11.4	27.5	0.2		0.1		12.4	1.1									
19.06.1986	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0									
20.06.1986	3.7	44.3	17.8	3.8	33.0		5.8		21.6	36.6									
15.05.1994	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0			0.0	0.0					
16.05.1994	0.6	12.6	2.8	7.2	1.5		0.8		1.5	3.1			10.4	5.7					
17.05.1994	10.7	20.9	10.1	20.5	23.9		17.8		30.0	21.4			13.9	29.3					
18.05.1994	61.7	66.7	90.7	78.4	52.8		75.8		92.0	86.7			59.6	52.6					
19.05.1994	8.1	8.0	12.9	10.0	6.5		7.5		16.9	9.3			8.8	4.0					
20.05.1994	7.3	17.6	9.2	4.3	5.0		9.7		8.1	7.8			5.4	7.6					
17.-18.05.1994	72.4	87.6	100.8	98.9	76.7		93.6		122.0	108.1			73.5	81.8					
17.-19.05.1994	80.5	95.6	113.7	108.9	83.2		101.1		138.9	117.4			82.3	85.8					
04.06.2003	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0		0.3	0.0	5.8	0.0				
05.06.2003	25.1	48.9	23.0	39.8	7.8		15.0		10.5	8.7		14.3	8.6	3.2	10.0				
06.06.2003	9.1	19.0	3.4	3.5	1.0		2.0		0.5	0.8		1.8	0.3	0.2	2.0				
07.06.2003	0.2	0.2	22.3	0.2	0.0		27.0		1.4	1.5		17.4	0.0	0.0	0.0				
08.06.2003	11.9	4.2	8.4	17.2	0.0		10.5		13.2	7.0		11.6	2.0	0.9	1.5				
19.08.2005	23.6	37.7	21.5	19.3	36.1		35.5		27.0	16.3		27.5	22.8	31.5	17.1			25.0	18.4
20.08.2005	24.5	65.0	36.7	22.1	10.1		24.4		18.1	15.1		22.3	15.2	5.6	10.1			24.8	22.0
21.08.2005	81.1	102.3	126.7	87.8	45.7		70.2		80.6	63.0		69.6	73.7	37.2	83.3			82.6	69.4
22.08.2005	25.9	111.5	50.9	58.1	15.5		15.3		10.0	7.9		12.1	10.9	16.4	14.7			23.6	13.4
23.08.2005	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5		0.0		0.0	0.3		0.0	0.0	0.4	0.1			0.0	0.0
20.-21.08.2005	105.6	167.3	163.4	109.9	55.8		94.6		98.7	78.1		91.9	88.9	42.9	93.4			107.4	91.4
19.-21.08.2005	129.2	205.0	184.9	129.2	91.9		130.1		125.7	94.4		119.3	111.7	74.4	110.5			132.4	109.8
07.08.2007	50.7	69.7	37.7	31.3	21.6		48.3		40.9	37.8		46.5	53.1	19.7	28.5			53.2	48.4
08.08.2007	57.0	76.3	72.5	60.2	76.0		76.0		78.0	90.5		64.5	80.3	70.5	73.9			93.6	87.2
09.08.2007	4.6	2.8	13.6	7.5	7.3		6.7		8.1	5.3		3.0	5.1	6.6	5.0			4.8	2.2
10.08.2007	0.8	1.8	1.3	1.6	3.3		2.0		2.5	2.6		1.2	2.6	2.6	2.5			0.8	1.8
07.-08.08.2007	107.7	146.0	110.2	91.5	97.6		124.3		118.9	128.3		111.0	133.4	90.2	102.4			146.8	135.6
07.-09.08.2007	112.3	148.8	123.8	99.0	104.9		131.0		127.0	133.6		113.9	138.5	96.9	107.4			151.6	137.8
27.07.2010	0.0	1.9	0.1	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0		0.9	0.0	0.0	0.0			3.0	0.0
28.07.2010	14.7	16.3	8.6	19.2	20.3		35.0		22.2	32.4		27.5	22.7	30.7	27.7			58.6	40.0
29.07.2010	35.1	54.3	19.5	39.0	34.6		54.5		26.4	23.7		49.1	31.5	22.4	60.6			65.6	34.9
30.07.2010	2.2	1.4	0.1	0.0	0.0		0.0		1.3	1.2		1.1	0.5	0.2	1.0			2.2	0.0
28.-29.07.2010	49.8	70.6	28.1	58.2	54.9		89.5		48.6	56.1		76.6	54.2	53.1	88.3			130.0	117.2
28.-30.07.2010	52.0	72.0	28.2	58.2	54.9		89.5		49.9	57.3		77.7	54.7	53.3	89.3			119.4	105.8
10.07.2011	13.1	9.7	10.6	4.4	4.0		7.5		8.0	4.5		7.7	3.6	3.8	3.5			6.8	7.0
11.07.2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.									



Anhang 3: Niederschlagsverteilung am a) 20.-21.8.2005, b) 7.-8.8.2007, c) 28.-29.7.2010. (Niederschlag in mm).



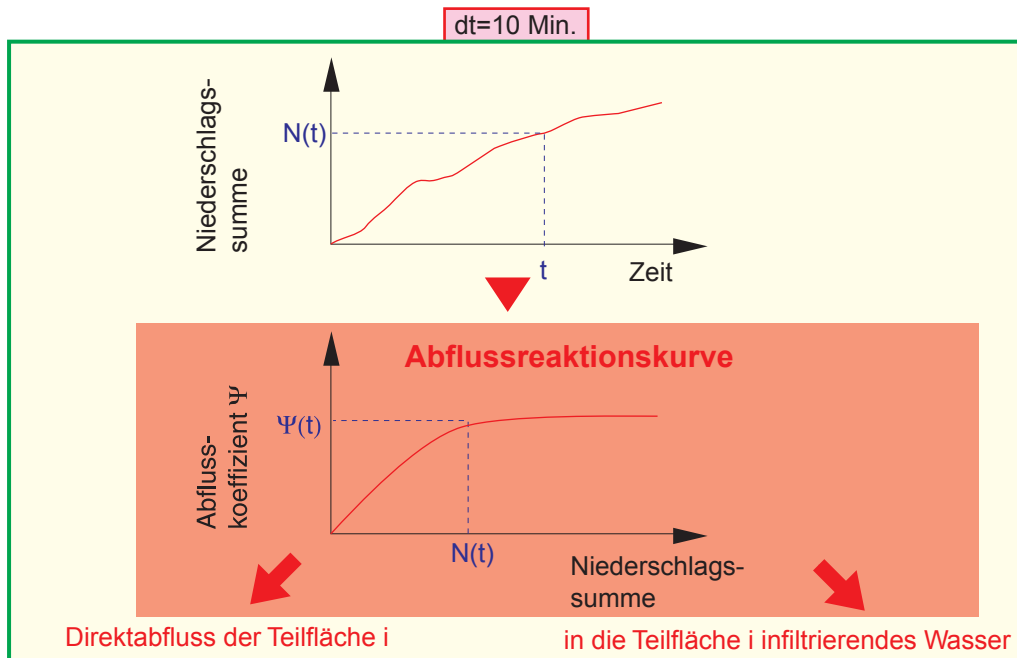
Anhang 3: Niederschlagsverteilung am d) 2.-3.7.2013, e) 28.7.2014. (Niederschlag in mm).



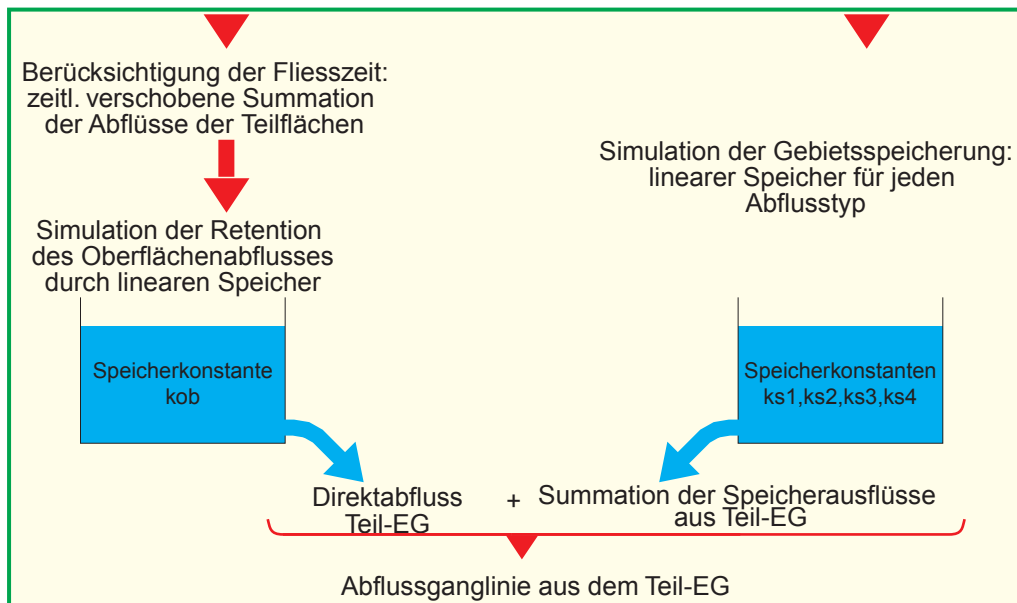
Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

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

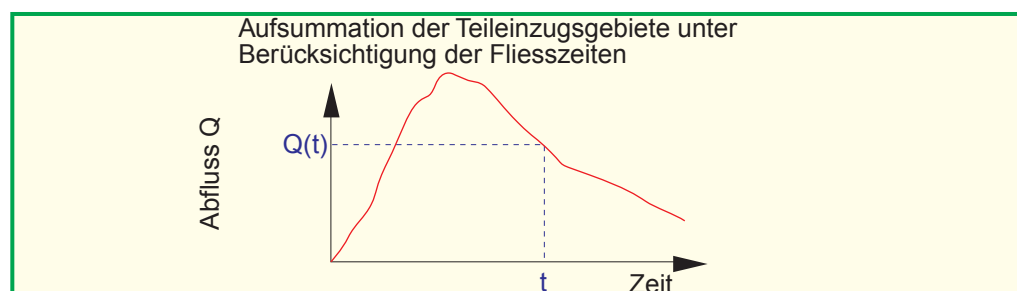
Stufe  
Teilfläche



Stufe  
Teileinzugs-  
gebiet

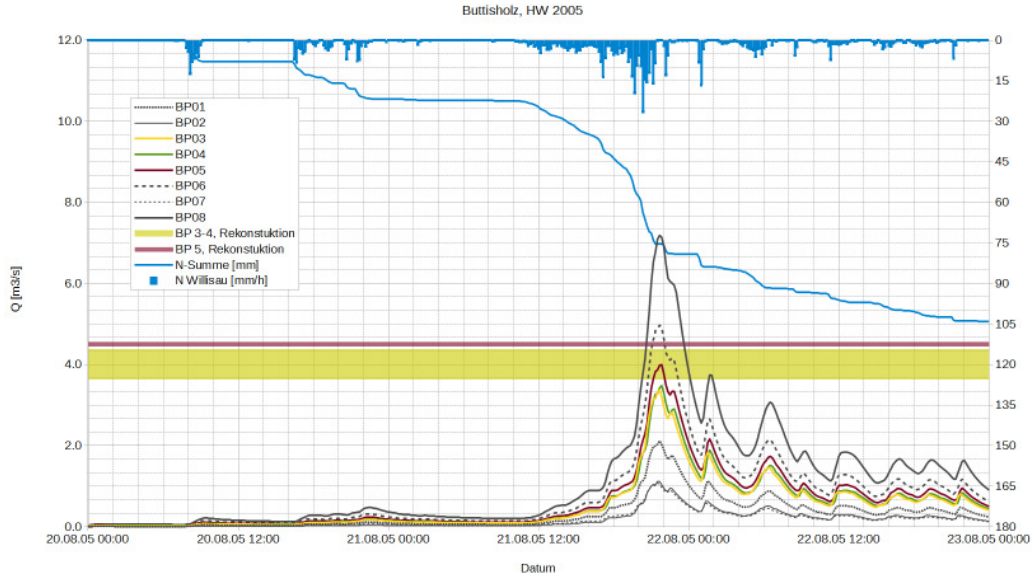


Einzugs-  
gebiet

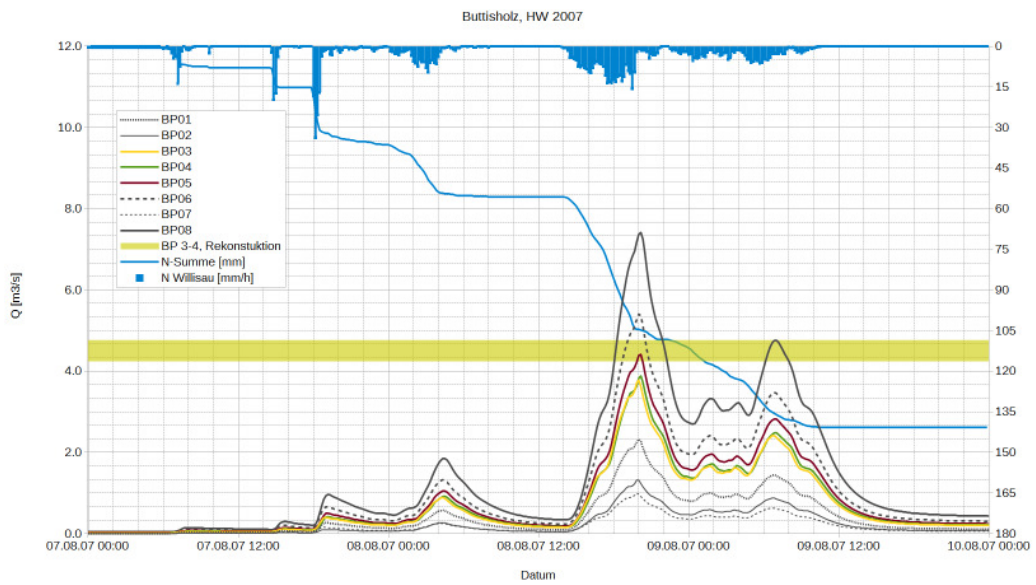


Anhang 4: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells  $Q_{AREA}$ . Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlags-summe und Abflusskoeffizient beschreibt.

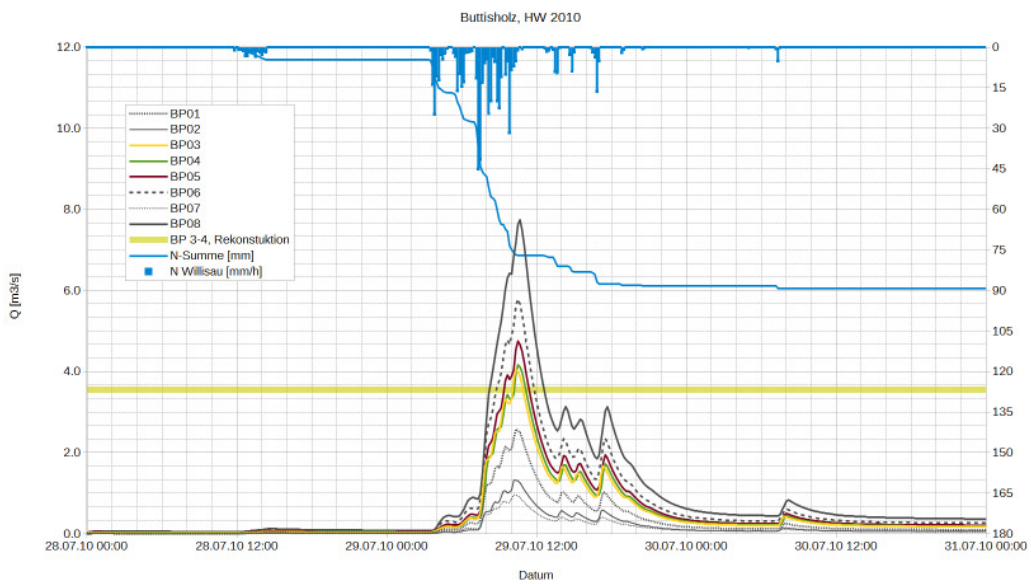




a)

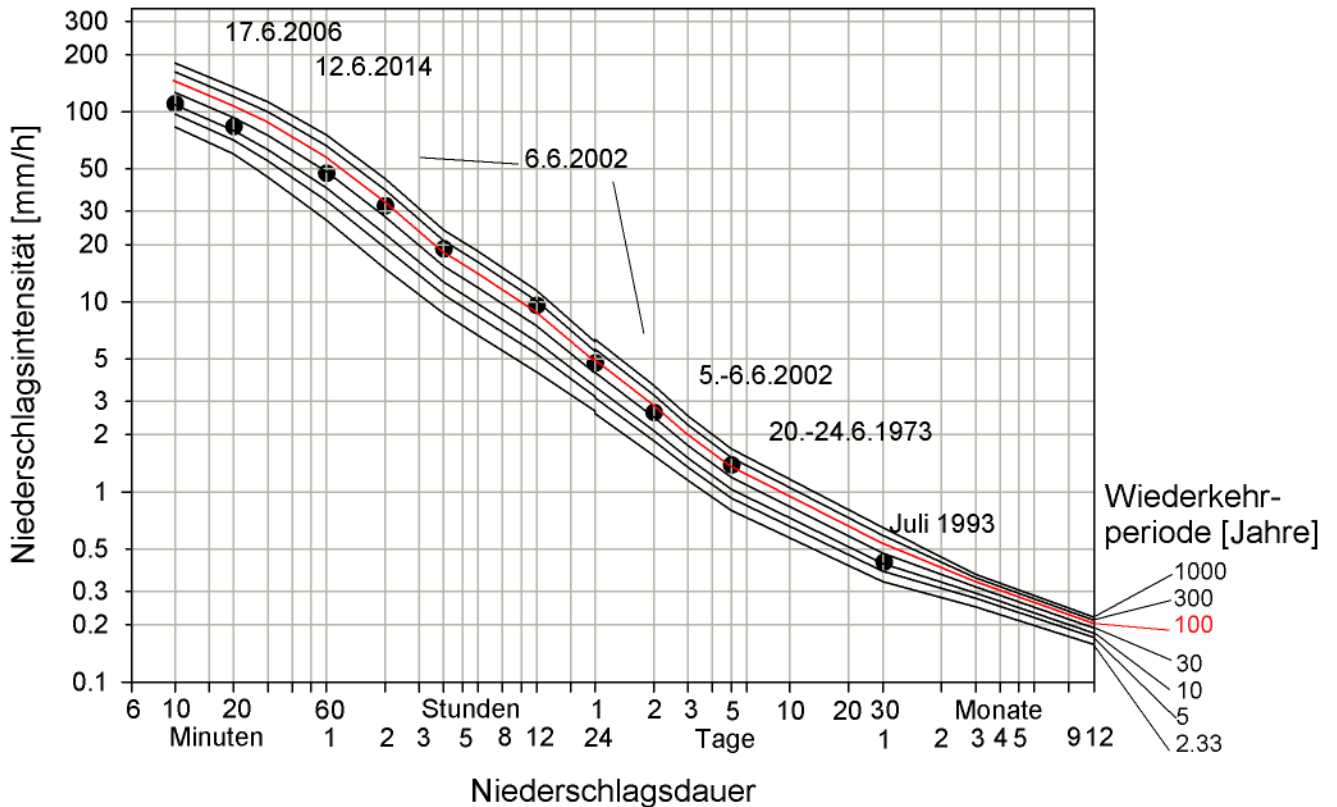
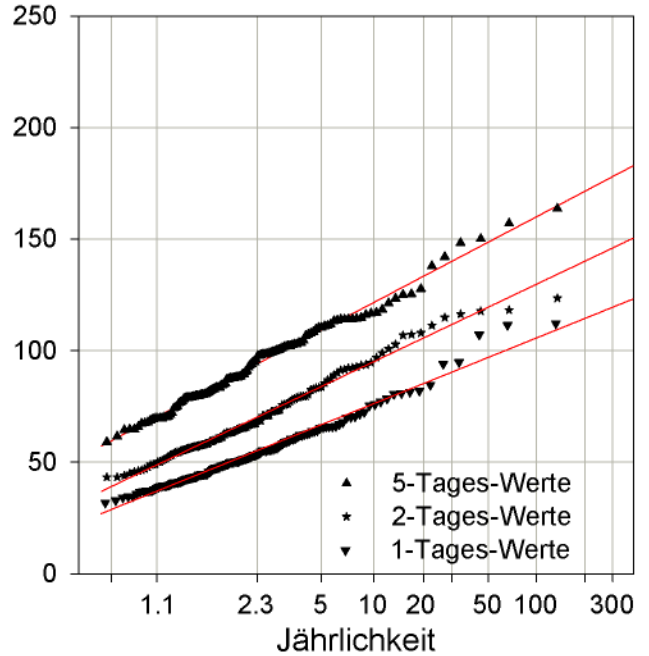
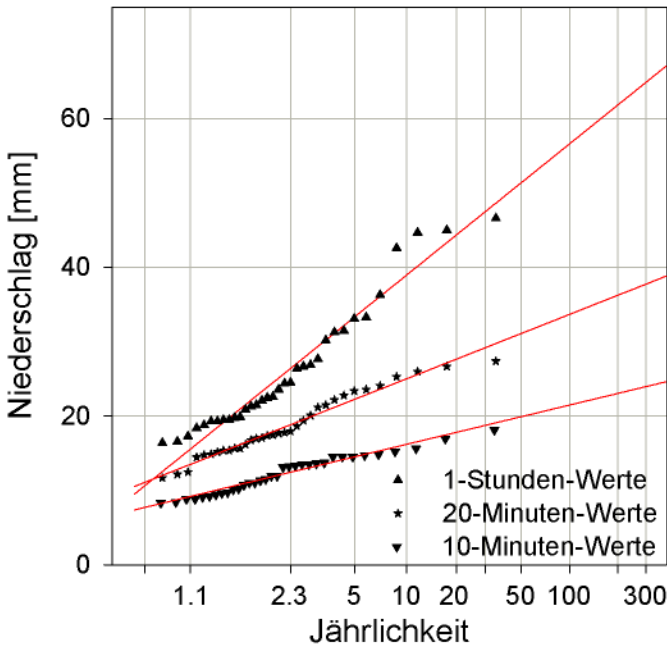


b)



c)

<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]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	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

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten								Becken- füllung [m³] Vol HRB
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	
30	0.5h30j_dreieck	Dreieck	0.7	1.4	2.1	2.2	2.9	4.4	1.6	7.1	5200
	1h30j_dreieck	Dreieck	0.8	<b>2.0</b>	<b>2.9</b>	<b>3.0</b>	<b>4.0</b>	<b>6.0</b>	<b>2.0</b>	<b>9.9</b>	9400
	2h30j_dreieck	Dreieck	0.8	1.9	2.8	<b>3.0</b>	<b>4.0</b>	5.9	1.8	9.7	12200
	4h30j_dreieck	Dreieck	0.8	1.4	2.4	2.5	3.3	4.6	1.3	7.6	13500
	12h30j_block	gleichmässig	<b>1.0</b>	1.4	2.5	2.7	3.3	4.4	1.1	6.7	<b>34600</b>
	24h30j_block	gleichmässig	0.9	1.0	2.0	2.1	2.5	3.2	0.7	4.7	25900
	48h30j_block	gleichmässig	0.8	0.6	1.5	1.6	1.8	2.3	0.5	3.2	11500
100	0.5h100j_dreieck	Dreieck	0.8	2.2	3.1	3.2	4.3	6.5	2.4	10.5	9100
	1h100j_dreieck	Dreieck	0.9	<b>3.3</b>	<b>4.4</b>	<b>4.6</b>	<b>6.1</b>	<b>9.1</b>	<b>3.0</b>	<b>15.0</b>	16500
	2h100j_dreieck	Dreieck	0.9	3.1	4.2	4.5	6.0	8.9	2.8	14.7	21400
	4h100j_dreieck	Dreieck	0.9	2.2	3.3	3.5	4.6	6.6	2.0	11.0	23200
	12h100j_block	gleichmässig	<b>1.0</b>	1.9	3.0	3.2	3.9	5.4	1.4	8.3	<b>51900</b>
	24h100j_block	gleichmässig	<b>1.0</b>	1.2	2.3	2.4	2.9	3.8	0.9	5.6	42100
	48h100j_block	gleichmässig	0.9	0.8	1.8	1.8	2.1	2.7	0.6	3.9	23400
300	0.5h300j_dreieck	Dreieck	0.8	3.1	4.1	4.3	5.8	8.6	3.1	14.0	13400
	1h300j_dreieck	Dreieck	0.9	<b>4.6</b>	<b>5.9</b>	<b>6.2</b>	<b>8.3</b>	<b>12.3</b>	<b>4.1</b>	<b>20.3</b>	23900
	2h300j_dreieck	Dreieck	<b>1.0</b>	4.4	5.7	6.1	8.1	12.0	3.7	19.9	31400
	4h300j_dreieck	Dreieck	<b>1.0</b>	3.1	4.3	4.6	6.0	8.7	2.6	14.4	33800
	12h300j_block	gleichmässig	<b>1.0</b>	2.3	3.5	3.6	4.6	6.3	1.7	9.8	<b>69700</b>
	24h300j_block	gleichmässig	<b>1.0</b>	1.4	2.5	2.6	3.2	4.3	1.0	6.4	59900
	48h300j_block	gleichmässig	<b>1.0</b>	0.9	1.9	2.0	2.4	3.0	0.6	4.4	37000

Anhang 7: a) Beckenberechnungen mit einer variablen Drosselwassermenge, bei vollem Becken 1.0 m³/s.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten								Becken- füllung [m³]
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	Vol HRB
30	0.5h30j_dreieck	Dreieck	1.4	1.4	2.7	2.8	3.4	4.6	1.6	7.3	3200
	1h30j_dreieck	Dreieck	1.5	<b>2.0</b>	<b>3.5</b>	<b>3.7</b>	<b>4.6</b>	<b>6.5</b>	<b>2.0</b>	<b>10.4</b>	6400
	2h30j_dreieck	Dreieck	1.6	1.9	<b>3.5</b>	<b>3.7</b>	4.7	<b>6.5</b>	1.8	<b>10.4</b>	8100
	4h30j_dreieck	Dreieck	1.6	1.4	3.1	3.2	4.0	5.3	1.3	8.2	7600
	12h30j_block	gleichmässig	<b>1.7</b>	1.4	3.3	3.4	4.0	5.1	1.1	7.4	<b>12200</b>
	24h30j_block	gleichmässig	1.4	1.0	2.4	2.5	2.9	3.6	0.7	5.1	3400
	48h30j_block	gleichmässig	1.0	0.6	1.6	1.7	1.9	2.4	0.5	3.4	400
100	0.5h100j_dreieck	Dreieck	1.5	2.2	3.7	3.8	4.8	6.9	2.4	10.9	6400
	1h100j_dreieck	Dreieck	1.7	<b>3.3</b>	<b>5.1</b>	<b>5.3</b>	<b>6.7</b>	<b>9.7</b>	<b>3.0</b>	<b>15.6</b>	12500
	2h100j_dreieck	Dreieck	1.8	3.1	5.0	5.3	<b>6.7</b>	9.6	2.8	15.4	16100
	4h100j_dreieck	Dreieck	1.8	2.2	4.1	4.3	5.4	7.4	2.0	11.7	15700
	12h100j_block	gleichmässig	<b>1.9</b>	1.9	3.9	4.1	4.8	6.3	1.4	9.2	<b>23000</b>
	24h100j_block	gleichmässig	1.6	1.2	2.9	3.0	3.5	4.4	0.9	6.2	8800
	48h100j_block	gleichmässig	1.2	0.8	2.0	2.1	2.4	2.9	0.6	4.1	1200
300	0.5h300j_dreieck	Dreieck	1.7	3.1	4.8	5.0	6.3	9.1	3.1	14.5	10100
	1h300j_dreieck	Dreieck	1.9	<b>4.6</b>	<b>6.6</b>	<b>7.0</b>	<b>8.9</b>	<b>13.0</b>	<b>4.1</b>	<b>20.9</b>	19200
	2h300j_dreieck	Dreieck	1.9	4.4	6.5	6.9	<b>8.9</b>	12.7	3.7	20.6	25200
	4h300j_dreieck	Dreieck	1.9	3.1	5.1	5.4	6.9	9.5	2.6	15.2	25000
	12h300j_block	gleichmässig	<b>2.0</b>	2.3	4.5	4.7	5.6	7.3	1.7	10.8	<b>35300</b>
	24h300j_block	gleichmässig	1.8	1.4	3.4	3.5	4.0	5.1	1.0	7.2	16500
	48h300j_block	gleichmässig	1.3	0.9	2.3	2.4	2.7	3.4	0.6	4.8	2600

Anhang 7: b) Beckenberechnungen mit einer variablen Drosselwassermenge, bei vollem Becken 2.0 m³/s.



Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten								Becken- füllung [m³]
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	Vol HRB
30	0.5h30j_dreieck	Dreieck	1.9	1.4	3.2	3.3	3.9	5.0	1.6	7.2	2300
	1h30j_dreieck	Dreieck	<b>2.2</b>	<b>2.0</b>	4.0	4.2	5.1	<b>7.1</b>	<b>2.0</b>	<b>11.0</b>	4600
	2h30j_dreieck	Dreieck	<b>2.2</b>	1.9	<b>4.2</b>	<b>4.3</b>	<b>5.2</b>	7.0	1.8	10.9	<b>5700</b>
	4h30j_dreieck	Dreieck	<b>2.2</b>	1.4	3.6	3.8	4.5	5.8	1.3	8.7	4200
	12h30j_block	gleichmässig	2.1	1.4	3.7	3.8	4.4	5.5	1.1	7.8	3800
	24h30j_block	gleichmässig	1.5	1.0	2.5	2.6	3.0	3.7	0.7	5.2	700
	48h30j_block	gleichmässig	1.0	0.6	1.6	1.7	2.0	2.4	0.5	3.4	400
100	0.5h100j_dreieck	Dreieck	2.2	2.2	4.2	4.4	5.3	6.8	2.4	10.8	5000
	1h100j_dreieck	Dreieck	2.5	<b>3.3</b>	<b>5.7</b>	<b>6.0</b>	7.3	<b>10.3</b>	<b>3.0</b>	<b>16.2</b>	10000
	2h100j_dreieck	Dreieck	<b>2.6</b>	3.1	<b>5.7</b>	<b>6.0</b>	<b>7.4</b>	10.2	2.8	16.1	<b>12600</b>
	4h100j_dreieck	Dreieck	2.5	2.2	4.8	5.0	6.1	8.1	2.0	12.3	10600
	12h100j_block	gleichmässig	2.5	1.9	4.5	4.6	5.4	6.8	1.4	9.7	9400
	24h100j_block	gleichmässig	1.8	1.2	3.1	3.2	3.7	4.6	0.9	6.4	1800
	48h100j_block	gleichmässig	1.2	0.8	2.0	2.1	2.4	3.0	0.6	4.1	500
300	0.5h300j_dreieck	Dreieck	2.4	3.1	5.3	5.6	6.7	9.2	3.1	14.6	8200
	1h300j_dreieck	Dreieck	2.7	<b>4.6</b>	<b>7.4</b>	<b>7.7</b>	9.5	<b>13.5</b>	<b>4.1</b>	<b>21.5</b>	16100
	2h300j_dreieck	Dreieck	<b>2.8</b>	4.4	7.3	7.7	<b>9.6</b>	13.4	3.7	21.3	<b>20800</b>
	4h300j_dreieck	Dreieck	<b>2.8</b>	3.1	5.9	6.2	7.6	10.3	2.6	15.9	18700
	12h300j_block	gleichmässig	2.7	2.3	5.2	5.3	6.2	8.0	1.7	11.5	17000
	24h300j_block	gleichmässig	2.1	1.4	3.7	3.8	4.4	5.4	1.0	7.6	3700
	48h300j_block	gleichmässig	1.4	0.9	2.3	2.4	2.8	3.4	0.6	4.8	600

Anhang 7: c) Beckenberechnungen mit einer variablen Drosselwassermenge, bei vollem Becken 3.0 m³/s.

Anhang 8.1: Die Eigenschaften der im Anhang 8.2b und c dargestellten Bodenprofile im EZG des Dorfbachs von Buttisholz (B1-B21) mit der Einschätzung von Infiltration und Speicherfähigkeit und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses (Abkürzungen siehe auch Legende 8.2a: U, u = Silt, siltig; L, l = Lehm, lehmig; S, s = Sand, sandig; T, t: Ton, tonig; A = Oberboden, B = Unterboden, C = Ausgangsmaterial, H, h = organisches Material, m = Festgestein, Sw, Sd Bodenhorizonte von Pseudogleyböden. Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefensickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfliessend). USM (Untere Süsswasser-Molasse), OMM (Obere Meeres-Molasse).


	<b>Profilbeschreibung</b>		<b>Profilbeschreibung</b>
B1	Buttisholz, Wiesenau Mähwiese ehem. Moor <b>Braunerde-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah/Bw brauner Us bis Lu Br: grauer Lu Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speicherungsvermögen (Spv.): mässig Prozesse (Proz.): SOF2	B2	Buttisholz, Under Gattwil Mähwiese Würmmoräne <b>Braunerde (BE) leicht pseudovergleyt</b> <b>(Pürckhauer)</b> Ah/Bw: brauner Us Bg: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
B3	Buttisholz, Luternau Weide Würmmoräne <b>BE-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bwg: brauner Us Bgg: braun-beiger Us Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2	B4	Buttisholz, Fürti Mähwiese Moräne <b>BE leicht pseudovergleyt</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner U Bw: brauner Us Bg: brauner Us-Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
B5	Buttisholz, Horütiwald Fichtenmischwald Moräne <b>Buntgley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: brauner Us Bwg: brauner Lu Bgg: brauner Lu bis beige-grauer Lu Inf.: leicht gehemmt bis normal Spv.: mässig-gering Proz.: SSF1 - SOF2	B6	Buttisholz, Horütiwald Mischwald Moräne <b>BE-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bggr: beige-grauer Us Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
B7	Buttisholz, Wase Mähwiese Moräne? <b>Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah/Bw: dunkelbrauner Us Bggr: grauer Su Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1-2	B8	Buttisholz, Meieberg Mähwiese Moräne <b>BE, pseudovergleyt</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bg: braun-beiger Us Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF3
B9	Buttisholz, Hängst Mähwiese Obere Süsswassermolasse (Sandstein) <b>BE</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: beiger Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	B10	Buttisholz, Gattwil Mähwiese Moräne, ehem. Moor <b>Anmoor-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ao: dunkel- bis schwarzbrauner Humus Br: grauer Ls Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF2

	<b>Profilbeschreibung</b>		<b>Profilbeschreibung</b>
B11	Nottwil, Mittelarig Mähwiese Moräne <b>BE-Pseudogley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bg(g): beige-brauner Us Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2-3	B12	Nottwil, Oberarig Kunstwiese Moräne <b>BE-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah/Bw: brauner Lu Br/C?: grauer S(u) Inf.: gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF1-2
B13	Nottwil, Figlisberg Mähwiese Moräne <b>BE-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bgg: beigebrauner bis grauer Ls4 Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2	B14	Buttisholz, Sandblatte Mähwiese Obere Süsswassermolasse <b>BE-Pseudogley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bwg: rötlich- bis beigebrauner Us Bg: rötlich-beigebrauner Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2-3
B15	Buttisholz, Lisibach Mähwiese Obere Süsswassermolasse <b>BE (sehr flachgründig)</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz: grauer Sandstein Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2	B16	Buttisholz, Gustibergwald Fichtenwald Moräne <b>BE</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: brauner Us Bw: beiger Us mit sehr viel Skelett Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3
B17	Buttisholz, Stöckli Mähwiese Moräne?, Obere Süsswassermolasse? <b>BE</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah/Bw: dunkelbrauner Us Cz: grauer, verwitterter Sandstein Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2-3	B18	Buttisholz, Rothus Mähwiese Moräne? <b>BE</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Us Bw2g: brauner Us, dicht gelagert Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
B19	Buttisholz, Under Allmend Mähwiese Rückzugsschotter <b>BE-Gley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah/Bw: brauner Us Br: grauer Us Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig bis gering Proz.: SOF1-2	B20	Buttisholz, Tannebach Mähwiese Rückzugsschotter <b>Buntgley</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: brauner Us Bgg: brauner Us Br: grauer Us Inf.: gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2
B21	Buttisholz, Altimoos Mähwiese Moräne <b>BE, pseudovergleyt</b> <b>(Pürckh.)</b> Ah: brauner Us Bw: beigebrauner Us Bg(g): beiger, teilweise grauer Us Inf.: normal Spv.: mässig bis gross Proz.: SOF3		

### 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

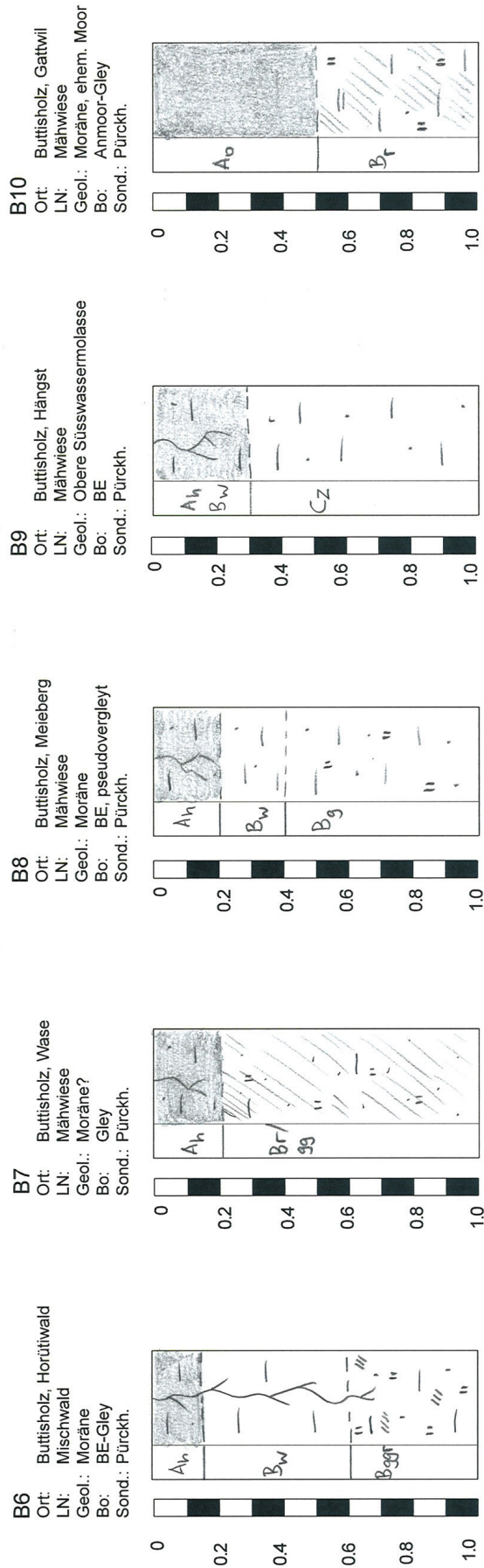
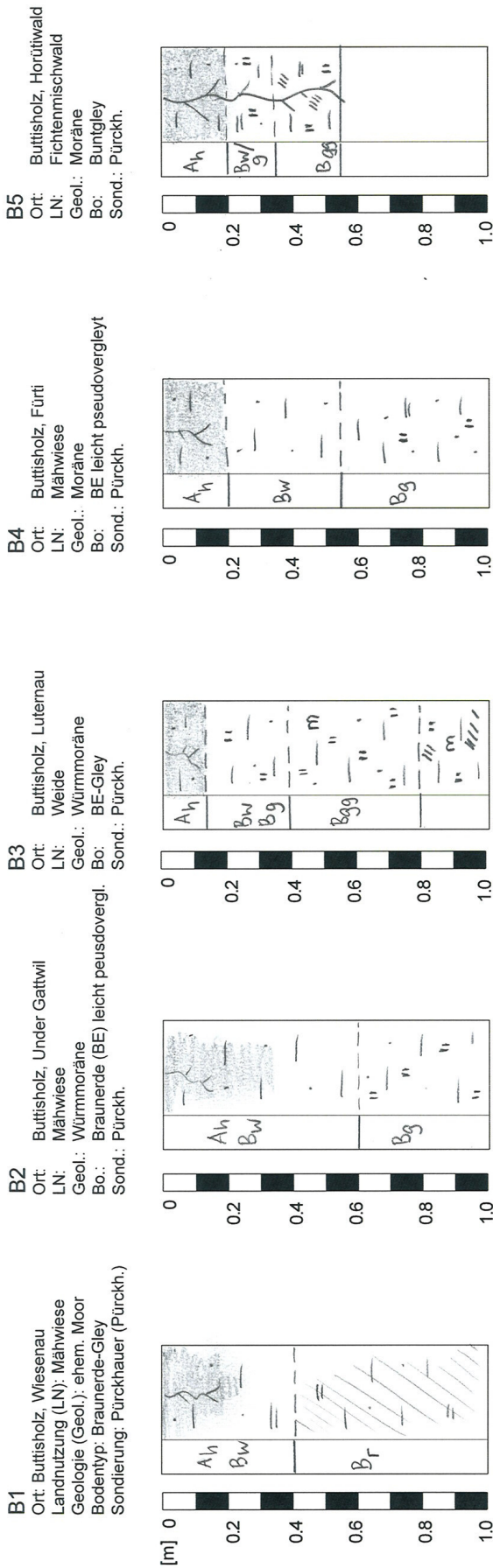
l	Streuzone
f	Fermentationszone
h	Humusstoffzone
a	Anmoor
org	organisches Material im Unterboden

#### Verwitterungszustand

ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

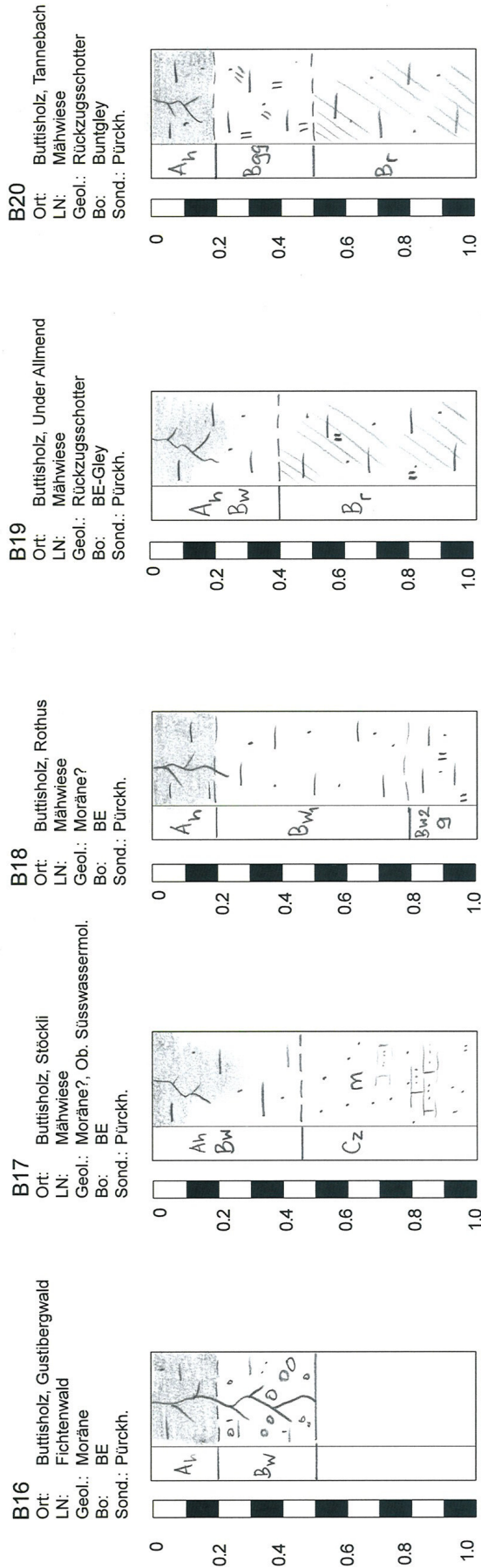
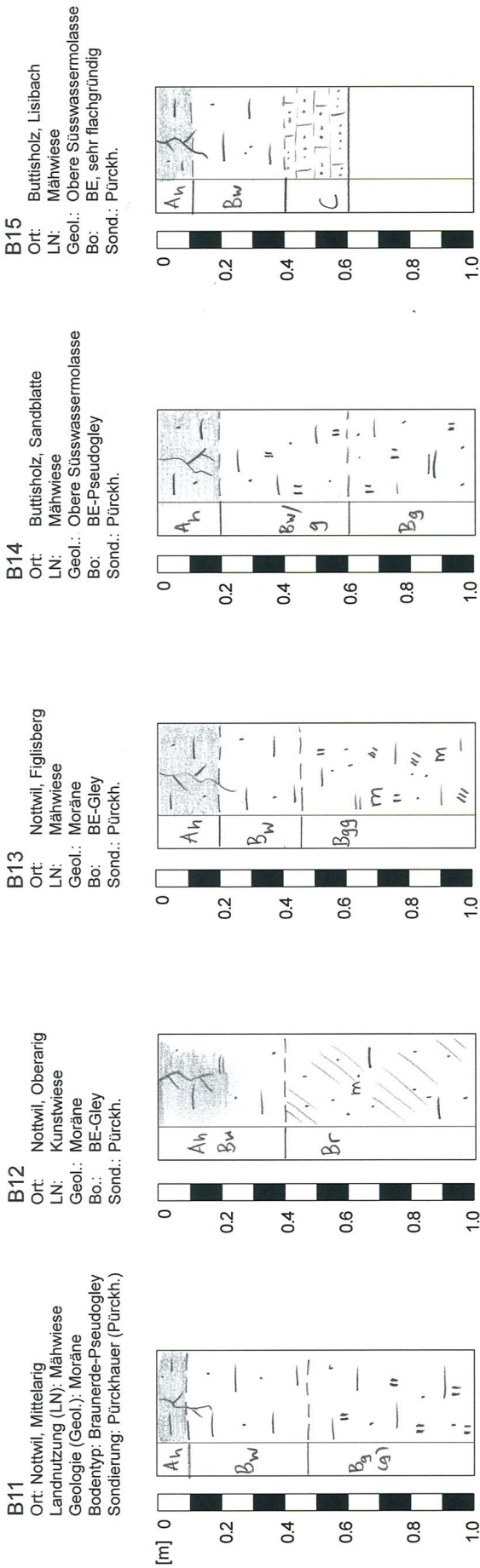
#### Merkmale des Sauerstoffmangels

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



Anhang 8.2b: Die im Gebiet des Dorfbachs von Buttisholz untersuchten Bodenprofile (B1-B10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 8.1.

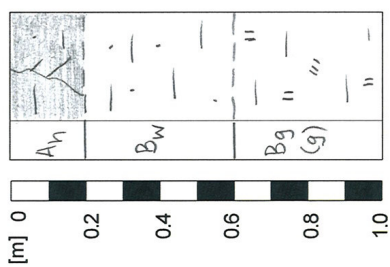




Anhang 8.2c: Die im Gebiet des Dorfbachs von Buttisholz untersuchten Bodenprofile (B11-B20) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 8.1.



**B21**  
Ort: Buttisholz, Altmoos  
Landnutzung (LN): Mähwiese  
Geologie (Geol.): Moräne  
Bodentyp: BE, pseudovergleyt  
Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



Anhang 8.2d: Die im Gebiet des Dorfbachs von Buttisholz untersuchten Bodenprofile (B11-B20) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 8.1.