

# Massgebende Hochwasserabflüsse am Dorfbach in Horw

## Beurteilung von Hochwasserschutzmassnahmen



*Die vom Dorfbach am 16. Juni 1988 überschwemmte Ringstrasse in Horw (Foto: Horw, 1999).*

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

Bericht: 16/218

Reinach, November 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>2</b>
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Vorgehen.....	4
1.3 Gebietskennwerte.....	4
1.4 Gewährsleute.....	4
<b>2 Verwendete Daten und Unterlagen.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Historische Hochwasser.....</b>	<b>7</b>
3.1 Einleitung.....	7
3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte.....	7
3.3 Abflusskapazitäten.....	8
3.4 Historische Hochwasser.....	8
3.5 Schlussfolgerungen.....	11
<b>4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets.....</b>	<b>12</b>
4.1 Einleitung.....	12
4.2 Geologie, Hydrogeologie.....	12
4.3 Böden.....	12
4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen.....	13
4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	16
4.6 Abflussreaktionskurven.....	16
<b>5 Abflussberechnungen.....</b>	<b>18</b>
5.1 Einleitung.....	18
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Qarea.....	18
5.3 Modellverifikation.....	20
5.4 Niederschlag-Szenarien.....	25
5.5 Abflussberechnungen.....	26
<b>6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....</b>	<b>27</b>
6.1 Einleitung.....	27
6.2 Dorfbach Horw beim BP 9.....	27
6.3 Hochwasserabflüsse.....	28
<b>7 Wirkung von Hochwasserschutzmassnahmen.....</b>	<b>29</b>
7.1 Einleitung.....	29
7.2 Dezentraler Rückhalt im Gewerbegebiet Kriens.....	29
7.3 Maximaler Rückhalt beim HWRB Allmend.....	30
7.4 Drosselung des Brändikanals auf 1.2 m <sup>3</sup> /s (statt 4 m <sup>3</sup> /s).....	30
7.5 HWRB am Althofbach beim BP 4.....	30
7.6 HWRB am Kirchtobelbach beim BP 7.....	30
7.7 Kombination Drosselung Brändikanal und HWRB am Althofbach.....	31
7.8 Schlussfolgerungen.....	31
<b>8 Anhang.....</b>	<b>32</b>

# 1 Einleitung

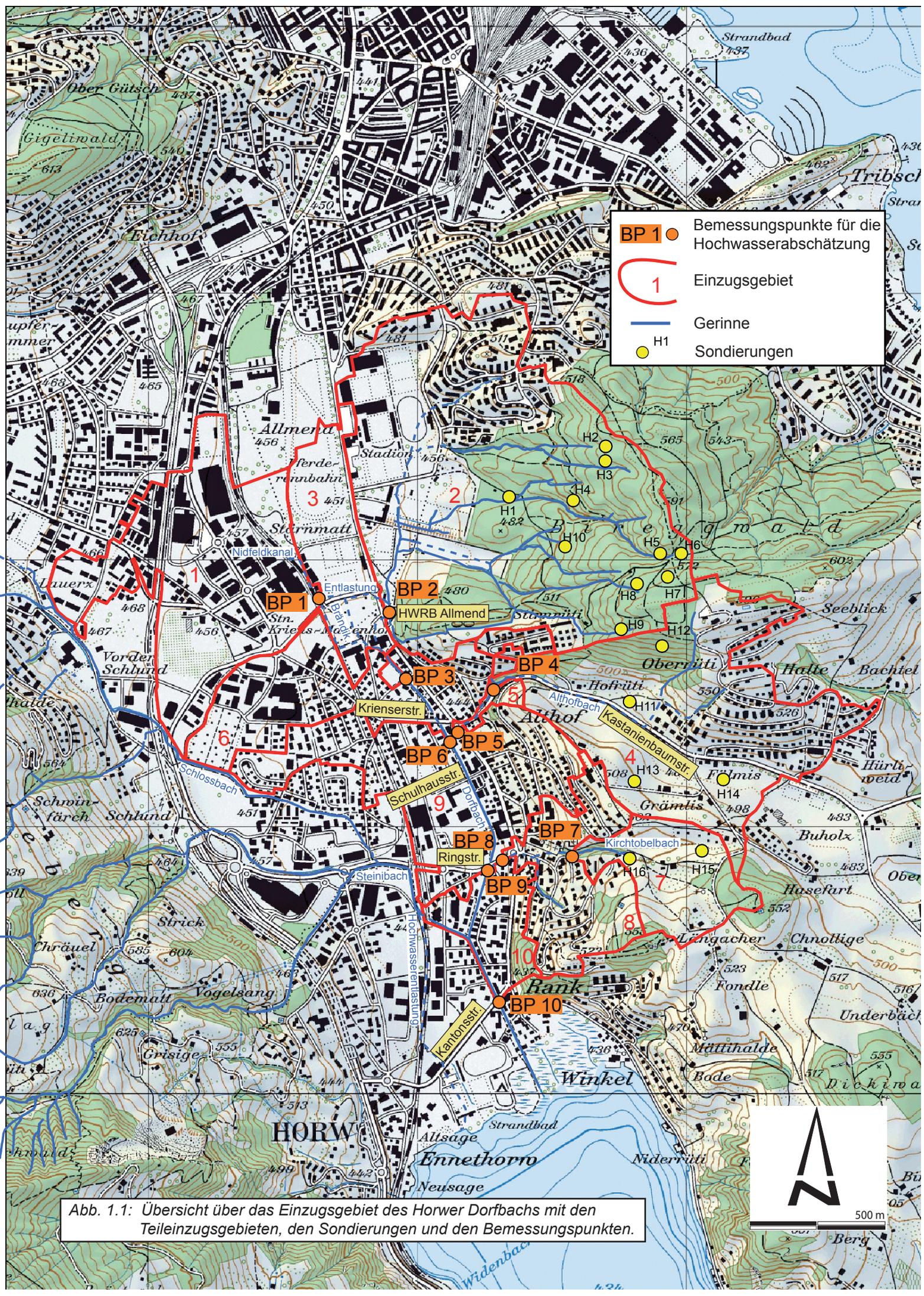
## 1.1 Problemstellung

Der Dorfbach Horw entwässert den flachen und überbauten Talboden von Horw sowie die angrenzenden Hänge des Bireggwalds mit zahlreichen Bächen. Zum natürlichen Einzugsgebiet (EZG) gehört auch die gegenüberliegende Seite des Pilatus mit Schloss- und Steinibach. Die Hochwasserabflüsse dieser Wildbäche werden heute aber über einen separaten Hochwasserentlastungskanal direkt in den Vierwaldstättersee geleitet, der Zufluss in den Horwer Dorfbach ist auf ca.  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  gedrosselt. Die Scherrer AG erarbeitete kürzlich die hydrologischen Grundlagen des Krienbachs sowie des Schloss- und Steinibachs (Scherrer AG, 2016a-c). Die darin erarbeiteten Grundlagen wurden für die vorliegende Studie teilweise übernommen.

Das Entwässerungssystem des Dorbachs Horw ist sehr komplex (Abb. 1.1). Die Siedlungsentwässerung von Teilen von Luzern, Kriens und Horw entlastet in den Dorfbach. Das EZG im Nordwesten wird durch den Nidfeld- und den Brändikanal entwässert. Zur Drosselung der Hochwasserabflüsse der Bäche aus dem Bireggwald wurde das Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) Allmend erstellt, in das bei Hochwasser auch der Brändikanal entlasten kann. Für die südlich davon, ebenfalls auf der Seite des Bireggwalds gelegenen Althof- und Kirchtobelbach sind in einer Vorstudie zwei HWRB geplant (Schubiger AG, 2013). Ein zusätzlicher dezentraler Rückhalt von Niederschlagswasser soll gemäss dieser Vorstudie auf Dächern im Gewerbegebiet von Kriens realisiert werden.

Am Dorfbach Horw gab es in den vergangenen Jahrzehnten wiederholt Hochwasserprobleme. Das letzte grössere Hochwasser ereignete sich nach einem Gewitter am 26.6.2009. In Teilen von Horw gab es starke Überflutungen. Auch der Dorfbach Horw ist teilweise über die Ufer getreten.

Für die weitere Planung der Hochwasserschutzmassnahmen fehlt momentan eine hydrologische Gesamtsicht, welche die Wirkung der einzelnen Massnahmen auf die Abflussspitze des Horwer Dorfbachs quantifiziert. Es sind daher an diversen Bemessungspunkten Hochwasserganglinien bestimmter Jährlichkeit notwendig. Diese können nur mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) erzeugt werden, welches die Komplexität des EZG aus natürlichen Bach-EZG, städtischem Siedlungsgebiet und HWRB simulieren kann. Herkömmliche Hochwasserabschätzverfahren oder hydraulische Modelle aus der Siedlungsentwässerung sind dazu nicht in der Lage.



<b>BP 1</b>	●	Bemessungspunkte für die Hochwasserabschätzung
<b>1</b>	⤷	Einzugsgebiet
	—	Gerinne
	●	H1 Sondierungen

Abb. 1.1: Übersicht über das Einzugsgebiet des Horwer Dorfbachs mit den Teileinzugsgebieten, den Sondierungen und den Bemessungspunkten.



## 1.2 Vorgehen

Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der durchgeführten Untersuchungen dar. Im Kapitel 2 sind die verwendeten Daten und Unterlagen zusammengestellt. Kapitel 3 stellt die Hochwassergeschichte dar und zeigt die aus den Erkundungen der historischen Hochwasser gewonnenen Erkenntnisse. In Kapitel 4 wird das Einzugsgebiet (EZG) nach seiner Abflussbereitschaft beurteilt. Darauf aufbauend erfolgten die Berechnungen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (Kap. 5). Im Kapitel 6 werden die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit hergeleitet, indem sämtliche Resultate in einem Frequenzdiagramm zusammengefügt werden. Die Wirkung geplanter Hochwasserschutzmassnahmen wird schliesslich im Kapitel 7 aufgezeigt.

## 1.3 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im EZG (Bireggwald)	600 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (Dorfbach Horw beim BP 10)	434 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Nidfeld-/Brändikanal Ringstrasse	0.55 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 2: HWRB Allmend	1.23 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 3: Dorfbach Horw bei Brändistrasse	1.98 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 4: Althofbach oberhalb Eindolung	0.67 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 5: Althofbach vor Mündung in Dorfbach Horw	0.72 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 6: Dorfbach Horw nach Zufluss Althofbach	3.01 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 7: Kirchtobelbach oberhalb Eindolung	0.18 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 8: Kirchtobelbach vor Mündung in Dorfbach Horw	0.41 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 9: Dorfbach Horw nach Zufluss Kirchtobelbach	3.86 km <sup>2</sup>
EZG oberhalb BP 10: Dorfbach Horw bei Kantonsstrasse	3.98 km <sup>2</sup>

## 1.4 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen unterstützt:

- Markus Birchler, Sachbearbeiter Geoinformationszentrum, Stadt Luzern
- Albert Dillier, vif, Kanton Luzern
- Werner Eicher, Sachbearbeiter Tiefbau/Werke, Gemeinde Kriens
- Serena Liener, vif, Kanton Luzern
- Beat Meyer, Feuerwehrkommandant, Gemeinde Horw
- Peter Scheiwiler, Schubiger AG, Hergiswil
- Urs Strebel, Sachbearbeiter Tiefbau, Gemeinde Horw
- Christian Tognacca, beffa tognacca sagl, Claro
- Philipp Wyser, Sachbearbeiter Siedlungsentwässerung und Naturgefahren, Stadt Luzern

## 2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Arnet X. (1881): Die Niederschläge in Luzern in den Jahren 1861 – 1880, Anhang No. 1 zum Jahrgang 1881 der Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt.
- Bacchetta-Bischofberger (2010): Brief von Remo und Regula Bacchetta-Bischofberger an den Gemeinderat Horw vom März 2010 betreffend „Überschwemmung vom 26.06.09“.
- Beffa Tognacca GmbH (2011): QP entlang des Dorfbachs Horw.
- Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau (FAP) (1988): Bodenkarte Luzern mit Erläuterungen, Massstab 1 : 25'000.
- Feuerwehr Horw (undatiert): Handnotiz zu Feuerwehr-Einsätzen am Dorfbach zwischen 1972 und 1990.
- Feuerwehrkommission Horw (1986): Jubiläumsschrift, 125 Jahre Feuerwehr Horw, 1861 – 1986. Mai 1986.
- Gees A. (1997): Analyse historische und seltener Hochwasser in der Schweiz - Bedeutung für das Bemessungshochwasser. Geographisches Institut der Universität Bern. Geographica Bernensia G53.
- Geiger H., Zeller J., Röthlisberger G. (1991): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 7, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- Gemeinde Horw (2008): Brief des Gemeinderats an die Mitglieder des Einwohnerrates der Gemeinde Horw vom 2. Oktober 2008. Schriftliche Beantwortung Interpellation Nr. 557/2008 von Odermatt Robert, und Mitunterzeichnende: Unwetterschäden entlang des Horwer Dorfbachs.
- Herzog Ingenieure AG (2009a): Hochwasserereignis Gemeinde Horw vom 26. Juni 2009, Ereignisdokumentation. 31. Juli 2009.
- Herzog Ingenieure AG (2009b): Unwetter Horw 26.06.2009, Fotodokumentation. Entwurf. 31. Juli 2009.
- Horw (1972): Fotodokumentation betreffend dem Gewitter vom 26. Juli 1972.
- Horw (1986): Horw, Die Geschichte einer Gemeinde zwischen See, Berg und Stadt. Herausgeber: Gemeinde Horw. 1986.
- Horw (1999): Horw. Herausgeber: Gemeinde Horw. 1999.
- IHW-ETH Zürich, Scherrer AG (2002): Der Einfluss der Siedlungsentwicklung auf die extremen Hochwasser der Glatt (ZH), Bericht 01/24, Dez. 2002.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Katholischer Volksbote, diverse Ausgaben.
- Kopp J. (1962): Geologischer Atlas der Schweiz, Atlasblatt 28 Luzern im Massstab 1 : 25'000 mit Erläuterungen. Hrsg. Schweiz. Geologische Kommission.
- Kt. LU, vif, Abteilung Naturgefahren (2009): Hochwasserrückhaltebecken Allmend, Gemeinden Horw und Luzern. Reglement für die Überwachung, den Betrieb und den Unterhalt der Anlage.
- Kt. LU (2016): Diverse topographische Daten (Luftbilder, Gewässerkataster, Waldvegetationskarten, etc.)
- Kt. LU (2016): [www.geo.lu.ch/map/gewaesserschutz/](http://www.geo.lu.ch/map/gewaesserschutz/) (2016): Grundwasserinformationen, aufgerufen am 29.7.2016.
- Lanz-Stauffer H. und Rommel C. (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.

- Lustenberger (1974): Akten des Tiefbauamts betreffend Überschwemmungsschäden Schlossbach, Riedfeld. Staatsarchiv Luzern: A891/282 (<http://query.staatsarchiv.lu.ch/detail.aspx?ID=1490673>).
- Luzerner Tagblatt, diverse Ausgaben.
- Meier J. (1939): Die Unwetter in der Schweiz 1900 – 1950. Kant. Tiefbauamt Luzern.
- 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.
- Naef F., Scherrer S., Frauchiger R. (2004): Wie beeinflusst die Siedlungsentwicklung von Zürich-Nord die Hochwasser der Glatt? Wasser Energie Luft, 96, 11/12, 331-338.
- OLV Luzern (2014): Orientierungslaufkarte Bireggwald, Massstab 1 : 10'000, Äquidistanz 5 m.
- Paravicini G., Baumann W. (2006): Horw, eine Gemeinde vom Wasser geprägt. Ingenieurbiologie, Mitteilungsblatt Nr. 1, April 2006.
- 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 (2011): Massgebende Hochwasserabflüsse und Beckenberechnungen an der Ron bei Ebikon (LU). Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur (vif) Kanton Luzern. Bericht 11/149.
- Scherrer AG (2015): Hydrologische Grundlagen für den Götzentelbach in Dierikon (Kt. LU) unter Berücksichtigung des Hochwassers vom 7. Juni 2015. Auftraggeber vif Kt. LU, Bericht 15/202, August 2015.
- Scherrer AG (2016a): Hydrologische Grundlagen für die Überprüfung des Hochwasserschutzes und die Erneuerung der Gefahrenkarte am Krienbach in Kriens (Kt. LU). Auftraggeber vif Kt. LU, Bericht 15/206, März 2016.
- Scherrer AG (2016b): Überprüfung der hydrologische Grundlagen für die Erneuerung der Gefahrenkarte am Schlossbach in Kriens (Kt. LU). Auftraggeber vif Kt. LU, Bericht 15/209, Mai 2016.
- Scherrer AG (2016c): Überprüfung der hydrologische Grundlagen für die Erneuerung der Gefahrenkarte am Steinibach in Kriens (Kt. LU). Auftraggeber vif Kt. LU, Bericht 15/210, Mai 2016.
- 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.
- Schubiger AG (2013): Hochwasserschutz Horw, Vorstudie, Technischer Bericht, Dok. Nr. 1032-TB, Januar 2013.
- Swisstopo, Bundesamt für Landestopographie (2016): Geocover (Geologische Karten) <https://map.geo.admin.ch> aufgerufen am 29.7.2016.
- U.S. Army Corps of Engineers (2016): Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS), Version 5.0.1.
- Vaterland, diverse Ausgaben.
- Volksbote, diverse Ausgaben.
- Willisauer Bote, diverse Ausgaben.
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2015): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in den Gemeinden Luzern, Kriens und Horw (1972-2014).
- Zeller J., Geiger H., Röthlisberger G. (1978): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 3, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

## 3 Historische Hochwasser

### 3.1 Einleitung

Abflussmessungen liegen am Horwer Dorfbach keine vor. Durch die Untersuchung historischer Hochwasser lassen sich Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen zusammentragen. Mit Informationen aus Zeitungen, Chroniken, Fotos und verbürgten Angaben konnte ein Beobachtungszeitraum von über 300 Jahren erschlossen werden. Abflussspitzen von Hochwassern aus der jüngeren Vergangenheit konnten abgeschätzt werden. Eine statistische Einordnung wird im Fall des Horwer Dorfbachs jedoch stark erschwert, weil das EZG und dessen Reaktionsweise in der Vergangenheit wiederholt durch wasserbauliche Eingriffe, Hochwasserschutzmassnahmen und die starke Siedlungsentwicklung verändert wurde.

### 3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte

Die nachfolgenden Angaben zur Ausbaugeschichte sind unvollständig. Sie dienen dazu, vergangene Hochwasserereignisse in Bezug zum damaligen Ausbaugrad zu stellen und damit besser vergleichen und einordnen zu können.

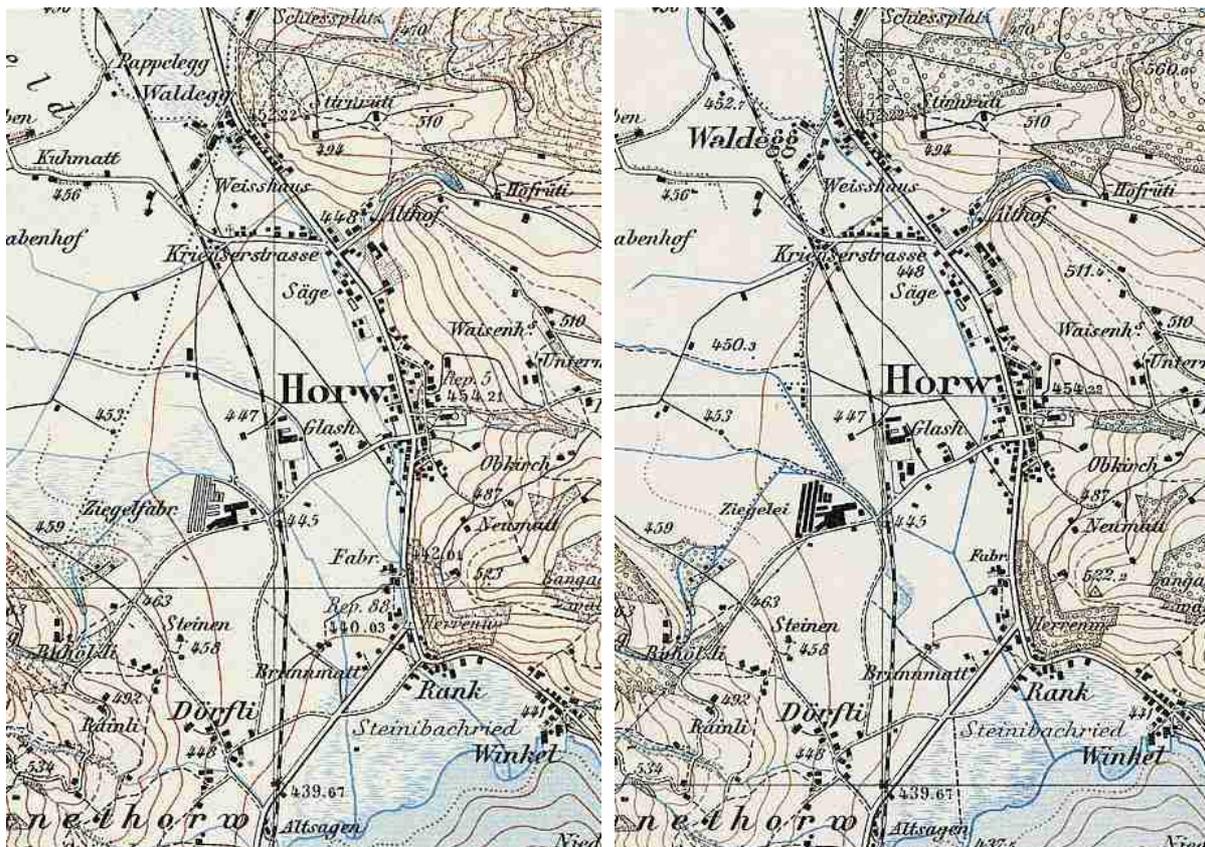


Abb. 3.1: Ausschnitt Siegfriedkarte Luzern 1913. Abb. 3.2: Ausschnitt Siegfriedkarte Luzern 1932.

Der Horwer Dorfbach floss ursprünglich am Rande des Bireggügels und der Steinibach floss in einem eigenen Gerinne in den Vierwaldstättersee (Abb. 3.1). Erste Begradigungen des Horwer Dorfbachs wurden in den 1890er-Jahren und anfang des 20. Jahrhunderts vorgenommen (Horw, 1986). In den 1920er-Jahren wurde der Dorfbach zwecks Entwässerung des Talbodens kanalisiert (Paravicini & Baumann, 2006). Im Rahmen dieser Melioration wurde auch der

Steinibach in den Horwer Dorfbach geführt und das heute noch bestehende Gewässernetz geschaffen (Abb. 3.2). Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde beinahe der gesamte Talboden überbaut und auch am Bireggügel wurden Siedlungen erstellt. In den Jahren 1953 – 1955 wurde das Autobahnteilstück Kriens – Horw erstellt, in den 1990er-Jahren tiefergelegt und z.T. überdeckt. 1997 wurde ein Entlastungsstollen für den Steinibach fertiggestellt, welcher vom Bahnhof zum Strandbad führt (Abb. 1.1). Seither fliessen nur noch Niedrig- und Mittelwasserabflüsse des Steinibachs unter der Bahnlinie durch in den Horwer Dorfbach<sup>1</sup>. Der Mündungsbereich und ein Abschnitt des Horwer Dorfbachs oberhalb der Ringstrasse wurde 2004 naturnah gestaltet. 2007 wurde (beim BP 2, Abb. 1.1) das HWRB Allmend erstellt. Dieser dämpft seither die Hochwasserzuflüsse der Hangbäche aus dem Bireggwald. Im Winter 2008/2009 wurde der Entlastungskanal Allmend fertiggestellt, welcher die Abflüsse des Nidfeld- resp. Brändikanals (EZG bei BP 1, Abb. 1.1), die 4 m<sup>3</sup>/s übersteigen, ebenfalls in das HWRB Allmend führen. Anhänge 8 und 9 zeigen Übersichtspläne dieser Bauwerke.

Mit dem Entlastungsstollen des Steinibachs und dem HWRB Allmend wurden in den vergangenen 20 Jahren wirksame Hochwasserschutzmassnahmen realisiert. Demgegenüber schritt die Verstädterung des EZG weiter fort. Die jüngere Hochwassergeschichte zeigt (vgl. Kap. 3.4), dass die realisierten Hochwasserschutzmassnahmen nicht genügen. Seit dem Neubau des HWRB Allmend wurde daher die Einstellung des Schiebers und damit die Drosselung der Hochwasserabflüsse wiederholt verändert (vgl. Kap. 5.2). Die Beobachtungsreihe der historischen Hochwasser ist somit sehr inhomogen.

### 3.3 Abflusskapazitäten

Zur Abschätzung vergangener Hochwasserspitzen ist es wichtig, die Abflusskapazität des Dorfbachgerinnes zu kennen. Sie konnte mit Hilfe des 1-D Programms HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2016) für das offene Gerinne unterhalb des HWRB Allmend unter Annahme eines Rauheitswerts von  $k_{str} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  abgeschätzt werden. Die Geometrie wurde von der Beffa Tognacca GmbH (2011) zur Verfügung gestellt.

Der oberste Abschnitt oberhalb der Krienserstrasse (beim BP 3, Abb. 1.1) weist eine Abflusskapazität von ca. 6 m<sup>3</sup>/s auf, wobei aber der Einlauf der Eindolung bei der Krienserstrasse bereits ab ca. 4 m<sup>3</sup>/s eingestaut wird. Unterhalb der Krienserstrasse und dem Zufluss des Althofbachs beim BP 6 variiert die Abflusskapazität bei den verschiedenen Brücken und Durchlässen zwischen 8 und 16 m<sup>3</sup>/s.

Ein Engpass besteht bei der Schulhausstrassenbrücke: Die Gerinnekapazität liegt zwar bei ca. 11 m<sup>3</sup>/s. Weil aber die Schulhausstrasse westlich davon wesentlich tiefer liegt als die Böschungsoberkante, wird die Schulhausstrasse durch Rückstau des einmündenden Entlastungskanals aus der Siedlungsentwässerung bereits bei Abflüssen von ca. 6 m<sup>3</sup>/s unter Wasser gesetzt. Solche Rückstauprobleme sind die Ursache einiger Hochwasserschäden entlang des Dorfbachs.

Der Durchlass Ringstrasse (BP 9) wird bei einem Abfluss von ca. 10 m<sup>3</sup>/s eingestaut und nach diesem Durchlass liegt die Abflusskapazität lokal lediglich bei 8 – 9 m<sup>3</sup>/s. Die Kantonsstrassenbrücke (BP 10) wird ebenfalls ab einem Abfluss von ca. 10 m<sup>3</sup>/s eingestaut und davor sind erste lokale Ausuferungen ab einem Abfluss von ca. 9 m<sup>3</sup>/s möglich.

### 3.4 Historische Hochwasser

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser des Dorfbachs Horw, seiner Zuflüsse und weiterer Gewässer in der Umgebung detailliert zusammengestellt. Die Grösse der einzelnen Hochwasser wurde gemäss den Kriterien in Tabelle 3.1 charakterisiert.

<sup>1</sup>Der Schieber ist heute auf einen maximalen Zufluss von 0.5 m<sup>3</sup>/s Richtung Horwer Dorfbach eingestellt.

Tab. 3.1: Einordnungskriterien zur Wertung historischer Hochwasser am Dorfbach Horw.

	Dorfbach Horw (m <sup>3</sup> /s)		Beschreibung
	BP 6	BP 9	
nicht klassiert	< 2	< 3	Hochwasser nicht erwähnt oder unbedeutend
klein	2 – 4	3 – 6	Hochwasser am betreffenden Bach erwähnt oder vermutet, keine Schäden, einzelne Keller durch Rückstau unter Wasser.
mittel	4 – 6	6 – 9	lokal leichte Schäden oder Überschwemmungen, Keller unter Wasser.
gross	6 – 9	9 – 12	Überschwemmungen und Sachschäden, Wasser auf der Strasse, Keller unter Wasser
sehr gross	> 9	> 12	grosse Überschwemmungen und Sachschäden. Wohnungen im Parterre überschwemmt.

Die ältesten Angaben reichen bis ins Jahr 1693 zurück. Tabelle 3.2 zeigt dazu einen Überblick mit einer Einordnung der Hochwasser am Dorfbach Horw sowie dem auslösenden Niederschlag. Neben den Abflussschätzungen einzelner Hochwasser aufgrund detaillierter Angaben wurden sämtliche zusammengetragenen Informationen zu den Hochwassern im EZG betrachtet und unter Berücksichtigung der im Laufe der Zeit veränderten Abflussverhältnisse gewertet. Ein weiteres, untergeordnetes Kriterium für die Charakterisierung waren Niederschlagsmessungen. Die Tagesniederschläge bei den grossen Hochwasserereignissen seit 1972 sind im Anhang 2 aufgeführt. Nachfolgend werden alle als gross oder sehr gross eingestuften Hochwasser sowie zwei kleinere Hochwasser der letzten Jahre, die eine Abflussschätzung zuliessen, beschrieben.

**1693** und **1736** wurden nach grossen Unwetter die Brücke bei der Papiermühle (in Abb. 3.1 als „Fabr.“ bezeichnet) vom Dorfbach Horw weggerissen. Am **28.7.1865** ereigneten sich in Horw Überschwemmungen und Erdbeben, die Schäden an Kulturen und Strassen verursachten.

Niederschläge über drei Tage und Schneeschmelze verursachten am **19.1.1910** v.a. in der Westschweiz aber auch am Dorfbach Horw ein grosses Hochwasser. Er trat an der Krienserstrasse (Abb. 3.1) über die Ufer und überschwemmte Keller und Parterrewohnungen. Im Dorfkern und beim Rank (Abb. 3.1) überschwemmte er die Strasse nach Winkel.

Das Januarhochwasser wurde am Dorfbach Horw vom Ereignis am **14./15.6.1910** übertroffen, das ebenfalls durch extreme Dauerregen v.a. in der Zentral- und Ostschweiz verursacht wurde. Auf dem Pilatus wurden am 14.6.1910 138 mm Niederschlag gemessen. Der Dorfbach überschwemmte in der Folge den ganzen unteren Teil des Dorfes. Auch die ganze Krienserstrasse mit den angrenzenden Häusern stand unter Wasser.

Ein starkes Gewitter suchte am **10.6.1917** Horw, aber auch Kriens und Luzern heim und verursachte Wasser- und Rutschungsschäden in Horw. Dauerregen mit grossen Intensitätsspitzen verursachten am **30.6.1953** in der Nordost- und Zentralschweiz grosse Überschwemmungen. Der Althofbach strömte die Kastanienbaumstrasse hinunter und überschwemmte die Kantonsstrasse und zahlreiche Keller.

Ein starkes Gewitter mit einem Niederschlag von 70 mm in zwei Stunden verursachte am **26.7.1972** eines der grössten Hochwasser am Dorfbach, aber auch am Althof- und Kirchtobelbach (auch Hofmattbach genannt) im Beobachtungszeitraum. Eine Fotodokumentation zeigt grosse Überschwemmungen auf der Schulhaus-, Kastanienbaum-, Kantons- und Ringstrasse. Gemäss Aussage von Urs Strebel war es grösser als das Hochwasser vom 26.6.2009.

Ein schweres Gewitter u.a. über Kriens, Luzern und Horw liess am **16.6.1988** den Dorfbach in Horw an der Ringstrasse (BP 9, Titelbild) und auch oberhalb der Kantonsstrasse (BP 10) ausufernd. Ein weiteres schweres Gewitter am **23.6.1993** führte zu Ausuferungen des Dorf-, Steini- und Althofbachs und überschwemmte weite Teile von Horw.

Tab. 3.2: Einordnung historischer Hochwasser am Dorfbach Horw gemäss Tabelle 3.1.

Datum	Niederschlag	Dorfbach Horw
1693	?	g
1736	?	g
1846, 24.8.	Dauerregen	k
1852, 17./18.9.	Dauerregen	k
1865, 28.7.	?	g
1880, 26.8.	Gewitter	-
1881, 2.9.	Dauerregen	k
1900, 29.7	Gewitter	-
1910, 19.1.	Dauerregen, Schneeschmelze	g
1910, 14./15.6.	Dauerregen	sg
1910, 6.9.	?	k
1912, 23./24.6.	Gewitter	-
1917, 9.6.	Gewitter	g
1919, 5.7.	Gewitter	-
1921, 15.5.	Gewitter	-
1927, 2.8.	Gewitter	-
1935, 25.5.	Gewitter	-
1937, 6.7.	Gewitter	-
1953, 30.6.	Dauerregen	g
1970, Juni	?	k
1971, 26.7.	Gewitter	m
1972, 26.7.	Gewitter	sg
1974, 23.6.	Dauerregen	-
1975, 23.8.	Dauerregen	k
1975, 29.8.	Dauerregen	k
1977, 14.7.	Gewitter	m
1978, 7.8.	Dauerregen	m
1982, 15.8.	Gewitter	-
1986, 23./24.5	Gewitter	m
1988, 16.6.	Gewitter	g
1989, 27.8.	Dauerregen	-
1990, 14.5.	Gewitter	m
1990, 24./25.5.	Gewitter	m
1992, 21.7.	Gewitter	m
1992, 21.8.	Gewitter	m
1993, 23.6.	Gewitter	g
1993, 5.7.	Gewitter	-
1994, 2.6.	Gewitter	-
1997, 11.6.	Gewitter	-
1998, 21./22.7.	Gewitter	-
1999, 22.5.	Dauerregen	k
2000, 7.7.	Gewitter	-
2001, 20.8.	Gewitter	m
2002, 3.5.	Gewitter	-
2006, 29.5.	Dauerregen	-
2007, 19.7.	Gewitter	-
2007, 8.8.	Dauerregen	k
2008, 3.7.	Gewitter	k
2009, 26.6.	Gewitter	g
2010, 22.7.	Gewitter	m
2010, 1.8.	Gewitter	k
2011, 2.5.	Gewitter	k
2012, 8.6.	Gewitter	k
2012, 25.8.	Gewitter	-
2012, 26.8.	Gewitter	-
2012, 1.9.	Dauerregen	-
2014, 12.6.	Gewitter	g
2015, 7.6.	Gewitter	-
2016, 14.5.	Dauerregen	k

Durch ein lokales Gewitter am **26.6.2009** ging der Althofbach über die Ufer. Kurz nach Beginn der Niederschläge wurde der Schieber des HWRB Allmend von Hand geschlossen, in

der Folge füllte sich dieses mit ca. 20'000 m<sup>3</sup> Wasser. Der Dorfbach Horw floss an den meisten Stellen bordvoll ab. An einzelnen Stellen kam es lokal zu Überschwemmungen durch Rückstau einmündender Enlastungen aus der Kanalisation und durch den Bach selber. Aufgrund von Fotos von Urs Strebel und aus Herzog Ingenieure AG (2009a+b) konnten mit Hilfe von HEC-RAS und der Geometrie von Beffa Tognacca GmbH (2011) Abflussspitzen beim BP 3 (ca. 5 m<sup>3</sup>/s), BP 9 (8 - 10 m<sup>3</sup>/s) und BP 10 (10 - 11 m<sup>3</sup>/s) abgeschätzt werden.

Ein Gewitter am **22.7.2010** verursachte ein mittleres Hochwasser am Dorfbach Horw. Wasser des Kirchtobelbachs (auch Hofmattbach genannt) drang in den Keller der Raiffeisenbank ein. Aufgrund von Fotos von Albert Dillier wurde am Dorfbach beim BP 6 eine Abflussspitze von ca. 5 m<sup>3</sup>/s und beim BP 9 von ca. 6 m<sup>3</sup>/s abgeschätzt. Ein Gewitter am **8.6.2012** verursachte ein kleines Hochwasser am Dorfbach Horw. Aufgrund von Fotos aus Schubiger AG (2013) wurde beim BP 9 eine Abflussspitze von 4 - 5 m<sup>3</sup>/s abgeschätzt.

Das letzte grosse Hochwasser am Dorfbach Horw wurde am **12.6.2014** wiederum durch ein Gewitter verursacht. Zahlreiche Keller sowie die Ring- und Schulhausstrasse wurden durch Rückstau einmündender Enlastungen aus der Kanalisation unter Wasser gesetzt. Der Dorfbach Horw uferte aber nicht aus. Aufgrund von Fotos von Urs Strebel wurde beim BP 6 eine Abflussspitze von ca. 6 m<sup>3</sup>/s abgeschätzt. Gemäss Aussage von Urs Strebel war es kleiner als das Hochwasser vom 26.6.2009.

### 3.5 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von über 300 Jahren.
- Die Mehrheit der grossen und sehr grossen Hochwasser wurden durch Gewitter verursacht. Es gibt aber auch grosse, durch Dauerregen ausgelöste Ereignisse (1910, 1953).
- Eine statistische Einordnung von Hochwassern am Dorfbach Horw ist schwierig, weil das EZG und dessen Reaktionsweise in der Vergangenheit wiederholt durch wasserbauliche Eingriffe, Hochwasserschutzmassnahmen und die starke Siedlungsentwicklung verändert wurde.
- Mit dem Entlastungstollen des Steinibachs und dem HWRB Allmend wurden in den vergangenen 20 Jahren wirksame Hochwasserschutzmassnahmen realisiert. Die Hochwassergeschichte der vergangenen 10 Jahre zeigt, dass die realisierten Hochwasserschutzmassnahmen aber nicht genügen.
- Das Hochwasser vom 26.7.1972 wäre auch unter heutigen Bedingungen (mit Entlastungstollen Steinibach und HWRB Allmend) grösser als das Hochwasser vom 26.6.2009. Damals wurde u.a. die von den Hochwasserschutzmassnahmen nicht tangierten EZG des Althof- und des Kirchtobelbachs sowie das Zentrum von Horw von einem Gewitter getroffen, das mit einem Niederschlag von 70 mm innert 2 Stunden heftiger war als jenes vom 26.6.2009.
- Die Beobachtungsreihe der historischen Hochwasser ist sehr inhomogen. Trotzdem ist ein grobe statistische Einordnung des Hochwassers vom 26.6.2009 möglich: Es war am Dorfbach Horw das grösste seit dem Bau des HWRB Allmend 2007 (Wiederkehrperiode 9 Jahre). Über die vergangenen 50 Jahre betrachtet liegt es nach dem Hochwasser vom 26.7.1972 auf Rang 2 (Wiederkehrperiode 25 Jahre) oder vielleicht (nach den Hochwassern vom 16.6.1988 und 23.6.1993) auch nur auf Rang 4 (Wiederkehrperiode 12.5 Jahre). Das Hochwasser vom 26.6.2009 weist somit mit Abflussspitzen von ca. 5 m<sup>3</sup>/s beim BP 3, 8 - 10 m<sup>3</sup>/s (BP 9) und 10 - 11 m<sup>3</sup>/s (BP 10) eine Wiederkehrperiode von 9 – 25 Jahren auf.

## 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 Horwer Dorfbachs nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

Das EZG liegt eingebettet zwischen Biregg im Osten und Krienseregg im Westen. Die Einzugsgebietsgrenzen wurde in der Ebene weitgehend künstlich geschaffen, so ist die nördliche Abgrenzung gegen die Stadt Luzern durch das Entwässerungssystem gegeben. Das EZG des Steinibachs (inkl. Schlossbach) gehört heute nicht mehr zum Untersuchungsgebiet (vgl. Kap. 3.2). Der anthropogene Einfluss zeigt sich eindrücklich, indem über 60 % des Gebiets bebaut ist, weniger als 40 % sind land-, forstwirtschaftliche Flächen oder Naturschutzflächen.

### 4.2 Geologie, Hydrogeologie

Die geologische Grundlagen stammen aus Kopp (1962) und Swisstopo, Bundesamt für Landestopographie (2016), die hydrogeologischen Angaben aus Jäckli und Kempf (1972) und Kanton Luzern (2016).

**Geologie:** Der Hügel der Biregg besteht aus der sog. „Altstaad-Antiklinale“, die als Gewölbe heute nicht mehr in Erscheinung tritt. Im NE des EZG im Bireggwald fallen die Schichten steil gegen Norden ein, im SE steil gegen Süden. In der früheren Bucht des Vierwaldstättersees (Horwer Halbinsel) fliesst heute der Horwer Dorfbach. Sie ist heute eine flache Schwemmebene aufgefüllt vom Geschiebe von Krienbach, Steinibach und Schlossbach.

In dieser Schwemmebene lagen vor der Überbauung in den letzten Jahrzehnten teilweise noch Mooregebiete, Überreste davon sind noch nördlich von Waldegg zu finden. Das Grundwasser liegt nur wenige Meter unter Flur.

Die Altstaad-Antiklinale besteht aus Unterer Süsswassermolasse (USM), die granitische Sandsteine, bunte Mergel und schmale Einlagen von Nagelfluh enthält. Im Bireggwald ist die USM örtlich von Schottern der Würmmoräne überdeckt, gegen Südosten (Althof, Grämlis-Längacher) nimmt der Anteil der Moräne zu.

**Hydrogeologie:** Die Durchlässigkeit der USM wird als mittelgross bis gering betrachtet. Die USM dürfte nur lokal stauend sein (siehe Kap. 4.3). Die Würmmoräne ist je nach Art (Grundmoräne, Wallmoräne) unterschiedlich durchlässig. Die Mulden am Hangfuss des Bireggügels sind vernässt. Im flachen Sattel von Fälmis liegen heute noch Moorböden mit einem lokalen Grundwasservorkommen.

### 4.3 Böden

Die Bodenkarte 1 : 25'000 (FAP, 1988) ist zwar generalisiert, liefert aber auch in den Waldgebieten Informationen über die Böden. Gemäss den Bodenkarten dominieren Braunerden mit unterschiedlichem Feuchteinfluss (Pseudogleye, gleyige Braunerden, Buntgleye). Um ein

detaillierteres Bild der Böden zu erhalten, wurden zahlreiche Bodensondierungen (H1 – H16) mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) durchgeführt. Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen, die Profile sind im Anhang 4.2 dargestellt (Legende: Anhang 4.1) und im Anhang 4.3 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.

Im Bireggwald wechselt das Erscheinungsbild der Böden, kleinräumig vorgegeben durch die Lithologie der USM, der Moräne und durch die Topographie. Etliche zufällig erscheinende Wasseraustritte am Hang sorgen für kleinräumige Vernässungsbereiche. Die Orientierungskarte (OLV Luzern, 2014) lieferte Informationen über solche Sümpfe, Wasseraustritte, kleine Bäche und Rinnen im Waldgebiet, die für die Planung der Sondierungen aber auch für die Kartierung der Abflussbereitschaft (Kap. 4.4) wertvoll waren.

Braunerden dominieren im Bireggwald auf Rippen und Hängen ausserhalb von Mulden (H3, H4, H5, H7, H9, H12). Selbst in recht steilen Hängen wie am Standort H12 (Gefälle 45%) sind die Böden gegen 1 m mächtig. Die Sondierungen H1 (Hangfuss, vergleyte Braunerde), H2 (Mulde, Buntgley), H6 (flache Mulde, Gley), H8 (Hang, Gley), H10 (Hang, vergleyte Braunerde) zeigen das Spektrum von Hang- und Stauwassereinfluss im Bireggwald auf. Der SE des EZG ist teilweise noch nicht überbaut. Dort liegen ausserhalb der Mulden Braunerdeböden (H11, H13, H15, H16). Im flachen Sattel von Fälmis (H14) liegt grundwasserbeeinflusster Anmoor-Gley.

#### *4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen*

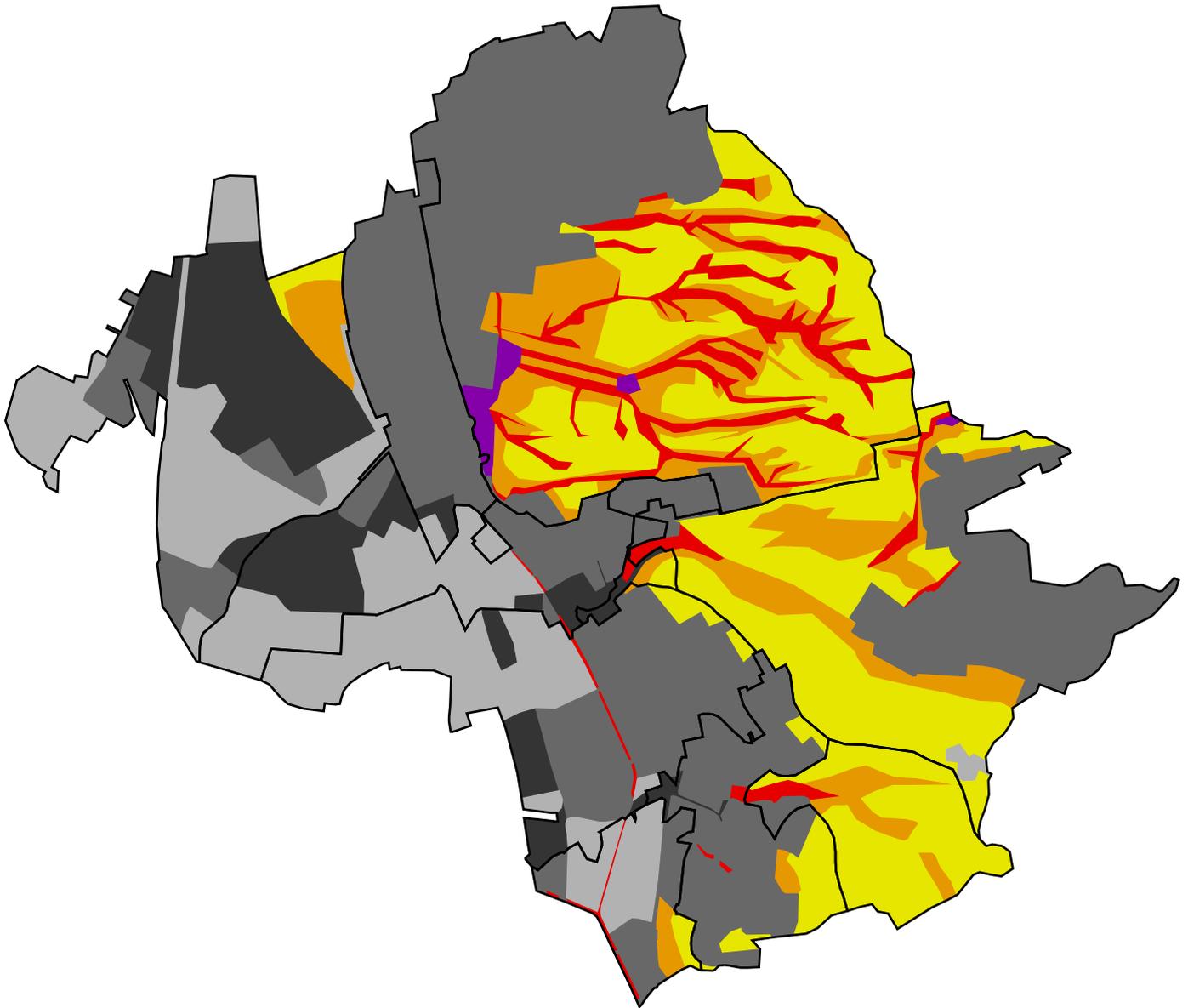
Die Beurteilung der natürlichen Flächen stützt sich im Wesentlichen auf die geologische Karte, die Bodenkarte, die Orientierungslaufkarte und vor allem auf die Bodensondierungen. Gemäss den in Tabelle 4.1 aufgeführten Kriterien wurden Prozesse, welche einen ähnlich starken Beitrag zur Entstehung von 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 kaum vorhanden (Abflusstyp 1: 0.6 % Flächenanteil).

Feuchte Mulden, Bachflanken 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, 5.7 %).

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 (10.6%).

Ein Grossteil der Böden im EZG der „natürlichen“ Flächen 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, 20.9 %).



Abflusstypen natürliche Flächen (37.8 %)	
	Abflusstyp 1: rasch und stark beitragend (0.6 %)
	Abflusstyp 2: leicht verzögert beitragend (5.7 %)
	Abflusstyp 3: verzögert beitragend (10.6 %)
	Abflusstyp 4: stark verzögert beitragend (20.9 %)
	Abflusstyp 5: sehr stark verzögert beitragend (0.0 %)

Abflusstypen Siedlungsflächen (62.2 %)	
	Abflusstyp S1: rasch und stark beitragend (9.5 %)
	Abflusstyp S2: leicht verzögert beitragend (37.9 %)
	Abflusstyp S3: verzögert beitragend (14.8 %)



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

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

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.	0.02	0.6
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feuchtfächen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	0.23	5.7
		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 bebauete Siedlungsflächen. Nasse Flächen in ebener Lage.	0.42	10.6
		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.	0.83	20.9
		Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen.		
5	Sehr stark verzögert beitragende Flächen	Tiefensickerung (DP)	Tiefgründige gut durchlässige Böden oder flachgründige, gut durchlässige Böden auf durchlässiger Geologie (Moräne, Schotter).	0.0	0.0
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				1.5	37.8

#### 4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die ausgedehnten überbauten Flächen im EZG (62.2 %) wurden nach ihrer Hochwasserrelevanz gesondert kartiert. Die Beurteilung basiert auf den Erfahrungen der Glatstudie (Naef et al., 2004). Wichtige Kriterien waren dabei die Bebauungsdichte und die Geländeneigung. Die Siedlungsflächen wurden in drei verschiedene Abflusstypen mit unterschiedlicher Abflussreaktion unterteilt (Tab. 4.2), welche ebenfalls als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell Q<sub>AREA</sub> dienen.

Die hochwasserrelevanten Flächen (Abflusstyp 1-3 und Siedlungstyp 1-3) machen 79% des Untersuchungsgebiets aus. Die Abflussreaktion des gesamten Untersuchungsgebiets wird daher als stark - sehr stark beurteilt.

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	0.38	9.5
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	1.51	37.9
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.59	14.8
Total			2.48	62.2

#### 4.6 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2a und 4.2b zeigen die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen und Siedlungsgebiete. Auf der Grundlage von Beregnungsversuchen (Scherrer, 1997) wurden den fünf Abflusstypen der natürlichen Flächen je eine Abflussreaktionskurve zugeordnet. Die Kurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingetragen sind die Spitzen- und die Volumenabflusskoeffizienten. Letztere zeigen, dass von den flächenmässig dominierenden Abflusstypen 3 und 4 der natürlichen Flächen (10.6 % resp. 20.9 % 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 (Naef et al., 2004). Demnach fließen vom Siedlungs-Abflusstyp S1 (9.5 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 85 % ab, bei S2 (37.9 % des EZG) 42 % und S3 (14.8 % des EZG) 20 %.

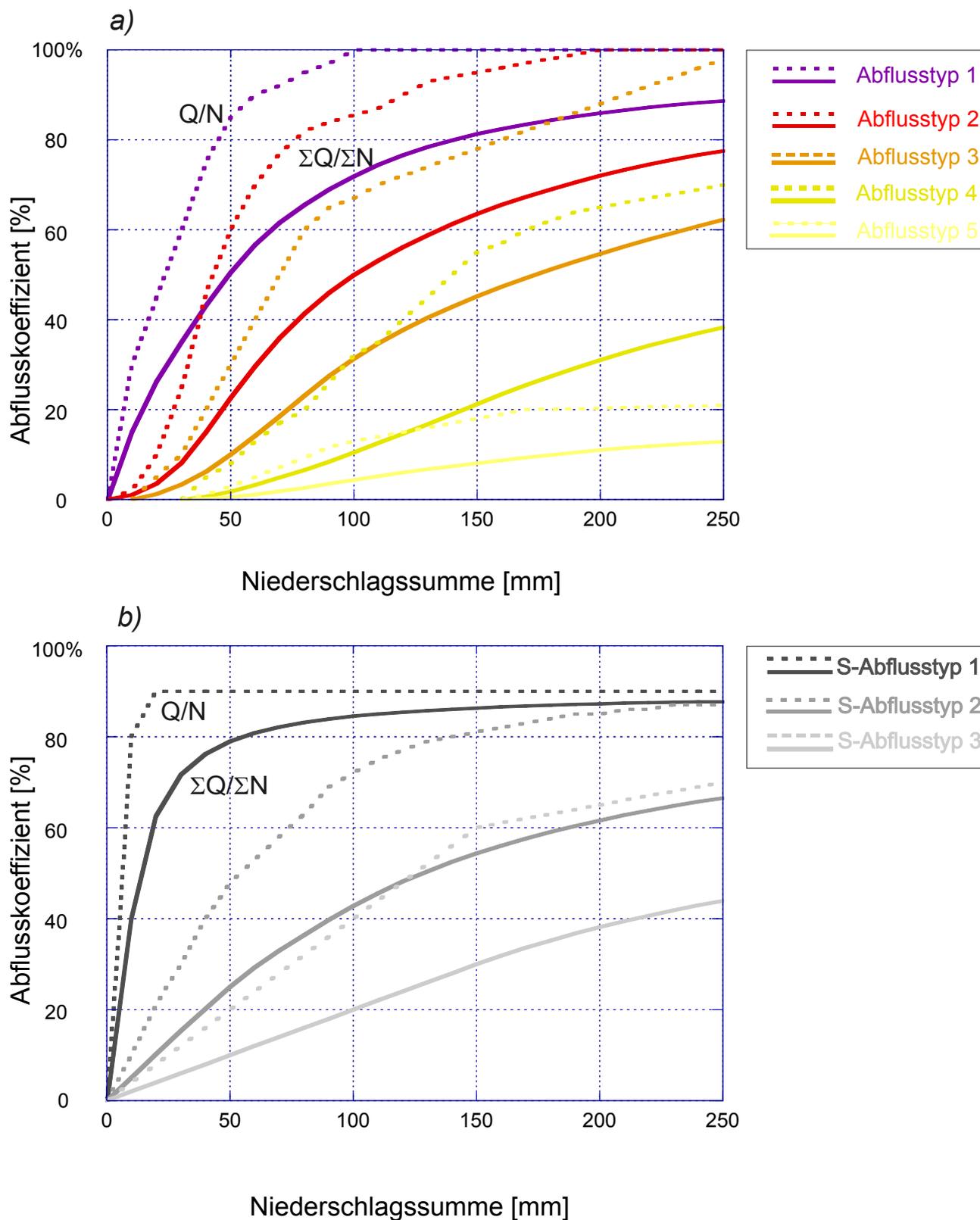


Abb. 4.2: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 4.2a) und für Siedlungsflächen (Abb. 4.2b). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient ( $Q/N$ , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient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

## 5 Abflussberechnungen

### 5.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) Q<sub>AREA</sub> wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft (heute IfU) 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.

### 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 in Horw erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q<sub>AREA</sub>:

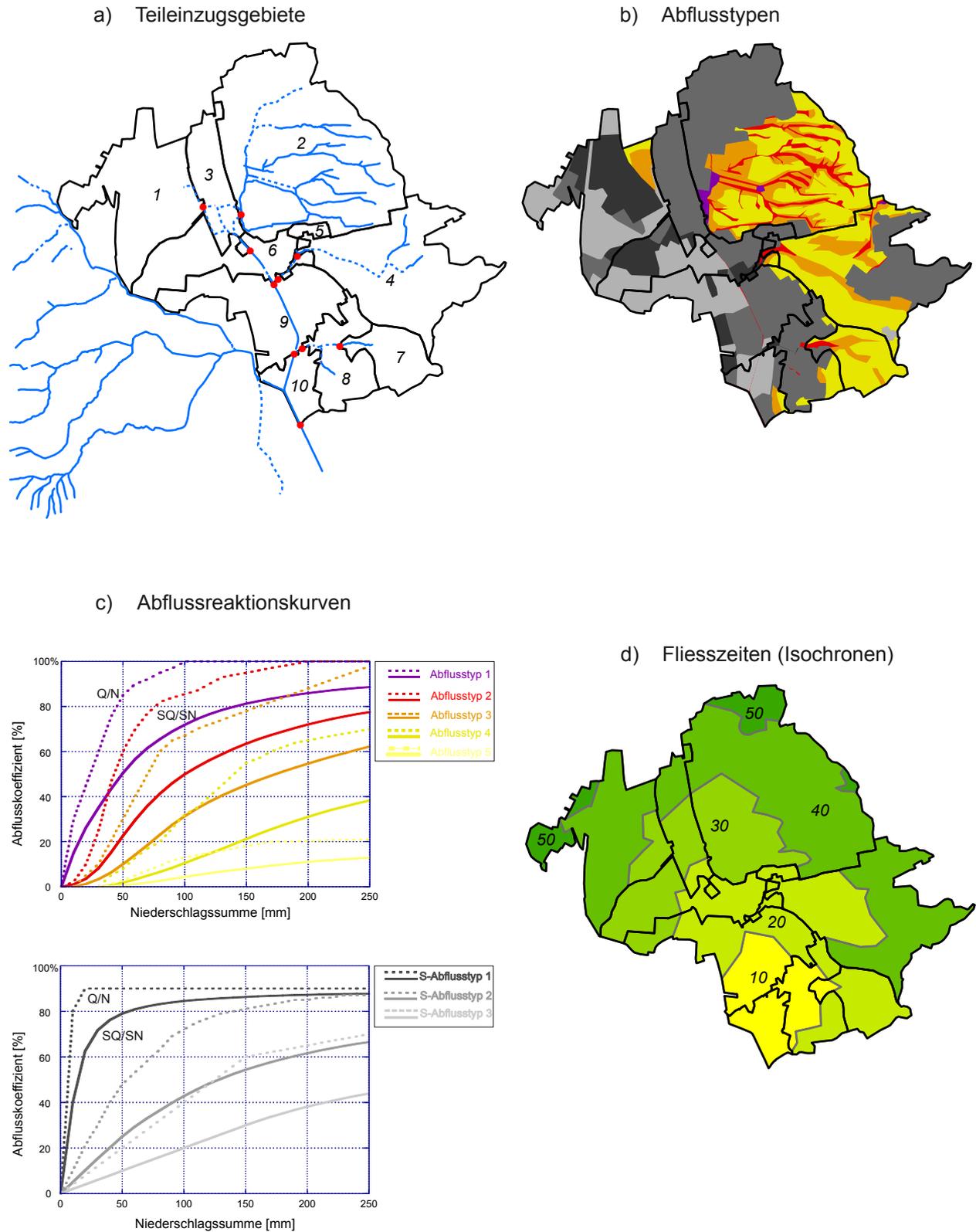
- Das NAM ist aus Teileinzugsgebieten aufgebaut mit Bemessungspunkten (BP, Abb. 5.1a).
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1c, Kap. 4.6).
- 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 5 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

Das 2007 in Betrieb genommene HWRB Allmend (BP 2) wurde im Modell mit einer einstauabhängigen Drosselcharakteristik berücksichtigt, welche seit Inbetriebnahme wiederholt durch Verändern der Schieberstellung verändert wurde. Aufgrund der Angaben von Albert Dillier und Kt. LU (2009) wurden die Drosselcharakteristiken für verschiedene Zeiträume bestimmt (Anhang 6)<sup>2</sup>. Ebenfalls im Modell berücksichtigt wurde der Entlastungskanal Allmend, welcher die Abflüsse des Nidfeldkanals (EZG bei BP 1, Abb. 1.1, Anhänge 8 + 9), die 4 m<sup>3</sup>/s übersteigen, ebenfalls in das HWRB Allmend führen.

Seit dem Bau des Hochwasserentlastungstollens am Steinibach fliessen nur noch Niedrig- und Mittelwasserabflüsse des Steinibachs unter der Bahnlinie durch in den Horwer Dorfbach. Der Schieber ist heute auf einen maximalen Zufluss von 0.5 m<sup>3</sup>/s Richtung Dorfbach eingestellt. Der Einfachheit halber wurde im Modell ein fixer Zufluss von 0.5 m<sup>3</sup>/s angenommen (Anhang 9). Das Modell ist in der Lage, die Wirkung weiterer Hochwasserschutzmassnahmen (z.B. HWRB bei den BP 4 und BP 7) zu simulieren (vgl. Kap. 7).

<sup>2</sup> Im Gegensatz zum ursprünglich geplanten Beckeninhalte von 24'000 m<sup>3</sup> (vgl. Anhang 8) beträgt das Beckenvolumen beim Stauziel (449.10 m ü. M.) ca. 27'000 m<sup>3</sup>. In der Simulation wurde zusätzlich ein Überstau auf 449.40 m ü. M. mit einem Beckenvolumen von ca. 31'875 m<sup>3</sup> berücksichtigt.



**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 Modellverifikation wurden die Hochwasser vom 26. Juni 2009 (Abb. 5.2, Kap. 5.3.1), vom 8. Juni 2012 (Abb. 5.3, Kap. 5.3.2) und vom 12. Juni 2014 (Abb. 5.4, Kap. 5.3.3) nachgerechnet:

#### 5.3.1 Hochwasser vom 26. Juni 2009

Beim Hochwasser vom 26. Juni 2009 liegen Abschätzungen der Abflussspitzen an den BP 3, 9 und 10 vor (Kap. 3.4). Bei diesem Hochwasserereignis waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es war ein lokales Gewitterereignis mit hoher räumlicher Variabilität und Kern über Horw, das mit den Beobachtungen der Bodenstationen nicht genau wiedergegeben werden kann. Daher wurde die räumliche Niederschlagsverteilung wie folgt eingegrenzt:
- Die räumliche Niederschlagsverteilung wurde einerseits aufgrund der umliegenden Niederschlagsstationen mittels Interpolation abgeschätzt (Anhang 3.1) und für den Niederschlagsinput verwendet. Dieses Vorgehen unterschätzt wahrscheinlich den tatsächlich gefallenen Niederschlag und liegt den „minimalen“ Berechnungsergebnissen in Abbildung 5.2 zu Grunde. Andererseits wurde die räumliche Niederschlagsverteilung dem in Horw Rigiblick gemessenen Niederschlag gleichgesetzt und für die „maximalen“ Berechnungsergebnisse in Abbildung 5.2 verwendet.
- Bei beiden Simulationen wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden Station Horw Rigiblick für den Niederschlagsinput verwendet.

In der Simulation des Hochwassers werden die abgeschätzten Abflussspitzen am Dorfbach Horw an allen drei BP erreicht (Abb. 5.2). Das Einstauvolumen des HWRB konnte nicht mit der Simulation verglichen werden, weil der Schieber während des Ereignisses geschlossen wurde.

#### 5.3.2 Hochwasser vom 8. Juni 2012

Beim kleineren Hochwasser vom 8. Juni 2012 liegt nur eine Abschätzung der Abflussspitze beim BP 9 vor (Kap. 3.4). Bei diesem Hochwasserereignis waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es war ein grossräumiges Gewitterereignis mit mehreren Niederschlagsphasen, das von den Messstationen um das EZG gut erfasst wurde. Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden Station Luzern 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 3.2).

Die am Dorfbach (BP 9) beobachtete Abflussspitze konnte vom Modell gut nachvollzogen werden (Abb. 5.3). Das berechnete Einstauvolumen des HWRB Allmend liegt mit 951 m<sup>3</sup> nur wenig über dem beobachteten kleinen Einstauvolumen von ca. 633 m<sup>3</sup>.

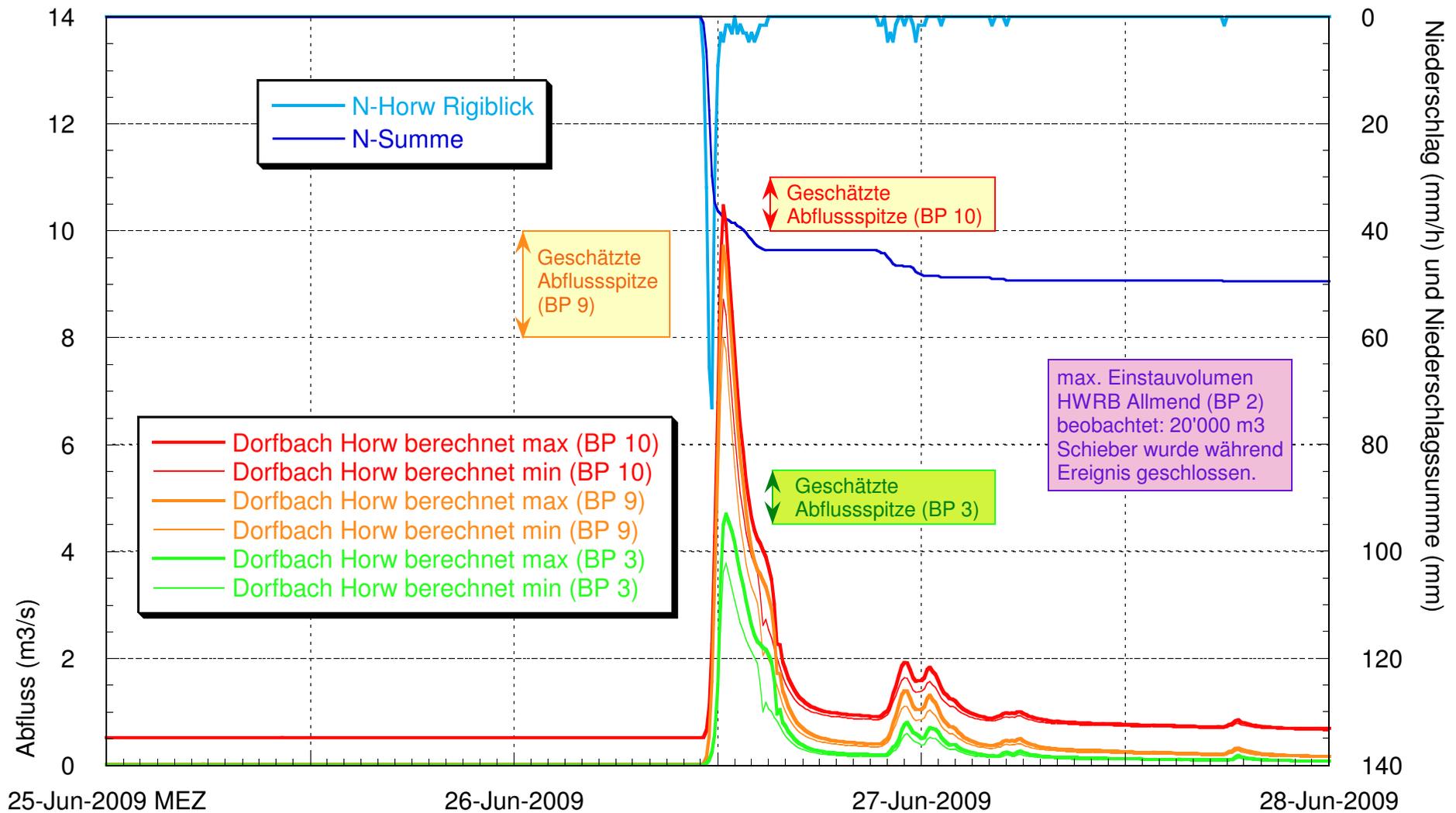


Abb. 5.2: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Dorfbachs Horw am 26. Juni 2009 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Horw Rigiblick gerechnet.

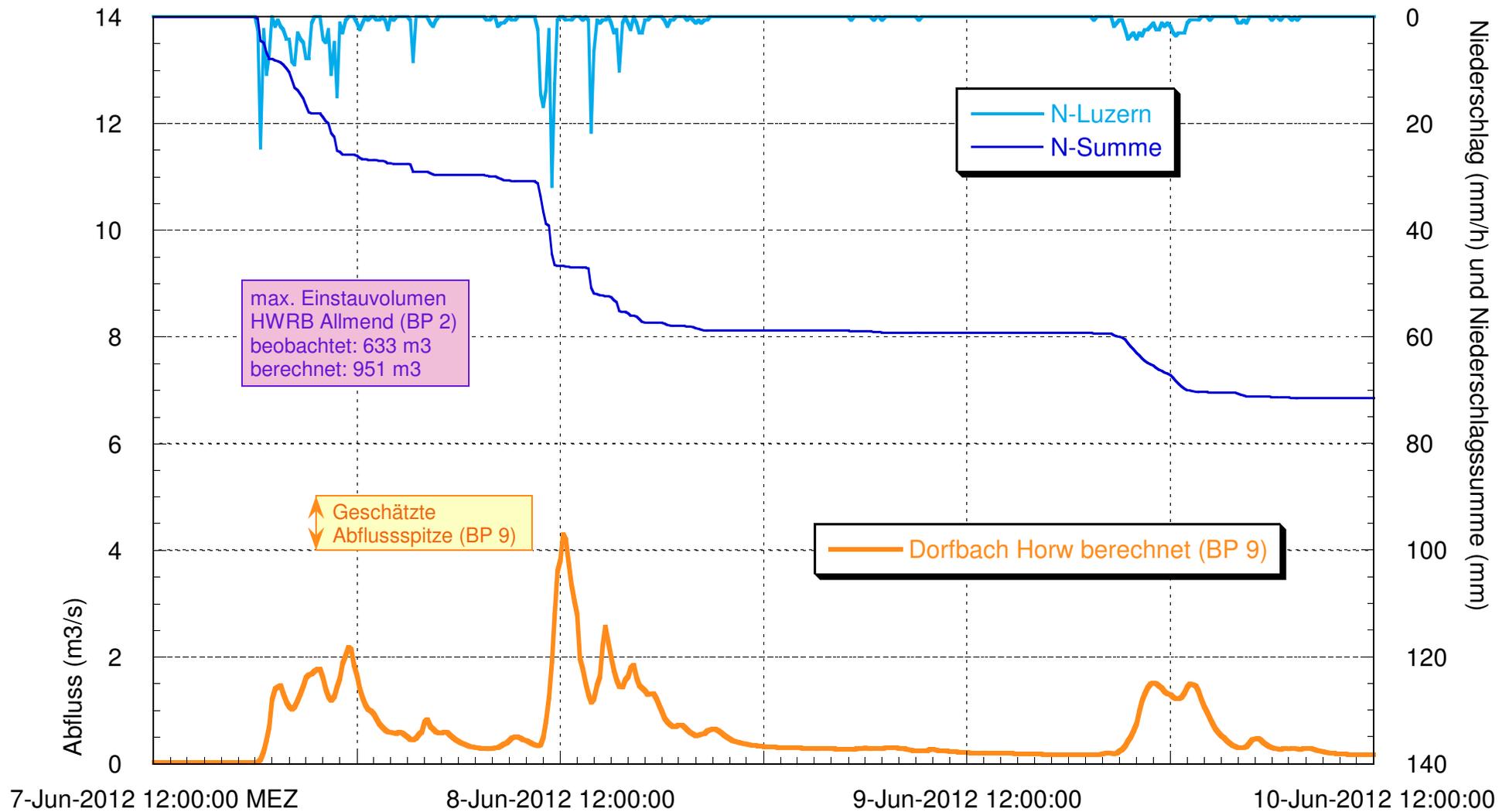


Abb. 5.3: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Dorfbachs Horw am 8. Juni 2012 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Luzern gerechnet.

### 5.3.3 Hochwasser vom 12. Juni 2014

Beim Hochwasser vom 12. Juni 2014 liegt nur eine Abschätzung der Abflussspitze beim BP 6 vor (Kap. 3.4). Bei diesem Hochwasserereignis waren folgende Voraussetzungen für eine Modellierung gegeben:

- Es war ein Gewitterereignis mit Schwerpunkt über Kriens und Luzern, das von den Messstationen um das EZG gut erfasst wurde. Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden Station Horw Rigiblick 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 3.3).

Die am Dorfbach (BP 6) beobachtete Abflussspitze konnte vom Modell gut nachvollzogen werden (Abb. 5.4). Das berechnete Einstauvolumen des HWRB Allmend liegt mit 9'451 m<sup>3</sup> ebenfalls im Bereich des beobachteten Einstauvolumens von ca. 9'000 m<sup>3</sup>. Die Nachrechnungen der drei Hochwasser sind plausibel und das Modell kann daher für die Extrapolation verwendet werden.

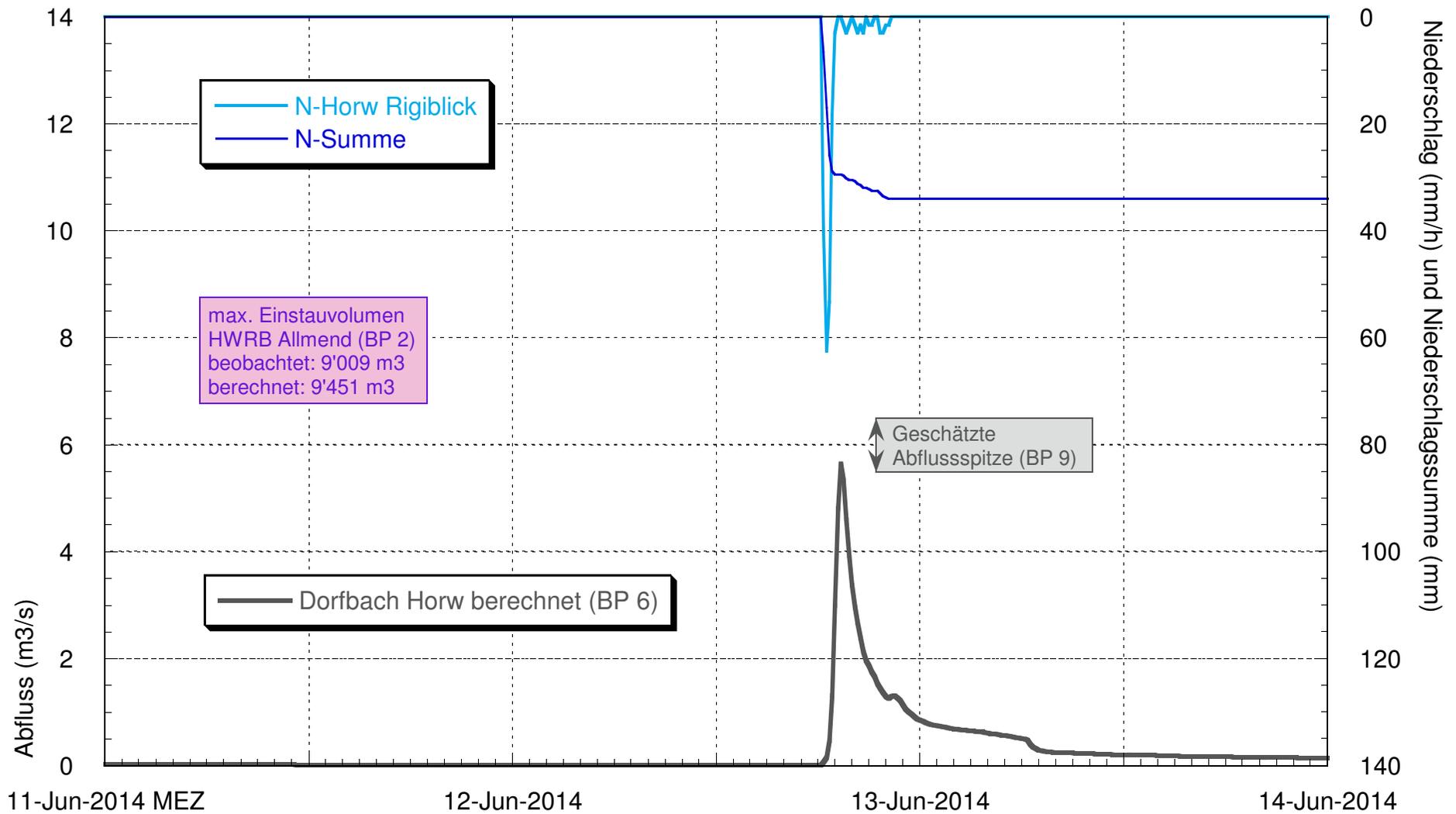


Abb. 5.4: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Dorfbachs Horw am 12. Juni 2014 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Horw Rigiblick gerechnet.

## 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  $4 \text{ km}^2$  klein ist, können auch kurze Starkniederschläge das Gebiet voll überregnen. Daher wurde sowohl bei den langandauernden als auch bei den kurzen Niederschlagszenarien eine gleichmässige räumliche Niederschlagsverteilung angenommen. Damit liegt man bei den Szenarien auf der „sicheren“ Seite.

### 5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Unmittelbar nördlich des EZG des Horwer Dorfbachs liegt die Regenmessstation Luzern der MeteoSchweiz, die seit 1880 betrieben wird. Für Scherrer AG (2015) wurden die Tageswerte (1880 – 2014) und die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Station Luzern der Jahre 1981 bis 2014 ausgewertet. Folgende Ergänzungen zur Auswertung der hochaufgelösten Messreihe von Luzern wurden gemäss Scherrer AG (2015) berücksichtigt:

- Zeller et al. (1978) haben die Pluviographenstreifen von 1959 bis 1977 ausgewertet. Ergänzt wurden die Daten mit der Reihe von 1981 bis 2014, so dass eine 53 jährige Messreihe vorliegt (10 Min., 20 Min., 1 h und 4 h).
- Geiger et al. (1991) erwähnen folgende Extremwerte ausserhalb dieser Periode:
  - 57 mm in 45 Min. am 4.6.1875 und
  - 100 bis 105 mm in 25 Min. am 24.8.1944.
- Arnet (1881) ergänzt folgende Details: „1875, 4. Juni, Nachmittags Gewitter mit Hagel in  $\frac{3}{4}$  Stunden Niederschlag 57 mm.“
- Zeller et al. (1978): „Am 24. August 1944 wurde in 25 Minuten eine Rekordmenge von 100 mm gemessen, die einem über 10000jährigen Ereignis entspricht. (Laut Angaben der MZA vorwiegend Hagel).“
- Die Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1944, einundachtzigster Jahrgang (1945) erwähnen das Ereignis wie folgt: „Sehr bemerkenswert ist ein intensiver lokaler Starkregen, der am 24. August in Luzern niederging. Hier sind nach Feststellungen der Armeeewetterwarte zwischen 2055 h und 2120 h mindestens 105 mm (total 111 mm) gefallen. Von Luzern aus erstreckt sich noch ein Niederschlagsgebiet mit mehr als 30 mm in Gestalt eines Streifens von 10 bis 20 km Breite westsüdwestwärts dem Voralpenrand entlang, bezeichnet durch die Stationen: Entlebuch (57 mm), Marbach (57), Beatenberg (40) bis Zweisimmen (82). Es handelt sich um die Niederschläge von Gewittern, die durch eine leichte westostwärts wandernde Störungslinie ausgelöst wurden. Hier liegt vermutlich ein ähnlicher Fall vor, wie bei dem denkwürdigen Starkregen im Rigigebiet am 9. September 1934.“

Nach Scherrer AG (2015) waren seit 1880 nur die Tagesniederschläge vom 6.6.2002 (112 mm), vom 24.8.1944 (111 mm) und vom 7.8.1978 (107 mm) grösser als 100 mm. Nach Arnet (1881) war der grösste Tagesniederschlag zwischen 1861 und 1880 92 mm. Demzufolge ist sicher, dass der 25 Minuten Niederschlag vom 24.8.1944 mit 100 bis 105 mm der grösste seit 1861, d.h. der vergangenen 153 Jahre ist. Zu bemerken bleibt ferner, dass es sich hiermit um den grössten in der Nordschweiz gemessenen Niederschlag dieser Dauer handelt, in Morges wurde ein ähnlich grosser 30 Min. Niederschlag von 110 mm gemessen (Geiger et al., 1991).

Aufgrund der 1875, 1944 in Luzern und am 7.6.2015 im EZG des Götzentalsbachs (Scherrer AG, 2015) beobachteten Gewitterniederschläge wurden die mit der neuen Statistik ermittelten Niederschläge von 0.5 bis 4 h um den Faktor 1.2, 1.3 und 1.4 erhöht (Scherrer AG, 2015; 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 1880 – 2014, nicht erhöhte Werte).

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

## 5.5 Abflussberechnungen

Die Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2005 und August 2007 in Scherrer AG (2011 und 2015) zeigte, dass in den 1.5 Tagen vor den das Hochwasser auslösenden intensiven Niederschlägen bereits jeweils etwa 70 mm Regen fielen, die das Abflussverhalten des EZG beeinflussten. Deshalb wurden für die Berechnung der langen 12 h-, 24 h- und 48 h-Niederschläge mit einem Vorregen von 70 mm gerechnet<sup>3</sup>.

Anhang 7.1 zeigt die Resultate der Modellrechnungen für den Ist-Zustand. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass Gewitterniederschlägen von 1 bis 2 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen. Die Rückhaltevolumen beim HWRB Allmend (BP 2) werden hingegen beim 12-Stunden-Blockregen erreicht. Die Resultate der Abflussberechnungen decken sich mit den Beobachtungen historischer Hochwasser (vgl. Kap. 3.5). Anhang 7.2 zeigt die Volumenanteile der Siedlungsentwässerung beim BP 10. Auf 62 % der EZG-Fläche erzeugen die Siedlungsflächen je nach Niederschlagsszenario 75 – 90 % der Abflüsse.

<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.

## 6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

### 6.1 Einleitung

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

### 6.2 Dorfbach Horw beim BP 9

Die Erkundung der historischen Hochwasser (Kap. 3) eröffnet einen Beobachtungszeitraum von über 300 Jahren. Eine statistische Einordnung von Hochwassern am Dorfbach Horw ist schwierig, weil das EZG und dessen Reaktionsweise in der Vergangenheit wiederholt durch wasserbauliche Eingriffe, Hochwasserschutzmassnahmen und die Siedlungsentwicklung verändert wurde. Trotzdem ist eine grobe statistische Einordnung des Hochwassers vom 26.6.2009 möglich. Es weist mit einer Abflussspitze von 8 - 10 m<sup>3</sup>/s beim BP 9 eine Wiederkehrperiode von 9 – 25 Jahren auf.

Die Berechnungen mit den Modellregen erweitern die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und sind in Abbildung 6.1 violett dargestellt. Sie ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ<sub>100</sub> liegt beim BP 9 demnach im Bereich von 14 – 16 m<sup>3</sup>/s.

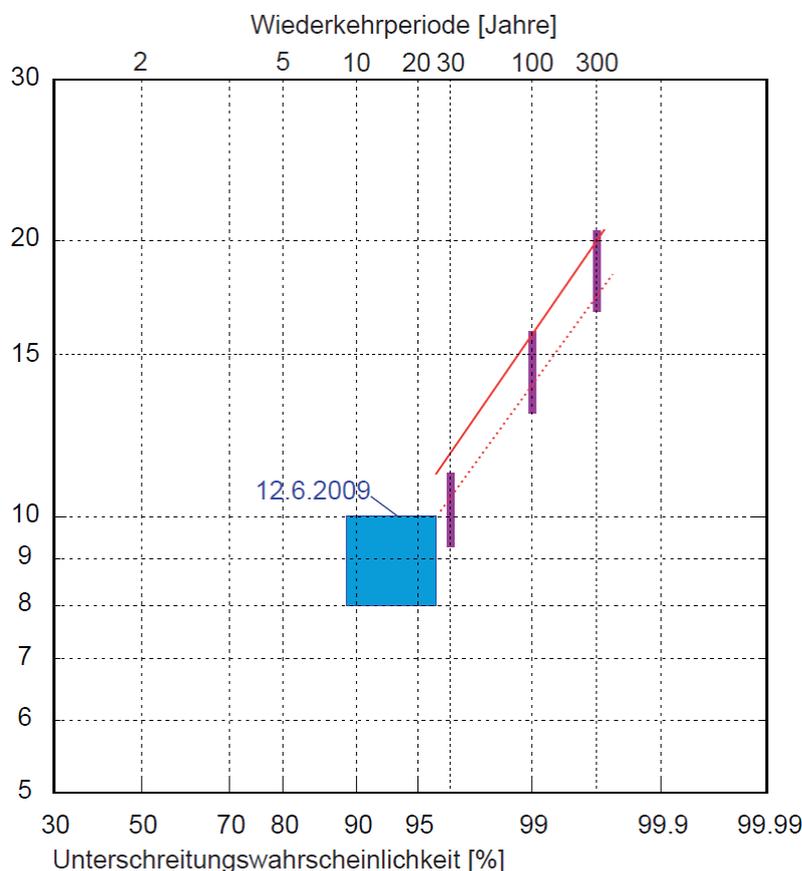


Abb. 6.1:

Frequenzdiagramm des Dorfbachs Horw beim BP 9 (3.9 km<sup>2</sup>). Eingetragen ist das abgeschätzte Hochwasser des Jahres 2009 (blau). Die Resultate der Berechnungen mit Modellregen sind violett dargestellt. Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

### 6.3 Hochwasserabflüsse

Unter Berücksichtigung der Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die übrigen Berechnungspunkte in analoger Weise festgelegt werden (Tabelle 6.1). Während sich die 30-jährlichen Hochwasserabflüsse auch auf die Beobachtung historischer Hochwasser stützen, ist die Festlegung der 100- und 300-jährlichen Hochwasserabflüsse eine Extrapolation, die auf den Modellrechnungen und damit auf der Niederschlagsstatistik von Luzern (Kap. 5.4.2) mit einer Auswerteperiode von 134 Jahren (1880 – 2014) beruht.

Tab. 6.1: Die am Dorfbach Horw und seinen Zuflüssen 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	Nidfeld-/Brändikanal Ringstrasse (0.55 km <sup>2</sup> )	2.9 – 3.2	3.8 – 4.3	4.7 – 5.5
2	HWRB Allmend (1.23 km <sup>2</sup> )	1.5 – 1.6	1.7 – 2	4.6 – 5.4
3	Dorfbach Horw bei Brändistrasse (1.98 km <sup>2</sup> )	5 – 5.5	6 – 7	8 – 9.5
4	Althofbach oberhalb Eindolung (0.67 km <sup>2</sup> )	1.6 – 1.8	2.5 – 2.9	3.5 – 4.1
5	Althofbach vor Mündung in Dorfbach Horw (0.72 km <sup>2</sup> )	1.8 – 2	2.7 – 3.1	3.8 – 4.5
6	Dorfbach Horw nach Zufluss Althofbach (3.01 km <sup>2</sup> )	8 – 9	10.5 – 12	12.5 – 14.5
7	Kirchtobelbach oberhalb Eindolung (0.18 km <sup>2</sup> )	0.2 – 0.2	0.4 – 0.5	0.6 – 0.7
8	Kirchtobelbach vor Mündung in Dorfbach Horw (0.41 km <sup>2</sup> )	1.1 – 1.2	1.6 – 1.9	2.3 – 2.7
9	Dorfbach Horw nach Zufluss Kirchtobelbach (3.86 km <sup>2</sup> )	10.5 – 11.5	14 – 16	17 – 20
10	Dorfbach Horw bei Kantonsstrasse (3.98 km <sup>2</sup> )	11 – 12.5	15 – 17	18 – 21

## 7 Wirkung von Hochwasserschutzmassnahmen

### 7.1 Einleitung

Obwohl in der Vergangenheit verschiedenen Hochwasserschutzmassnahmen realisiert wurden (vgl. Kap. 3.2), gibt es am Dorfbach in Horw und am Althofbach immer noch Hochwasserprobleme. Die Ereignisse der letzten Jahre aber auch ein Vergleich der ermittelten Hochwasserabflüsse (Kap. 6.3) mit den vorhandenen Abflusskapazitäten (Kap. 3.3) belegen diesen Sachverhalt. Die Wirkung weiterer Hochwasserschutzmassnahmen, die in der Vorstudie Schubiger (2013) vorgeschlagen wurden, kann nun mit dem NAM simuliert werden.

### 7.2 Dezentraler Rückhalt im Gewerbegebiet Kriens

Gemäss Schubiger (2013) könnten im Gewerbegebiet Kriens (Nidfeldquartier) bei einem Starkniederschlag mit geeigneten Massnahmen ca. 42'500 m<sup>2</sup> Dachflächen ca. 10 cm hoch eingestaut werden, was einem Rückhaltevolumen von ca. 4'250 m<sup>3</sup> entsprechen würde. Neben dem dezentralen Rückhalt auf Dächern ist auch dezentraler Rückhalt auf Parkplätzen, Gräben oder in Fangkanälen denkbar.

Die Simulation der Auswirkung solcher Massnahmen wurde im NAM mit einer Manipulation der Abflusstypen einer Fläche gemäss den Abbildungen 7.1 und 7.2 vorgenommen. Die veränderte Fläche im Gewerbegebiet Kriens ist 176'945 m<sup>2</sup> gross.

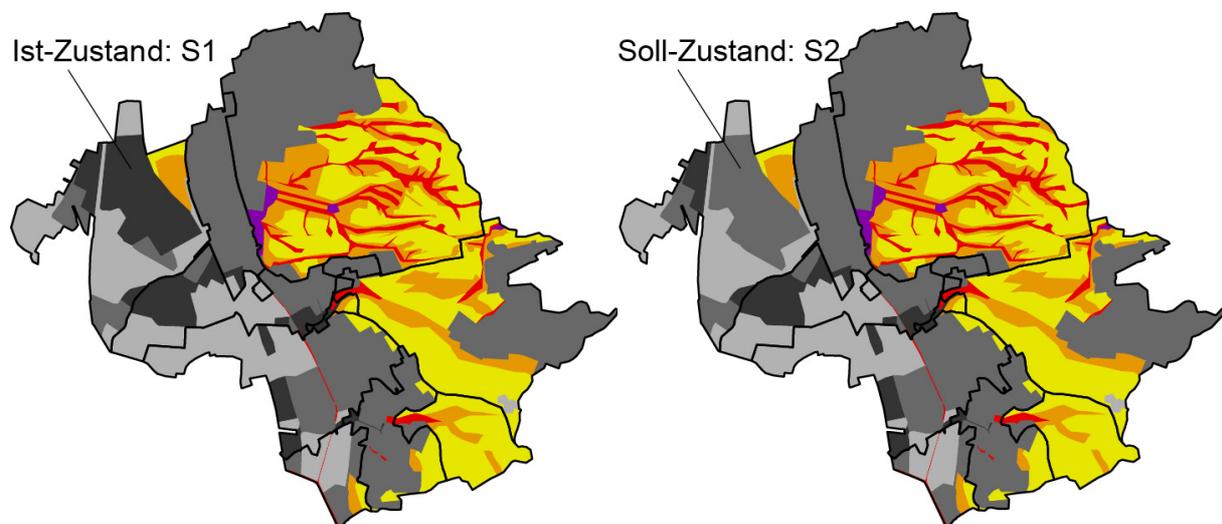


Abb. 7.1: Abflusstypen für den Ist-Zustand.

Abb. 7.2: Abflusstypen für den Soll-Zustand. Verändert wurde nur die angezeigte Fläche.

Tabelle 7.1 zeigt die Auswirkungen im Modell bei verschiedenen Niederschlagssummen. Bei 100 mm Niederschlag werden 7'500 m<sup>3</sup> zurückgehalten, deutlich mehr als im Vorschlag von Schubiger (2013). Anhang 10.1 zeigt die Resultate der Modellrechnungen für diesen Soll-Zustand. Sie können mit dem Ist-Zustand (Anhang 7.1) verglichen werden. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs (bei den BP 3, 6, 9 und 10) nur um ca. 1 m<sup>3</sup>/s gedämpft wird. Die HQ<sub>300</sub>-Werte verändern sich dagegen kaum, weil die Abflüsse aus dem BP 1, die 4 m<sup>3</sup>/s übersteigen, ins HWRB Allmend entlasten (vgl. Kap. 3.2, Anhang 8).

Tab. 7.1: *Simuliertes dezentrales Rückhaltevolumen bei verschiedenen Niederschlagssummen im Gewerbegebiet Kriens.*

Niederschlags-summe [mm]	Abfliessender Niederschlag im Ist-Zustand: Abflusstyp S1 [mm]	Abfliessender Niederschlag im Soll-Zustand: Abflusstyp S2 [mm]	Zurückgehaltener Niederschlag, Differenz S2 zu S1 [mm]	Rückhaltevolumen = Zurückgehaltener Niederschlag x Fläche [m <sup>3</sup> ]
50	40	12.5	27.5	4'866
100	85	42.5	42.5	7'520
150	129	82.5	46.5	8'228
200	174	124	50	8'847

### 7.3 Maximaler Rückhalt beim HWRB Allmend

Anhang 10.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen bei maximalem Rückhalt durch das HWRB Allmend. Im Gegensatz zum Ist-Zustand, bei dem der Schieber auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt ist (entspricht Ausfluss von 2 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau) wird der Schieber in der Simulation auf eine Höhe von nur noch 30 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 0.75 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau entspricht. Durch diese Massnahme wird die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs um ca. 0.66 m<sup>3</sup>/s gedämpft.

### 7.4 Drosselung des Brändikanals auf 1.2 m<sup>3</sup>/s (statt 4 m<sup>3</sup>/s)

Durch den Entlastungskanal Allmend werden die Abflüsse des Nidfeld- resp. Brändikanals (EZG bei BP 1, Abb. 1.1, Anhang 8), die 4 m<sup>3</sup>/s übersteigen, in das HWRB Allmend geführt. Anhang 10.3 zeigt die Simulation, wenn die Abflüsse des Nidfeld- resp. Brändikanals bereits ab einem Abfluss von 1.2 m<sup>3</sup>/s in das HWRB Allmend geführt werden<sup>4</sup>. Damit könnte die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs um ca 2.7 m<sup>3</sup>/s gedämpft werden. Bei einem HQ<sub>300</sub> würde hingegen das HWRB Allmend schneller gefüllt werden und überlaufen; die Abflussspitzen im Dorfbach wären daher sogar grösser als im Ist-Zustand.

### 7.5 HWRB am Althofbach beim BP 4

Schubiger (2013) schlägt ein HWRB am Althofbach beim BP 4 vor. Anhang 10.4 zeigt die Simulation mit einer gesteuerten Drosselung auf 1 m<sup>3</sup>/s. Die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs könnte damit um ca 1.8 m<sup>3</sup>/s gedämpft werden, sofern ein Rückhaltevolumen von mindestens 7'300 m<sup>3</sup> zur Verfügung stehen würde.

### 7.6 HWRB am Kirchtobelbach beim BP 7

Schubiger (2013) schlägt ein HWRB am Kirchtobelbach beim BP 7 vor. Anhang 10.5 zeigt die Simulation mit einer gesteuerten Drosselung auf 0.2 m<sup>3</sup>/s. Die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs könnte damit um ca 0.2 m<sup>3</sup>/s gedämpft werden, sofern ein Rückhaltevolumen von mindestens 1'600 m<sup>3</sup> zur Verfügung stehen würde.

<sup>4</sup> In der Simulation wird angenommen, dass mit zunehmender Füllung des HWRB Allmend kein Rückstau im Entlastungskanal Allmend entsteht.

### 7.7 Kombination Drosselung Brändikanal und HWRB am Althofbach

Von den in den Kapiteln 7.2 bis 7.6 betrachteten Hochwasserschutzmassnahmen ergeben einzig die Drosselung des Brändikanals auf 1.2 m<sup>3</sup>/s (Kap. 7.4) und das HWRB am Althofbach beim BP 4 (Kap. 7.5) eine wesentliche Dämpfung der HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs. Die Simulation der Kombination beider Massnahmen im Anhang 10.6 ergibt eine Dämpfung der HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs von ca. 4 m<sup>3</sup>/s. Bei einem HQ<sub>300</sub> wären die Abflussspitzen beim BP 3 und BP 6 sogar grösser als im Ist-Zustand, weil das HWRB Allmend schneller gefüllt würde.

### 7.8 Schlussfolgerungen

Die in den obigen Kapiteln betrachteten Hochwasserschutzmassnahmen beruhen alle auf dem Prinzip des Hochwasserrückhalts. Die Kombination der beiden vielversprechendsten Massnahmen im Kap. 7.7 ergibt eine Dämpfung der HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs von ca. 4 m<sup>3</sup>/s. Dies reicht nicht, um die Hochwasserprobleme am Dorfbach zu lösen.

Zum Beispiel wird die Schulhausstrasse durch Rückstau des einmündenden Entlastungskanals aus der Siedlungsentwässerung bereits bei Abflüssen von ca. 6 m<sup>3</sup>/s unter Wasser gesetzt (vgl. Kap. 3.3). Dieses Rückstauproblem ist nicht das einzige am Dorfbach. Mit einem Gerinneausbau (Verbreiterung der Mittelwassersohle) könnten die Hochwasserspiegel herabgesetzt und die Abflusskapazität erhöht werden.

Scherrer AG  
Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. S. Scherrer

R. Frauchiger

Reinach, November 2016

Sachbearbeiter:

Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Sven Decker, M. Sc. Hydrologie Uni Freiburg i. Brg., Scherrer AG

## **8 Anhang**

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilungen
- Anhang 4: Untersuchte Bodenprofile
- Anhang 5: Modellaufbau
- Anhang 6: Drosselcharakteristiken HWRB Allmend
- Anhang 7: Resultate Modellrechnungen Ist-Zustand
- Anhang 8: Übersichtsplan Nidfeld- und Brändikanal
- Anhang 9: Übersicht Bachentwässerung Horw
- Anhang 10: Resultate Modellrechnungen Hochwasserschutzmassnahmen

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1693	?	1693 und 1736 wurden grosse Unwetter gemeldet, welche die Brücke bei der Papiermühle weggerissen haben.	Feuerwehrkommission Horw (1986)
1736	?	1693 und 1736 wurden grosse Unwetter gemeldet, welche die Brücke bei der Papiermühle weggerissen haben.	Feuerwehrkommission Horw (1986)
1846, 24.8.	Dauerregen	Überschwemmungen in der ganzen Nordschweiz verursacht durch Wolkenbrüche und gewaltige Regengüsse. [...] Luzern: Überschwemmungen durch die Reuss, Emme und andere Bäche. Schwerpunkte waren das Entlebuch und die Regionen Willisau, Malters, Luzern, Hochdorf und Sursee.	Röthlisberger (1991)
1852, 17./18.9.	Dauerregen	Dieses Hochwasser gilt als eines der grössten des schweizerischen Mittellandes. Die Überschwemmungsgebiete reichten vom Boden- bis zum Genfersee. Ursache waren 52stündige, ununterbrochene Regenfälle mit Hochgewitter. [...] Luzern: Verwüstungen durch die Wigger, Pfaffern, Rot und Kleine Emme.	Röthlisberger (1991)
1865, 28.7.	?	Überschwemmungen und Erdschlipfe in Horw. Schaden an Kulturen und Strassen.	Lanz-Stauf-fer & Rommel (1936)
1880, 26.8.	Gewitter	Lokale Gewitter über dem östlichen Kantonsteil von Zug [...], der Pilatusgegend und im Thurgau.	Röthlisberger (1991)
1881, 2.9.	Dauerregen	[...] Der zweitägige Regen hat die Bächlein, Bäche und Flüsse stark anschwellt, so dass man von Überschwemmungen hören wird.	Luzerner Tagblatt
		Luzern. Ausserordentlicher Regenfall. Aus den hiesigen Beobachtungen des Regenmeisters und aus den Wetterberichten von Zürich entnehmen wir über die enormen Niederschläge, welche innerhalb einer Woche, vom 27. August bis 2 September, die Schweiz heimgesucht haben, folgende Zahlen: Luzern: Am 27. August 53 mm, am 28 August 39 mm, am 31. August 18 mm, am 1. September 62 mm, am 2. September 30 mm, Summe 202 mm. [...] Die obigen 202 mm Regenhöhe für Luzern machen 1/6 des ganzen mittleren Jahresniederschlages in Luzern aus.	Vaterland, 6.9.1881
1900, 29.7	Gewitter	Gewitter, wolkenbruchartiger Regen, Hagel und grosse Hochwasser über der Gegend von Rothenburg, Kriens, Luzern, Zell-Grossdietwil. Luzern 77 mm Niederschlag.	Meier (1939)
1910, 19.1.	Dauerregen, Schneeschmelze	Überschwemmungen vor allem in der Westschweiz infolge einsetzender Schneeschmelze verbunden mit reichlichen Niederschlägen. [...] In der Innerschweiz wurden die Kantone Uri (u.a. Verklausung der Reuss durch die Bristenlauri mit Durchbruch und Flutwelle), Obwalden und Luzern (Entlebuch, Willisau, Sursee) getroffen.	Röthlisberger (1991)
		Überschwemmungen in vielen Gegenden des Kantons Luzern. Katastrophales Hochwasser in der Westschweiz, 3-tägiger Landregen von 100-200 mm.	Meier (1939)
		Horw. In der Nacht vom Dienstag auf Mittwoch hatten auch wir mit dem Wasser zu kämpfen. Der Horwbach, in Vereinigung mit dem Grützbach, ist bei der Wegscheide Rosenheim über das Ufer getreten und hat die anstossende schöne Matte des Herrn Kaufmann unter Wasser gesetzt. Die Kantonsstrasse von der Waldegg bis zur Sägerei und die anstossenden schönen Matten waren in einen Sumpf verwandelt. Die unteren Häuser an der Krienserstrasse wurden dabei arg mitgenommen. Keller und Parterrewohnung wurden zum Teil unter Wasser gesetzt. Doch glücklicherweise nur für kurze Zeit. Im Dorfe trat der Horwbach wieder über die Ufer, bahnte sich Bahn um das alte Schulhaus und gegen das Requisitenhaus. Auch da hörte man in den tiefen Kellern seltsame Töne, welche von den Fluten herrührten. Im Rank brach der Bach noch zum letzten Male über das Ufer und überschwemmte die Strasse nach Winkel. Wäre nicht die Korrektion des Horwbachs vorausgegangen, wäre die Sache schlimmer geworden.	Luzerner Tagblatt, 25.1.1910

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14./15.6.	Dauerregen	Riesige Unwetterkatastrophe in der Schweiz (mit Ausnahme von Jurazone und Südschweiz). Rapide Schneeschmelze und wolkenbruchartiger Stauregen auf der Alpennordseite durch Zufuhr von feucht-warmen Luftmassen aus Nordeuropa. Verheerende Hochwasser führten: u.a. Kleine Emme. Alle von der Katastrophe verheerten Landesteile boten das gleiche Bild der Verwüstung: Vernichtete Kulturen, eingestürzte Wohnhäuser und Stallungen, zerstörte Dämme, unterbrochene Strassen und Eisenbahnlinien, viele weggeschwemmte Brücken. Am 14. Juni auf dem Pilatus 138 mm Niederschlag.	Meier (1939)
		Auch in Horw hat das Unwetter arg gehaust. In der Nacht vom 14. auf 15. Juni musste ein Teil der Feuerwehr aufgeboden werden. Der Horwbach brachte eine Unmasse Wasser. Der ganze untere Teil des Dorfes war unter Wasser, das seinen Weg in Küchen und Keller und in die schönen Matten oberhalb der Wäscherei National fand. Das Hofmattbächli das im Dorf in einem Kanal fliesst, ergoss sich in die Kantonsstrasse. An der Krienserstrasse stand die ganze Reihe Häuser unter Wasser. Die Strasse musste an mehreren Stellen durchbrochen werden, um das Wasser durchzulassen. [...] Der Horwbach überschwemmt jeweilen die Kantonsstrasse, staut das Grützbächli und die ganze Krienserstrasse steht unter Wasser. Im Rank gegen Winkel ergoss sich der Horwbach wieder über die Ufer, in die Häuser und durch die Strasse gegen Winkel. Infolge des Anwachsens des Sees fand das Wasser keinen Abfluss mehr, der See stieg 40 Zentimeter über die Strasse.	Luzerner Tagblatt, 19.6.1910
		Eine schauerliche Heimsuchung erlitten verschiedene Gegenden der Schweiz durch die Hochwasser vom 15. und 16. Juni. [...] In der Stadt Luzern wurde in der Morgenfrühe vom 15. Juni Alarm gemacht. Die Reuss stieg von Viertelstunde zu Viertelstunde. Um 7 Uhr trat sie beim Theater bereits über die Ufer. Um 10 Uhr hatte sie den Hochwasserstand vom Juni 1877 erreicht. Allein noch immer nahm sie zu. Dis Donnerstag vormittags 11 Uhr stieg das Wasser noch 40 cm. [...]	Katholischer Volksbote, 18.6.1910
1910, 6.9.	?	Grosses Hochwasser in den Gegenden Kriens, Horw u.a.	Meier (1939)
1912, 23./24.6.	Gewitter	Gewitter, wolkenbruchartiger Regen und grosses Hochwasser zwischen Kriens und Luzern (Krienbach), Eigenthal 93 und 33 mm, Luzern 64 und 27 mm	Meier (1939)
		Die Hochwasser vom 15. Mai 1911 und 23. Juni 1912, besonders letzteres, haben mit den am untern Renggbach bestehenden Bauten fast vollständig aufgeräumt, mit Ausnahme der in Mörtelwerk erstellten Objekte.	Spieler (1930)
1917, 9.6.	Gewitter	9.6: Wasser- + Rutschungsschäden in Horw. Schaden: Fr. 8'000 20 Geschädigte.	Lanz-Stauf-fer & Rom-mel (1936)
		10. Juni. Ein schweres Unwetter suchte Luzern, Kriens und Horw heim. Die Offiziere der Feuerwehr waren gerade an der kant. Delegiertenversammlung in Luzern.	Feuerwehr-kommission Horw (1986)
1919, 5.7.	Gewitter	Gewitter, starker Regen, starker Hagel und Hochwasser im Pilatusgebiet bis Luzern u.a.	Meier (1939)
1921, 15.5.	Gewitter	Gewitter, wolkenbruchartiger Regen und Gewaltiges Hochwasser im nördlichen und nordöstlichen Pilatusgebiet: Rümli, Renggbach, Steinibach und Hinterbach, bei Ziegelfabrik und Bahnhof Horw ein See. Eigenthal 109 mm	Meier (1939)
		Am Pfingsttag sind infolge Gewitter-Regen der Steinibach und Hinterbach über die Ufer getreten und haben nie gesehene Verheerungen angerichtet. Die Feuenvehr war zwei Tage aufgeboden zur Sicherung der Bahnlinie und der Kantonsstrasse. Ein Mann ertrank im Hinterbach bei diesem Unwetter.	Feuerwehr-kommission Horw (1986)
		Überschwemmung in Horw durch den Hinter- und Steinibach. Kulturen und Bodenschaden Fr. 13,000. 30 Betroffene.	Lanz-Stauf-fer & Rom-mel (1936)
1927, 2.8.	Gewitter	Unwetterkatastrophe über den mittleren Teil des Kantons Luzern: Gewitter, wolkenbruchartig, katastrophal, schwerer Sturm. [...] Gross war auch der Hochwasserschaden; die Niederschlagsmenge wird 50-80 mm innert ½-1h betragen haben. [Die Gemeinden Kriens oder Horw werden nicht explizit erwähnt.]	Meier (1939)
1935, 25.5.	Gewitter	Heftiges Gewitter, wolkenbruchartig, starker Hagel: Grosses Hochwasser südöstlich von Kriens (Himmelrich)	Meier (1939)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1937, 6.7.	Gewitter	Heftiges Gewitter, wolkenbruchartig: Grosses Hochwasser und grössere Erdrutschungen im nordöstlichen Pilatusgebiet; Gemeinde Kriens, Horw, Hergiswil, Alpnach; namentlich durch Schlossbach, Schlundbach, Hinterbach, Steinibach. Niederschlag (Pilatus): 50 mm, im Wolkenbruchgebiet wahrscheinlich 60-80 mm.	Meier (1939)
1953, 30.6.	Dauerregen	Wolkenbruchartige Regenfälle führten in der Nordost- und Zentralschweiz zu bedeutenden Wasserschäden. Die Hochwasserstände erreichten teilweise diejenigen vom Juni 1910. [...] Ein weiterer Gewitterherd wütete über der Pilatusregion und der Stadt Luzern.	Röthlisberger (1991)
		26.7.1972: Ausbruch des Würzenbach, Althoftobelbach, Hofmattobelbach, Bodentobelbach. Anmerkung: Im Gebiet (betroffene Orte: Luzern, Horw, Meggen (LU) und Merlischachen (SZ) Bachausbrüche (wahrscheinlich u.a.): Würzenbach, Althoftobelbach, Hofmattobelbach, Bodentobelbach. Überflutung von Kellern, Gärten, Strassen und Erdschlipfe. Ursache (Meteo): in der Station Luzern wurden 74 mm Niederschlag gemessen, davon ca. 70 mm innerhalb von ca. 2 h (Pluviograph versagte). Früheres Ereignis: im Jahre 1953 ähnliche Überschwemmungen in Horw.	WSL (2015)
		Schweres Unwetter. Speziell die Liegenschaft Hofrüti wurde in Mitleidenschaft gezogen. Viele Häuser wurden bis zum Keller unter Wasser gesetzt (u.a. Blindenheim und im Seegebiet). Die Ernstfall-Entschädigung betrug Fr. 836.50 = 374½ Stunden.	Feuerwehrkommission Horw (1986)
		Doch nicht selten, nämlich bei jedem grösseren sommerlichen Unwetter, brachten die von Pilatus und Halbinsel hinunterdonnernden Bäche Verheerung ins Dorf. Sie stauten sich an Brücken, stiegen über die Ufer. Bis in die Achtzigerjahre kam es immer wieder zu schlimmsten Überschwemmungen. 1953 etwa - als die Wassermassen besonders heftig wüteten - strömte das Wasser die Strassen der Halbinsel hinab und überflutete die Kantonsstrasse und zahllose Keller. Erdschlipfe setzten den Landwirtschaftsbetrieb Hofrüti und die Kastanienbaumstrasse einen Meter hoch unter Schlamm.	Horw (1999)
		Seit dem Bestehen dieses Hauses [Kastanienbaumstrasse 5] (Baujahr 1935) wurden drei Überschwemmungen registriert (1952 [wahrscheinlich 1953 gemeint], 1972, 1993), die jedoch nicht das Ausmass des letztjährigen Ereignisses einnahmen. [...] Die Rückhaltebecken auf der Allmend waren beim Unwetter vom 26.06.2009 fast voll und haben hiermit grosse weitere Schäden verhindert.	Bacchetta-Bischofberger (2010)
1970, Juni	?	Verschiedene Wassereinsätze bei Überschwemmungen im Monat Juni (Hotel Sternen, Gärtnerei Burri, Seeboden, Weihermatt, Biregg, Allmendschulhaus, Ausserrank, Winkel).	Feuerwehrkommission Horw (1986)
1971, 26.7.	Gewitter	Grosses Unwetter über Horw (Überschwemmungen mit Hochwassereinsätzen der Feuerwehr).	Feuerwehrkommission Horw (1986)
1972, 26.7.	Gewitter	Ausbruch des Würzenbach, Althoftobelbach, Hofmattobelbach, Bodentobelbach. Anmerkung: Im Gebiet (betroffene Orte: Luzern, Horw, Meggen (LU) und Merlischachen (SZ) Bachausbrüche (wahrscheinlich u.a.): Würzenbach, Althoftobelbach, Hofmattobelbach, Bodentobelbach. Überflutung von Kellern, Gärten, Strassen und Erdschlipfe. Ursache (Meteo): in der Station Luzern wurden 74 mm Niederschlag gemessen, davon ca. 70 mm innerhalb von ca. 2 h (Pluviograph versagte). Früheres Ereignis: im Jahre 1953 ähnliche Überschwemmungen in Horw.	WSL (2015)
		26./27. Juli. Grosses Unwetter über Horw (Überschwemmungen mit Hochwassereinsätzen der Feuerwehr im Dorf, Kastanienbaum und St. Niklausen).	Feuerwehrkommission Horw (1986)
		Das Hochwasser vom 26.7.1972 war am Dorfbach Horw schlimmer als das Hochwasser vom 26.6.2009. Damals existierten die Entlastung Steinibach und das HWRB Allmend aber noch nicht. Damals ufernten der Althofbach (Kastanienbaumstrasse überschwemmt), der Hofmattbach (Friedhof überschwemmt) und der Dorfbach Horw (Bach- und Schulhausstrasse überschwemmt) aus.	Urs Strebel
		Seit dem Bestehen dieses Hauses [Kastanienbaumstrasse 5] (Baujahr 1935) wurden drei Überschwemmungen registriert (1952 [wahrscheinlich 1953 gemeint], 1972, 1993), die jedoch nicht das Ausmass des letztjährigen Ereignisses einnahmen. [...] Die Rückhaltebecken auf der Allmend waren beim Unwetter vom 26.06.2009 fast voll und haben hiermit grosse weitere Schäden verhindert.	Bacchetta-Bischofberger (2010)
		Eine Fotodokumentation zeigt grosse Überschwemmungen auf der Schulhaus-, Kastanienbaum-, Kantons- und Ringstrasse und bestätigt die Aussage von Urs Strebel.	Horw (1972)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1974, 23.6.	Dauerregen	Kriens: in Horw und Kriens (beide separat aufgenommen) Feuerwehreinsätze (Überschwemmungen).	WSL (2015)
		Leichtes (<0.2 Mio CHF) Hochwasser in Horw, Kriens, Luzern.	Gees (1997)
		Hochwassereinsätze der Feuerwehr (grosse Überschwemmungen).	Feuerwehrkommission Horw (1986)
		Nachdem sich am letzten Sonntag, den 23. Juni 1974, wiederum ein Gewitter im Pilatusgebiet entladen hatte, trat der Schlossbach erneut über die Ufer. Wiederum wurde der ganze Hofraum unserer Liegenschaft bis zu 40 cm unter Wasser gesetzt.	K. Lustenberger, 28.6.1974
1975, 23.8.	Dauerregen	Hochwassereinsätze entlang Dorfbach	Feuerwehr Horw
		Hochwassereinsätze der Feuerwehr (grosse Überschwemmungen).	Feuerwehrkommission Horw (1986)
1975, 29.8.	Dauerregen	Hochwassereinsätze entlang Dorfbach	Feuerwehr Horw
1977, 14.7.	Gewitter	Horw: überschwemmte Keller und Strassen; Kanalisationen verstopft. In Kriens oder Horw Erdrutsch. Anmerkung: im Gebiet von 16:30 bis 16:45 Uhr heftiges Gewitter ohne Blitze und mit viel Regen.	WSL (2015)
		Leichtes (<0.2 Mio CHF) Hochwasser in Luzern, Kriens, Horw.	Gees (1997)
1978, 7.8.	Dauerregen	Horw-Dorfbach: Ausbruch des Krienser Schlossbaches (Schlimmbach oder Schliembach) und des Dorfbaches (beide Bäche separat aufgenommen). Anmerkung: im Gebiet Bachausbrüche (Keller und Strassen überschwemmt).	WSL (2015)
		Hochwassereinsätze beim Seefeldgebiet und Wegmattstr.	Feuerwehr Horw
1982, 15.8.	Gewitter	Horw: In Horw überschwemmte Keller.	WSL (2015)
1986, 23./24.5	Gewitter	Unwetter Bachüberflutung, Einsatz Einstellhalle Gemeindehaus + Riedmattstr.	Feuerwehr Horw

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1988, 16.6.	Gewitter	Region Horw: Allgemeine Überschwemmungen, u. a. Oelunfall. Stadt Luzern: Zahlreiche Strassen (sowie Bahnhof, dieser ist separat aufgenommen) unter Wasser; Verkehrschaos; insgesamt 720 Notrufe, 500 Keller überschwemmt. Insbesondere das linke Reuss- bzw. Seeufer betroffen; überforderte Kanalisationen usw. Anmerkung: Unwetter mit Schwerpunkt Willisau (Luzerner Hinterland) und Stadt Luzern. 1 Toter und enormer Sachschaden, zahlreiche Bahn- und Strassenunterbrüche; total 2500 Feuerwehrleute im Einsatz.	WSL (2015)
		Auch Horw und Kriens von Unwetter betroffen. Bei den verheerenden Unwettern vom 16. Juni, die einen relativ schmalen Geländestreifen zwischen Zell und Horw schwer in Mitleidenschaft gezogen haben, sind an rund 4000 Gebäuden Schäden im Gesamtausmass von rund 10 Millionen Franken entstanden. Dies erklärte Schultheiss Heinrich Zemp diese Woche im Grossen Rat bei der Beantwortung einer Dringlichen Interpellation. Regierungsrat Zemp erklärte, dass im Falle der Gebäudeschäden keine Härtefälle entstehen dürften. Die Deckung der Schadenssumme von rund 10 Millionen Franken durch die kantonale Gebäudeversicherung sei einwandfrei gesichert. Die 4000 neuen Fälle könnten auch auf unbürokratische Art und Weise erledigt werden. Härtefälle könnten nach Ansicht von Zemp allerdings bei den Mobiliar- und Kulturschäden auftreten. Wie von seiten der kantonalen Gebäudeversicherungsanstalt zu erfahren war, wurden die Gebiete von Willisau, Nottwil, Neuenkirch, Rothenburg, Kriens, Horw und Luzern am schwersten vom Unwetter heimgesucht. - Unser Bild zeigt das vom Hochwasser überflutete Brunnmattquartier in der Gemeinde Horw.	Zeitungs- ausschnitt unbekannt
		Die Horwer Feuerwehr wurde zur Wasserwehr. Der denkwürdige Donnerstag, 16. Juni, hat ein gewaltiger Gewitterregen ungeheure Mengen Wasser gebracht. Hagel gab es vor allem über Schwendelberg und Ennethorw, die Bäche schwellen an und brachten eine Wassernot von kaum je so grossem Ausmass. [...] Kommandant Hauptmann René Menzi berichtet: „Am Donnerstag, um 17 Uhr erfolgten die ersten Schadenmeldungen. Im ganzen sind 52 Schadenmeldungen eingegangen. Die Feuerwehr Horw war ab Donnerstag bis Freitag, 05.30 Uhr, bei 34 Einsätzen tätig gewesen. Und am Freitag, 06.30 Uhr, gab der Kommandant wieder Alarm. Der Einsatz dauerte bis zum Abend um 17.30 Uhr. Nochmals 18 Einsätze waren zu leisten von der Feuerwehr.	Zeitungs- ausschnitt unbekannt
		Unwetter-Einsatz (Total 46 Objekte), vorwiegend entlang Dorfbach.	Feuerwehr Horw
		Foto zeigt vom Dorfbach überschwemmte Ringstrasse in Horw.	Horw (1999)
1989, 27.8.	Dauerregen	Einsatz im Rankried	Feuerwehr Horw
1990, 14.5.	Gewitter	Bachüberflutung Hochwasser in der Einstellhalle Gemeindehaus.	Feuerwehr Horw
1990, 24./25.5.	Gewitter	Horw: Hochwasser des Dorfbaches, einige Keller überschwemmt.	WSL (2015)
		Versch. Einsätze entlang Dorfbach.	Feuerwehr Horw
1992, 21.7.	Gewitter	Horw: Überschwemmte Keller und Strassen, Ausbruch Dorfbach.	WSL (2015)
1992, 21.8.	Gewitter	Horw: Überschwemmungen und Rutschungen. Anmerkung: Hagelfront längs der Linie Romoos-Wolhusen-Malters-Luzern-Inwil-Adligenswil.	WSL (2015)
1993, 23.6.	Gewitter	Horw: weite Teile des Vorortes Horw überschwemmt, beträchtliche Gebäude- und Wasserschäden, Ausbrüche Dorf- und Steinibach. Anmerkung: Generell im Grossraum Luzern vermochten Kanalisationen Wasser nicht mehr zu schlucken, Schachtdeckel wurden abgehoben; Strassen verwandelten sich in Sturzbäche, schwere Verkehrsbehinderungen, Dauereinsätze von Feuerwehren. Kriens: Überschwemmungen, 50 Schadenmeldungen von Wassereinbrüchen, Ausbrüche des Krienbach.	WSL (2015)
		Seit dem Bestehen dieses Hauses [Kastanienbaumstrasse 5] (Baujahr 1935) wurden drei Überschwemmungen registriert (1952 [wahrscheinlich 1953 gemeint], 1972, 1993), die jedoch nicht das Ausmass des letztjährigen Ereignisses einnahmen. [...] Die Rückhaltebecken auf der Allmend waren beim Unwetter vom 26.06.2009 fast voll und haben hiermit grosse weitere Schäden verhindert.	Bacchetta- Bischofber- ger (2010)
		Am Mittwochabend verursachten starke Niederschläge zahlreiche Überschwemmungen. In Horw wurden unter anderem die Tiefgarage beim Gemeindehaus sowie verschiedene private Keller und Garagen überschwemmt. Daneben überflutete das Wasser mehrere Strassen, unter anderen auch die Kantonsstrasse (unser Bild). In Kriens waren zudem die Schulhäuser Obernau, Roggern und Amlehn vom Unwetter betroffen. In Horw wie auch in Kriens hatte die Feuerwehren alle Hände voll zu tun. [6 Unwetterbilder von Horw.]	Volksbote, 25.7.1993

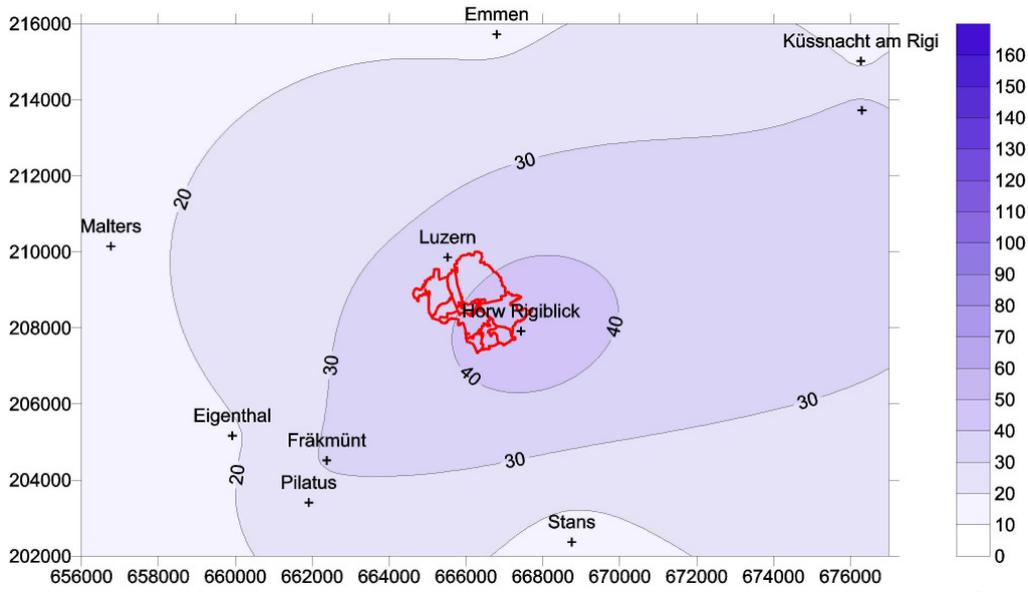
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1993, 5.7.	Gewitter	Horw, Kriens: Überschwemmungen, überschwemmte Keller.	WSL (2015)
1994, 2.6.	Gewitter	Horw, Luzern: Überschwemmte Keller, Strassen, etc.	WSL (2015)
1997, 11.6.	Gewitter	Gemeinde Horw: Der A2 - Anschluss der Gemeinde Horw wurde durch einen Bach überschwemmt. Allgemeine Lage: Heftige Sommergewitter mit Blitz, Donner und prasselnden Regengüssen führten zu Überschwemmungen und Verkehrsbehinderungen in den Kantonen Luzern, Obwalden und Bern. Ursache: Gewitter zogen in mehreren Schüben und stets auf den gleichen Bahnen von den klassischen Gewitterregionen Napf und Berner Oberland in Richtung Zentralschweiz. Dabei wurden folgende Niederschlagsmengen gemessen: Pilatus: 64 mm in 12 Stunden, Marbach: 106 mm in ? Stunden. Schäden: Es gab vor allem überschwemmte Keller und Kulturland, unterbrochene Verkehrswege sowie Hagelschäden. Zudem mussten zahlreiche Kiessammler und Wildbachläufe ausgebaggert werden. Der Zivilschutz kam auch zum Einsatz.	WSL (2015)
1998, 21./22.7.	Gewitter	Ein 20-Minuten-Hagelgewitter verursachte in Luzern und Agglomeration Millionenschäden. Es wurde eine bis zu 40 cm hohe Hagelschicht gemessen. Hagelkörner so gross wie Zwetschgen und Holz verstopften Einlaufschächte und Abläufe. Dies führte zu zahlreichen Überflutungen so z.B.: Autobahn A2, Strassen, Keller, Wohnungen, Büros, Restaurants und Unterführungen. Die Feuerwehr von Horw musste einige Einsätze leisten (inkl. Hagel).	WSL (2015)
		Die Gewitterfront erreichte die Region Luzern kurz nach 16.00 Uhr. Gemessen wurden Windgeschwindigkeiten von über 100 km/h. Innert 20 Minuten fielen die Temperaturen um 12 Grad. Erfasst wurden die Stadt Luzern und der Agglomerationsgürtel mit den Gemeinden Malters, Schwarzenberg, Horw, Kriens, Emmen Rothenburg, Adligenswil und Meggen. Keller wurden überflutet, Bäume gefällt (...).	Willisauer Bote, 23.7.1998
1999, 22.5.	Dauerregen	Dorfbach Horw: Die Überschwemmung des Dorfbaches steht im engen Zusammenhang mit dem ausserordentlich hohen Seestand. Des Weiteren kam es zu einer statischen Überschwemmung der Uferzone durch Hochwasser. Es entstehen praktisch keine Schäden.	Schubiger AG (2013)
2000, 7.7.	Gewitter	Wegen eines heftigen Gewitters flossen aus dem Hinterbach rund 1000 m <sup>3</sup> Wasser in den neuen Autobahntunnel Spier in Horw: Der Geschiebesammler des Hinterbachs wurde mit angeschwemmten Holz und Geröll gefüllt und der Bachdurchlass verstopft. Der Bach trat über das Ufer und gelangte über die Seeblickstrasse auf die Autobahn. Via Fahrbahn floss das Wasser in den tiefer gelegenen Tunnel. [...]	WSL (2015)
2001, 20.8.	Gewitter	Am späteren Nachmittag zog über Kriens und Horw wieder einmal ein Pilatusgewitter hinweg, das grosse Niederschlagsmengen brachte. In Horw gingen bei der Feuerwehr 16 Meldungen ein. 42 Personen waren im Einsatz um Keller, Garagen und Liftschächte auszupumpen. Weiter waren die Kastanienbaumstrasse und die Kantonsstrasse zeitweise überschwemmt. Die Krienser Feuerwehr erhielt 15 Meldungen. Keller wurden überschwemmt, besonders in Mitleidenschaft gezogen wurde die Tiefgarage des Media-Marktes. Ein Grossteil der Garage stand unter Wasser. Dieses sei durch die Schächte der Meteorwasserleitung in die Halle gedungen, weil die Hauptleitung das Wasser nicht mehr schlucken konnte.	WSL (2015)
2002, 3.5.	Gewitter	Im Spiertunnel auf der Autobahn A2 kam es im Horwer Schlund zu einem Wassereinbruch. Der Verkehr Richtung Süden konnte über längere Zeit nur einspurig auf dem Pannestreifen geführt werden. Ausserdem entstanden in der Gemeinde zahlreiche Gebäudeschäden. Im Kanton Luzern ereigneten sich mehrere Erdbeben.	WSL (2015)
2006, 29.5.	Dauerregen	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Riedmatt / Stutzrain / Blindenheim / Langensandweg	Feuerwehr Horw
2007, 19.7.	Gewitter	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Ganzes Gemeindegebiet (leider ohne genauen Verifizierung)	Feuerwehr Horw
2007, 8.8.	Dauerregen	Anhaltender Regen hat in der Schweiz Flüsse über die Ufer treten lassen, Keller geflutet und Strassen überschwemmt. [...] Die Gebäudeversicherung [des Kanton Luzerns] 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. Die Feuerwehr hatte am 8.8.07 diverse Einsätze im Gemeindegebiet [von Kriens] und musste am nächsten Tag noch einen Keller an der Himmelrichstr. auspumpen. Kabelstörungen / diverse Unterbrüche (Festnetz/Mobilfunk) der Swisscom als Folge des Hochwassers oder Hangrutschens gab es u.a. in Kriens.	WSL (2015)
		Fotos von Albert Dillier zeigen Spuren eines kleinen Hochwassers ohne Ausuferungen /Kapazitätsprobleme am Dorfbach Horw.	Albert Dillier
		Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Ganzes Gemeindegebiet (leider ohne genauen Verifizierung)	Feuerwehr Horw

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2008, 3.7.	Gewitter	Am Donnerstag, 3. Juli 2008, ging am frühen Abend ein Platzregen im Raum Horw nieder. Obwohl nur von kurzer Dauer, kam es in Folge zu überschwemmten Kellern entlang des Horwer Dorfbaches. Bei etlichen Objekten gelangte die Feuerwehr zum Einsatz.	Gemeinde Horw, 2.10.2008
		Fotos von Albert Dillier zeigen Spuren eines kleinen Hochwassers ohne Ausuferungen /Kapazitätsprobleme am Dorfbach Horw.	Albert Dillier
		Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Ganzes Gemeindegebiet (leider ohne genauen Verifizierung)	Feuerwehr Horw
2009, 26.6.	Gewitter	Im Kanton Luzern kam es am Mittag zu heftigen Regenfällen. Bei der Horwer Feuerwehr gingen 76 Meldungen ein, woraufhin 65 Männer im Einsatz standen. Keller, Tiefgaragen, Einstellhallen und Liftschächte waren in der Gemeinde überflutet. In einem Haus standen zwei ganze Kellerstockwerke unter Wasser. An einem anderen Ort mussten 800 l Öl abgesaugt werden, da ein hydraulisch funktionierender Liftschacht überflutet war. Die Ringstrasse im Zentrum war zeitweise nur einseitig befahrbar. Auch beim Kreisel Mattenhof zwischen Kriens und Horw gab es viel Wasser. Die Aufräumarbeiten dauerten bis zum späten Abend. [...] Neben Horw, Malters und Schüpfheim waren auch die Gemeinden Luzern, Kriens, Meggen, Malters, Root, Gisikon, Honau und das Michelsamt (=Gemeinden Beromünster, Schwarzenbach, Rickenbach (LU), Neudorf, Pfeffikon, Gunzwil) betroffen. In Kriens war die Feuerwehr im Gebiet Kuonimatt im Einsatz.	WSL (2015)
		Ein intensiver Starkniederschlag führte am 26. Juni in der Gemeinde Horw zu Überflutungen von Teilen des Siedlungsgebietes. Die Niederschläge und auch die Abflussganglinien dauerten rund eine Stunde. Das Gewitter wurde nur örtlich verzeichnet und führte nicht zu grossräumigeren Abflussereignissen. Ab 12.36 Uhr trafen bei der Feuerwehr während ungefähr einer Stunde Schadensmeldungen ein. Die Einsätze waren (mit lokalen Konzentrationen) über das ganze Gemeindegebiet von Horw verteilt. [...] In der Gemeinde Horw wurden zahlreiche Strassenabschnitte, aber auch Keller, Garagen und andere Anlagen von Wohngebäuden überflutet. Es wurden rund 50 Gebäude betroffen, darunter auch die öffentlichen Gebäude und das Postgebäude im Gebiet Allmend. Die Überflutungen sind sowohl auf örtliche Überlastungen des Entwässerungsnetzes, als auch das Austreten von Wasser aus mehreren Bächen - meist im Bereich von Brücken - zurückzuführen. Nicht an allen Orten liess sich zurückblickend die Herkunft des Wassers eindeutig eruieren. Die Entwässerung von Horw besteht teilweise noch aus einem Mischsystem, welches das eintretende Meteorwasser nicht mehr abführen konnte. Die Entlastung erfolgte ausser über Schächte auch über die vorgesehenen Entlastungsklappen direkt in den Dorf- bzw. den Steinibach (deutlich erkennbar an Verschmutzungen im Gerinne). Das Wasser ist in den betroffenen Gebieten eher langsam abgeflossen. Nach ca. einer Stunde war an den meisten Orten bereits kein Oberflächenabfluss mehr vorhanden. Die Bäche gingen zurück. [...] Kurz nach Beginn der Niederschläge wurde der Schieber des Hochwasserrückhaltebeckens manuell geschlossen, da der Nidfeldkanal bereits Hochwasser führte. Der Entlastungskanal vom Nidfeldkanal zum Becken ist im Bau und fast fertiggestellt. Das Rückhaltebecken füllte sich in der Folge mit schätzungsweise 20'000 m <sup>3</sup> Wasser (gesamtes Fassungsvermögen ca. 24'000 m <sup>3</sup> ). In der Nacht nach den Gewittern wurde das Wasser dann kontrolliert abgelassen. Der Dorfbach ist an den meisten Stellen bordvoll abgeflossen. Der Wasserspiegel lag im Durchschnitt ca. 1.8 m über der Sohle. An mehreren Brücken (siehe auch Fotodokumentation) hat sich der Dorfbach aufgestaut und ist teilweise auch über die Ufer getreten.	Herzog Ingenieure AG (2009a)
		Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Ganzes Gemeindegebiet (leider ohne genauen Verifizierung)	Feuerwehr Horw
		Das Hochwasser vom 26.7.1972 war am Dorfbach Horw schlimmer als das Hochwasser vom 26.6.2009. Damals existierten die Entlastung Steinibach und das HWRB Allmend aber noch nicht.	Urs Strebel
		Seit dem Bestehen dieses Hauses [Kastanienbaumstrasse 5] (Baujahr 1935) wurden drei Überschwemmungen registriert (1952 [wahrscheinlich 1953 gemeint], 1972, 1993), die jedoch nicht das Ausmass des letztjährigen Ereignisses einnahmen. [...] Die Rückhaltebecken auf der Allmend waren beim Unwetter vom 26.06.2009 fast voll und haben hiermit grosse weitere Schäden verhindert. [...] Uns ist zu Ohren gekommen, dass es nur der Geistesgegenwart eines Gemeindeangestellten zu verdanken ist, dass der Schieber rechtzeitig geschlossen wurde.	Bacchetta-Bischofberger (2010)
		Aufgrund von Fotos von Urs Strebel und aus Herzog Ingenieure AG (2009a+b) wurden Abflussspitzen beim BP 3 (ca. 5 m <sup>3</sup> /s), BP 9 (8-10 m <sup>3</sup> /s) und BP 10 (10-11 m <sup>3</sup> /s) abgeschätzt.	Scherrer AG
2010, 22.7.	Gewitter	Am Nachmittag gingen Gewitter u.a. auch über den Kt. Luzern. Der Gewitterzug überquerte das Kantonsgebiet vom Entlebuch her in Richtung Zug. Die Feuerwehr Horw hatte 37 Einsätze im gesamten Gemeindegebiet wegen diverser umgestürzter Bäume sowie überschwemmter Keller.	WSL (2015)
		Aufgrund von Fotos von Albert Dillier wurde beim BP 6 eine Abflussspitze von ca. 5 m <sup>3</sup> /s und beim BP 9 von ca. 6 m <sup>3</sup> /s abgeschätzt.	Scherrer AG
		Fotos von Urs Strebel zeigen, dass Wasser des Hofmattbaches in die Raiffeisenbank (Kantonsstrasse 104) eindrang.	Urs Strebel

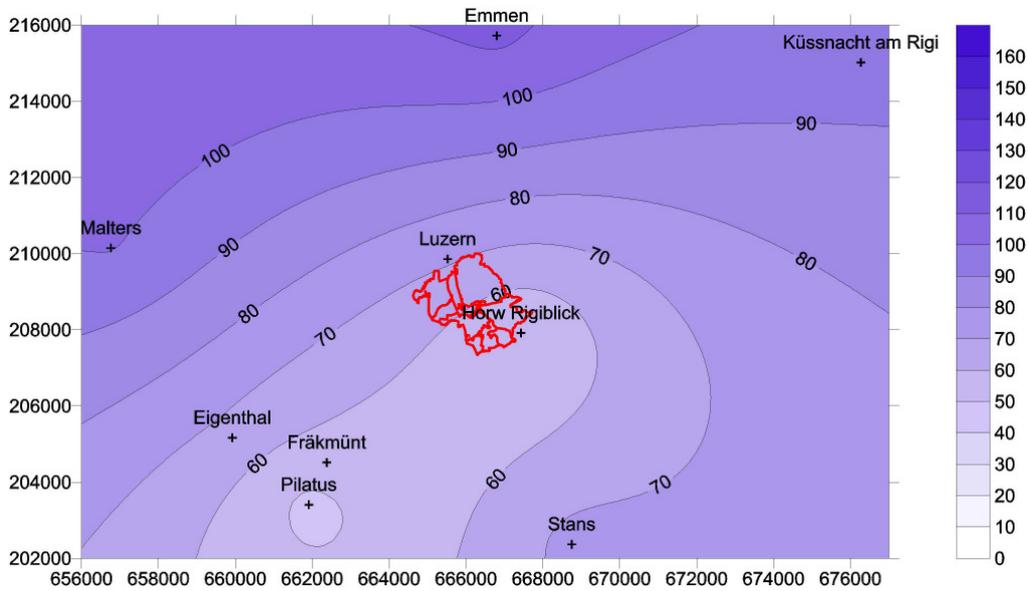
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2010, 1.8.	Gewitter	Fotos von Albert Dillier zeigen Spuren eines kleinen Hochwassers ohne Ausuferungen/Kapazitätsprobleme am Dorfbach Horw.	Albert Dillier
2011, 2.5.	Gewitter	Fotos von Albert Dillier zeigen Spuren eines kleinen Hochwassers ohne Ausuferungen /Kapazitätsprobleme am Dorfbach Horw.	Albert Dillier
2012, 8.6.	Gewitter	Um die Mittagszeit zog ein heftiges Gewitter über Luzern. In der Region Luzern schüttete es stellenweise wie aus Kübeln. In Horw verzeichnete die Feuerwehr Wasser im Keller bei der Kleinwilhöhe.	WSL (2015)
		Am 8. Juni 2012 wurden hohe Wasserstände verzeichnet (Abbildung 17, links). Der Dorfbach trat zwar nicht über die Ufer, trotzdem hat zur Überschwemmung nicht mehr viel gefehlt. Zur selben Zeit ist beim Abfluss aus dem Allmendbecken kaum Wasser vorhanden.	Schubiger AG (2013)
		Aufgrund von Fotos aus Schubiger AG (2013) wurde beim BP 9 eine Abflussspitze von 4-5 m <sup>3</sup> /s abgeschätzt.	Scherrer AG
2012, 25.8.	Gewitter	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Riedmattstrasse 17 (Wasser in Keller)	Feuerwehr Horw
2012, 26.8.	Gewitter	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Riedmattstrasse 21 (Wasser in Liftschacht)	Feuerwehr Horw
2012, 1.9.	Dauerregen	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: Riedmattstrasse 5 (Wasser in Keller)	Feuerwehr Horw
2014, 12.6.	Gewitter	Heftige Gewitter zogen am Abend über die Schweiz. In der Stadt Luzern gingen bei der Feuerwehr über 70 Schadenmeldungen ein. Es handelte sich vor allem um überflutete Strassen, Keller, Liftschächte und Wohnungen sowie abgedeckte Kanalisationen. Vor allem die Bereiche Würzenbach, Kreuzbuch, Neustadt, das Gebiet um das Verkehrshaus waren von den Regengüssen betroffen gewesen. Das Gewitter entlud sich kurz nach 20.30 Uhr. Zwölf Feuerwehren standen im Einsatz. Die Strasse zwischen Luzern und Meggen wurde im Bereich Seeburg bis 23.30 Uhr wegen Überflutung und Geröll gesperrt. Auch im Gebiet rund um das Verkehrshaus waren Strassen für kurze Zeit gesperrt.	WSL (2015)
		Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: 19:26 – 22:26 Uhr. Stutzstrasse 5 Schachtdeckel ab Schacht gespült; Ringstrasse Wasser auf Strasse; Scheune Hofrüti Wasser in Gebäude; Bachstrasse Schachtdeckel ab Schacht gespült; Schulhausstrasse Schachtdeckel ab Schacht gespült; Schulhausstrasse 15 Wasser im Keller; Oberrütistrasse Schachtdeckel ab Schacht gespült; Schöngrundstrasse 17 Wasser in Waschküche; Stegenstrasse 22 Wasser in Gebäude; Grisigenstrasse Baum auf Strasse; Stegenhalde 11 Wasser in Keller; Krienserstrasse 1 Wasser in Keller; Riedmattstrasse 17 Wasser in Keller; Seefeldstrasse 3 Wasser in Keller; Seefeldweg 4 Wasser in Liftschacht.	Feuerwehr Horw
		Das Hochwasser vom 12.6.2014 war am Dorfbach Horw kleiner als am 26.6.2009.	Urs Strebel
		Aufgrund von Fotos von Urs Strebel wurde beim BP 6 eine Abflussspitze von ca. 6 m <sup>3</sup> /s abgeschätzt.	Scherrer AG
2015, 7.6.	Gewitter	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: 21:09 – 22:00. Riedmattstrasse 17 Wasser in Keller	Feuerwehr Horw
2016, 14.5.	Dauerregen	Protokollierte Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Hochwasser/Elementarereignis: 07:28 – 13:28. Kastanienbaumstrasse 147 Wasser auf Strasse; Riedmattstrasse 5 Wasser in Keller; Breitenstrasse 9 Wasser droht in Wohnung zu fließen; Kastanienbaumstrasse 101 Wasser in Keller; Kastanienbaumstrasse 280 Wasser droht in Haus zu fließen; Neumattstrasse / Schiltmatthalde Wasser läuft aus Strassenlaterne; Riedmattstrasse 19 Wasser in Keller; Technikumstrasse Oelsperren neu befestigen; Strinrütistrasse Baum auf Waldweg	Feuerwehr Horw

Nr. Station	4380 Küssnacht am Rigi	4445 Stans	4590 Luzern	4600 Pilatus	4680 Eigenthal	LU 01 Emmen	LU 02 Malters	Agrometeo Küssnacht am Rigi (Agrometeo)	MeteoGroup Küssnacht am Rigi (MMKAR)	MeteoGroup Kriens (MMKRI)	MeteoGroup Stans (MMSTA)	MeteoGroup Weggis (MMWGG)	Markus Burch Horw, Rigiblick	Fräkmünt
x	676270	668750	665520	661910	659920	666800	656760	676300	675387	664864	668840	675631	667429	662375
Y	215020	202370	209860	203410	205170	215725	210150	213725	214742	209347	202473	209422	207918	204517
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
Messperiode	1882-1890, 1899-	1976-	1880-	1851-1959, 1981-	1882-1889, 1899-	1999-	2000-	2003-	2010-	2010-	2007-	2009-	2004-	1992-2003, 2007-
Statistik	MeteoSchweiz (1961-2014)	WSL (1904-1970)	MeteoSchweiz (1881-2014)	WSL (1892-1959)	SAG (1883-2008)	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
19.07.1972	0.9		8.4		13.9									
20.07.1972	4.1		2.1		2.1									
21.07.1972	11.4		3.4		2.4									
22.07.1972	6.0		15.4		19.7									
23.07.1972	0.0		0.0		0.0									
24.07.1972	2.8		5.3		22.9									
25.07.1972	31.8		6.0		18.1									
26.07.1972	9.5		73.8		6.3									
27.07.1972	4.3		4.2		13.0									
09.06.1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
10.06.1988	0.6	1.3	0.7	2.1	0.7									
11.06.1988	7.7	6.8	8.6	8.4	12.8									
12.06.1988	0.0	0.0	0.3	2.3	2.5									
13.06.1988	0.0	0.0	0.0	0.1	3.2									
14.06.1988	3.9	11.2	10.9	12.3	14.0									
15.06.1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
16.06.1988	22.7	14.3	57.3	21.0	17.1									
17.06.1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
16.06.1993	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0									
17.06.1993	18.0	10.5	12.8	9.1	7.7									
18.06.1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
19.06.1993	0.0	0.8	0.0	1.6	3.1									
20.06.1993	5.2	6.0	4.7	4.5	14.6									
21.06.1993	15.8	20.9	10.9	23.2	57.3									
22.06.1993	11.8	8.8	9.8	12.9	4.6									
23.06.1993	47.1	53.2	72.7	57.2	24.0									
24.06.1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
19.06.2009	28.6	41.2	33.2	23.5	35.7	25.6	25.6	35.6					28.4	41.7
20.06.2009	5.1	15.2	11.8	8.6	20.2	13.7	11.0	8.0					8.4	16.9
21.06.2009	12.2	11.2	9.1	8.4	14.5	12.5	5.6	18.6					11.9	14.7
22.06.2009	13.9	16.4	6.9	9.2	18.9	9.7	14.8	17.0					7.1	13.5
23.06.2009	5.8	6.9	1.7	8.5	6.0	1.7	1.4	3.8					2.3	7.7
24.06.2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0
25.06.2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0
26.06.2009	18.2	14.6	33.9	25.1	18.7	17.9	18.3	33.6					49.3	31.1
27.06.2009	1.0	1.0	0.1	2.6	1.9	0.3	1.6	0.8					0.3	
01.06.2012	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0
02.06.2012	3.3	3.4	5.1	5.9	9.1	2.4	1.8	4.6					4.8	11.1
03.06.2012	33.3	32.3	16.8	17.7	31.5	14.6	13.9						16.8	24.0
04.06.2012	6.7	3.5	5.9	4.8	7.4	3.4	3.0	3.0					4.1	5.6
05.06.2012	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.0					0.0	0.1
06.06.2012	1.7	0.7	0.7	2.2	2.0	1.4	0.8	0.6					0.8	1.9
07.06.2012	52.9	17.1	29.7	17.6	25.5	79.5	64.5						17.3	24.9
08.06.2012	29.8	33.3	29.4	19.4	26.5	22.0	24.5						22.1	30.5
09.06.2012	11.4	23.2	12.3	10.1	14.6	11.1	11.6	19.0					10.2	0.0
7-9.6.2012	94.1	73.6	71.4	47.1	66.6	112.6	100.6						49.5	55.4
05.06.2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
06.06.2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
07.06.2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
08.06.2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
09.06.2014	3.7	2.8	15.7	9.9	0.2	5.0	0.2	15.0	13.4	15.6	3.2		20.1	6.9
10.06.2014	0.2	2.9	3.6	2.2	0.0	0.4	5.7	0.2	0.4	1.6	3.4		3.8	1.6
11.06.2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
12.06.2014	24.7	8.3	37.3	21.7	36.3	47.4	23.2	3.6	15.4	42.1	8.8		34.0	34.8
13.06.2014	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2		0.0	0.0

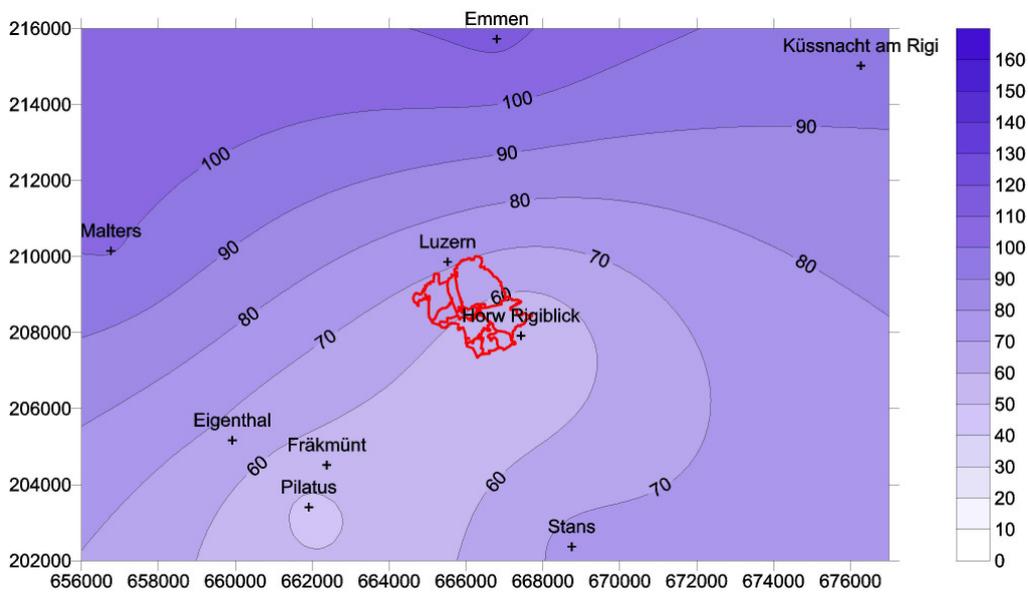
Anhang 2: In der Umgebung des Dorfbachs Horw während grosser Hochwasser gemessene Niederschlagsmengen.



Anhang 3.1: Verteilung der Niederschlagssummen am 26.6.2009 aufgrund der Bodenstationen.



Anhang 3.2: Verteilung der Niederschlagssummen am 7.-9.6.2012 aufgrund der Bodenstationen.



Anhang 3.3: Verteilung der Niederschlagssummen am 12.6.2014 aufgrund der Bodenstationen.

### 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

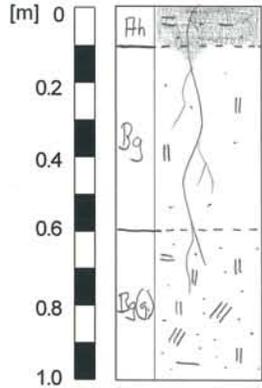
#### Verwitterungszustand

ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

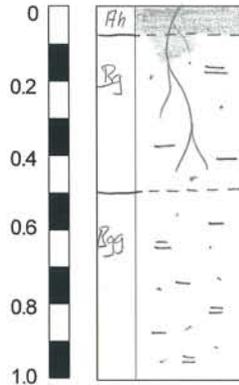
#### Merkmale des Sauerstoffmangels

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

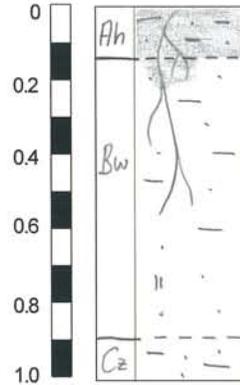
**H1**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 Landnutzung (LN): Mischwald  
 Geologie (Geol.): Bachschutt  
 Bodentyp: Braunerde (B), verglejt  
 Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



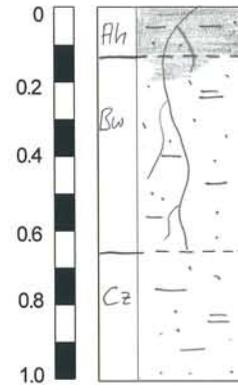
**H2**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Buchenwald  
 Geol.: USM  
 Bo.: Buntgley  
 Sond.: Pürckh.



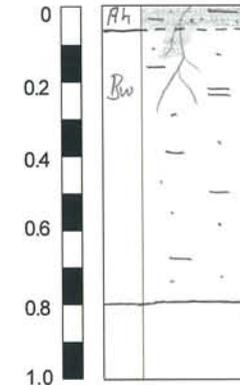
**H3**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Buchenwald  
 Geol.: USM  
 Bo.: B  
 Sond.: Pürckh.



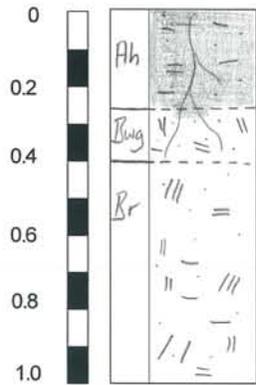
**H4**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Fichtenforst  
 Geol.: USM  
 Bo.: B  
 Sond.: Pürckh.



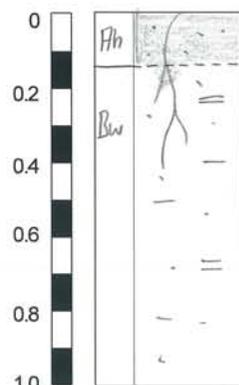
**H5**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Fichtenforst  
 Geol.: USM  
 Bo.: B  
 Sond.: Pürckh.



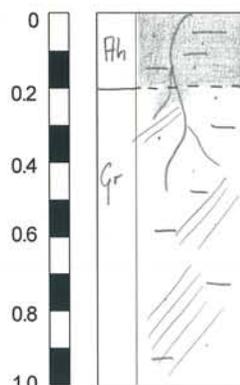
**H6**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Mischwald  
 Geol.: Moräne  
 Bo.: Gley  
 Sond.: Pürckh.



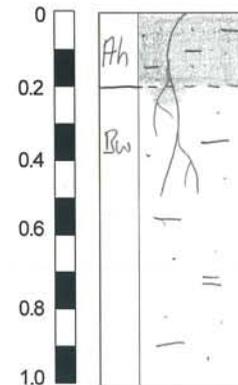
**H7**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Fichtenmischwald  
 Geol.: Moräne  
 Bo.: B  
 Sond.: Pürckh.



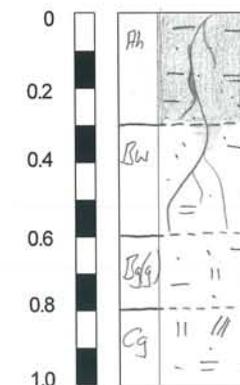
**H8**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Mischwald  
 Geol.: Moräne  
 Bo.: Gley  
 Sond.: Pürckh.



**H9**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Mischwald  
 Geol.: Moräne  
 Bo.: B  
 Sond.: Pürckh.



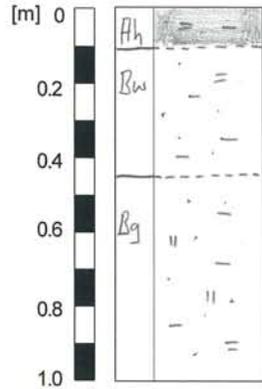
**H10**  
 Ort: Horw, Bireggwald  
 LN: Fichtenforst  
 Geol.: USM  
 Bo.: B  
 Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Horwer Dorfbach untersuchten Bodenprofile (H1-H10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

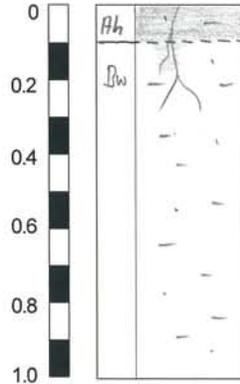
### H11

Ort: Horw, Hofrüti  
Landnutzung (LN): Mähwiese  
Geologie (Geol.): Alluvien  
Bodentyp: Braunerde (B)  
Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



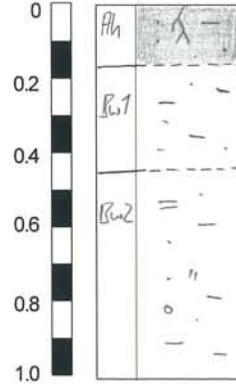
### H12

Ort: Horw, Oberrüti  
LN: Fichtenwald  
Geol.: USM  
Bo.: B  
Sond.: Pürckh.



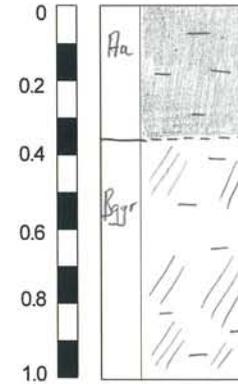
### H13

Ort: Horw, Grämlis  
LN: Mähwiese  
Geol.: Moräne  
Bo.: B  
Sond.: Pürckh.



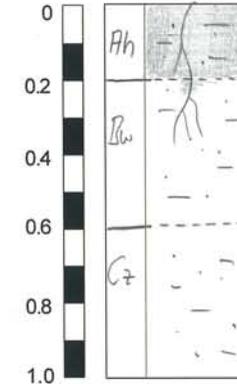
### H14

Ort: Horw, Falmis  
LN: Mähwiese  
Geol.: Moor  
Bo.: anmoorigr Gley  
Sond.: Pürckh.



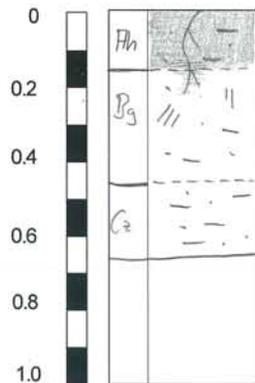
### H15

Ort: Horw, Obchilch  
LN: Mähwiese  
Geol.: USM  
Bo.: B  
Sond.: Pürckh.



### H16

Ort: Horw, Obchilch  
LN: Mähwiese  
Geol.: Moräne  
Bo.: B, vergleyt  
Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Horwer Dorfbach untersuchten Bodenprofile (H11-H16) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

Anhang 4.3: Die Eigenschaften der im Anhang 4.2 dargestellten Bodenprofile vom Horwer Dorfbach (H1-H16) mit der Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses  
 (Abkürzungen siehe auch Legende 4.2: U, u = Silt, siltig; L, l = Lehm, lehmig; S, s = Sand, sandig; A = Oberboden, B = Unterboden, C = Ausgangsmaterial, g = Rostfleckung, h = organisches Material, r = dauernd vernässt, w = Verwitterungshorizont, z = zersetzt. Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefsickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfliessend). Moräne: Würm-Moräne des Reuss-, Aare- und Brüniggletschers; USM: Untere Süsswassermolasse; OMM: Obere Meeresmolasse.

	<b>Profilbeschreibung</b>		<b>Profilbeschreibung</b>
H1	Horw, Bireggwald Mischwald, Schwemmfächer Bachschutt/Moräne <b>Braunerde (B), vergleyt</b> <b>Pürckhauer (Pürckh.)</b> Ah: dunkelbrauner Lu Bg: beige-brauner Ls Bg(g): beige-brauner Ls Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speichervermögen (Spv.): mässig Prozesse (Proz.): SSF2	H2	Horw, Bireggwald Buchenwald, Mulde USM <b>Buntgley</b> <b>Pürckh.</b> Ah: beiger Lu Bg: beiger Lu Bgg: beiger bis grauer Lu/Ls Inf.: normal Spv.: mässig-gering Proz.: SOF(1-2)
H3	Horw, Bireggwald Buchenwald, Hang USM <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner-beiger Us Cz: verwitterter Mergel, Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	H4	Horw, Bireggwald Fichtenforst, Hang USM <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Ls/Us Cz: beige grauer Ls/Lu Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SSF2
H5	Horw, Bireggwald Fichtenforst, Hang USM <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: Lu Bw1: Lu Bw2: beige-brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	H6	Horw, Bireggwald Mischwald, Mulde/Sattel Moräne (?) <b>Gley</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Lu Bwg: brauner Lu Br: grauer Lu/Lt Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF2
H7	Horw, Bireggwald Fichten-Mischwald, Hang Moräne(?) <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Lu Bw: beiger Lu  Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	H8	Horw, Bireggwald Mischwald, Hang Moräne <b>Gley</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Us Gr: grauer Us  Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF1
H9	Horw, Bireggwald Mischwald, Hang USM(?)/Moräne(?) <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner, z.T. rotbrauner Ls  Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	H10	Horw, Bireggwald Fichtenforst, Hang USM <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah/Bw: brauner Lu Bg(g)/Cg: braun-grauer Lu Cz: brauner Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2

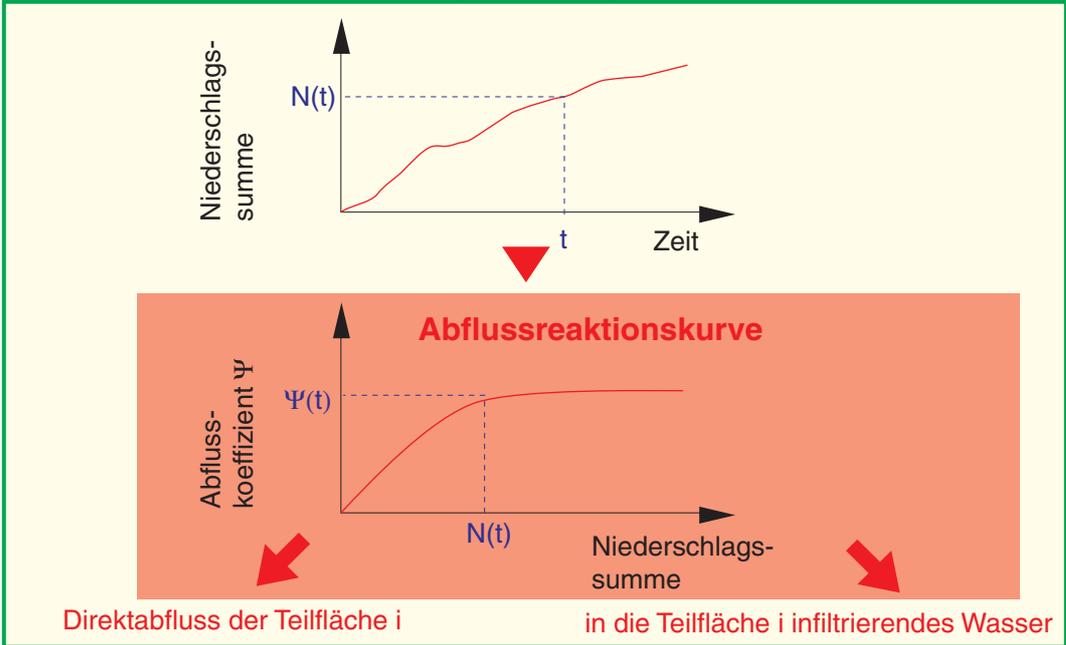
	<b>Profilbeschreibung</b>		<b>Profilbeschreibung</b>
H11	<p>Horw, Hofrüti Mähwiese, Hang Alluvien(?) <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah/Bw: dunkelbrauner Lu Bg: brauner Lu</p> <p>Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF3</p>	H12	<p>Horw, Oberrüti Fichtenwald, Hang USM(?) <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: brauner Us Bw: brauner Us</p> <p>Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3</p>
H13	<p>Horw, Grämli Mähwiese, Hang Moräne <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw1: dunkelbrauner Us Bw2: brauner Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3</p>	H14	<p>Horw, Fälmis Mähwiese, Ebene Moor(?) <b>anmooriger Gley</b> <b>Pürckh.</b> Aa: dunkelbrauner U Bggr: dunkelbrauner-grauer U</p> <p>Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF1-2</p>
H15	<p>Horw, Obchilch Mähwiese, Hang USM(?) <b>B</b> <b>Pürckh.</b> Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz: beige-brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3</p>	H16	<p>Horw, Obchilch Mähwiese, Hang Moräne <b>B, verglejt</b> <b>Pürckh.</b> Ah: Bg: dunkelbrauner-grauer Us Cz: beige-brauner Us Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SSF2</p>

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

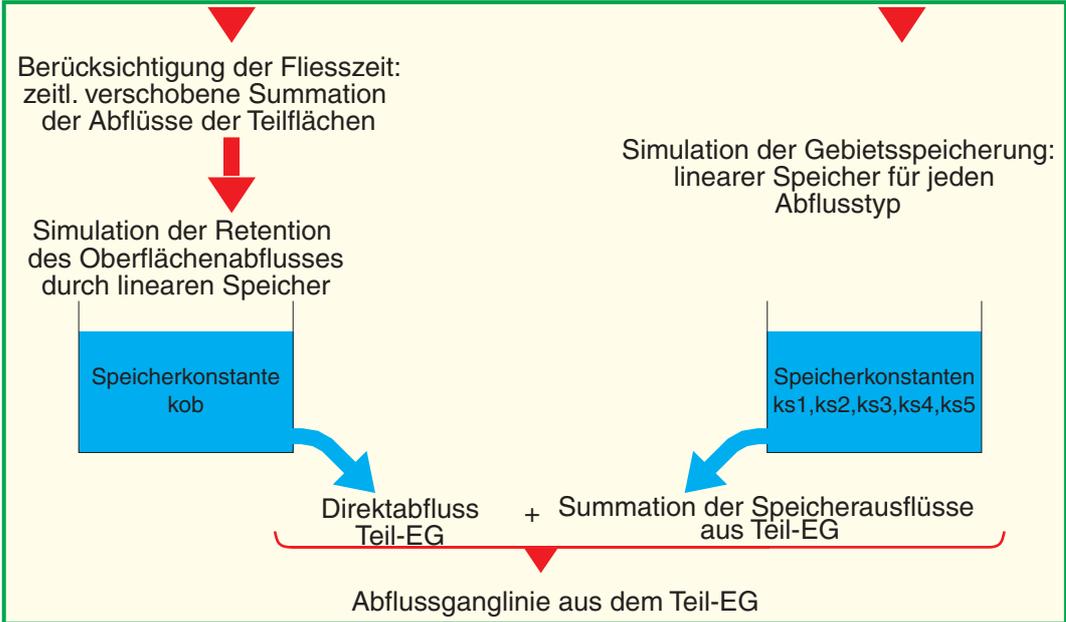
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

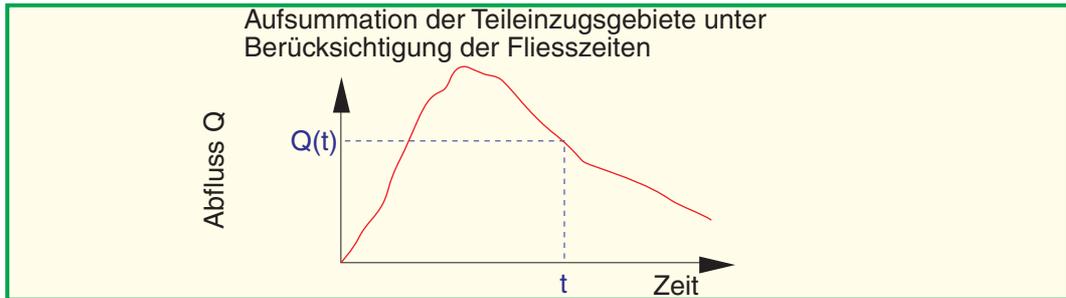
Stufe Teilfläche



Stufe Teileinzugs-gebiet



Einzugs-gebiet



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



Höhe [m ü. M.]	Volumen [m³]	Abfluss [m³/s] 11.7.2008 – 15.6.2010	Abfluss [m³/s] 16.6.2010 – Juni 2012?	Abfluss [m³/s] am 12.6.2014	Abfluss [m³/s] seit 27.6.2014	Öffnungshöhe Schieber [cm]
		105	80	30	60	
446.37	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
447.00	561.4	1.33	1.33	0.33	1.08	
447.20	1511.7	1.50	1.34	0.39	1.09	
447.40	3049.7	1.62	1.48	0.44	1.12	
447.60	5094.6	2.15	1.70	0.49	1.26	
447.80	7460.0	2.44	1.89	0.53	1.39	
448.00	10042.3	2.69	2.07	0.57	1.51	
448.20	12779.0	2.93	2.23	0.61	1.62	
448.40	15665.1	3.14	2.38	0.64	1.72	
448.60	18699.9	3.35	2.52	0.68	1.82	
448.80	21888.9	3.54	2.66	0.71	1.91	
449.00	25217.1	3.72	2.79	0.74	2.00	
449.10	26929.2	3.81	2.85	0.76	2.04	
449.40	31875.0	4.06	3.03	0.80	2.16	

Anhang 6: *Beziehung zwischen Einstauhöhe, Einstauvolumen und Abfluss (Drosselcharakteristik) in Abhängigkeit verschiedener Schiebereinstellungen am HWRB Allmend.*

Anhang 7.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q<sub>AREA</sub> für den **Ist-Zustand**. Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau entspricht.

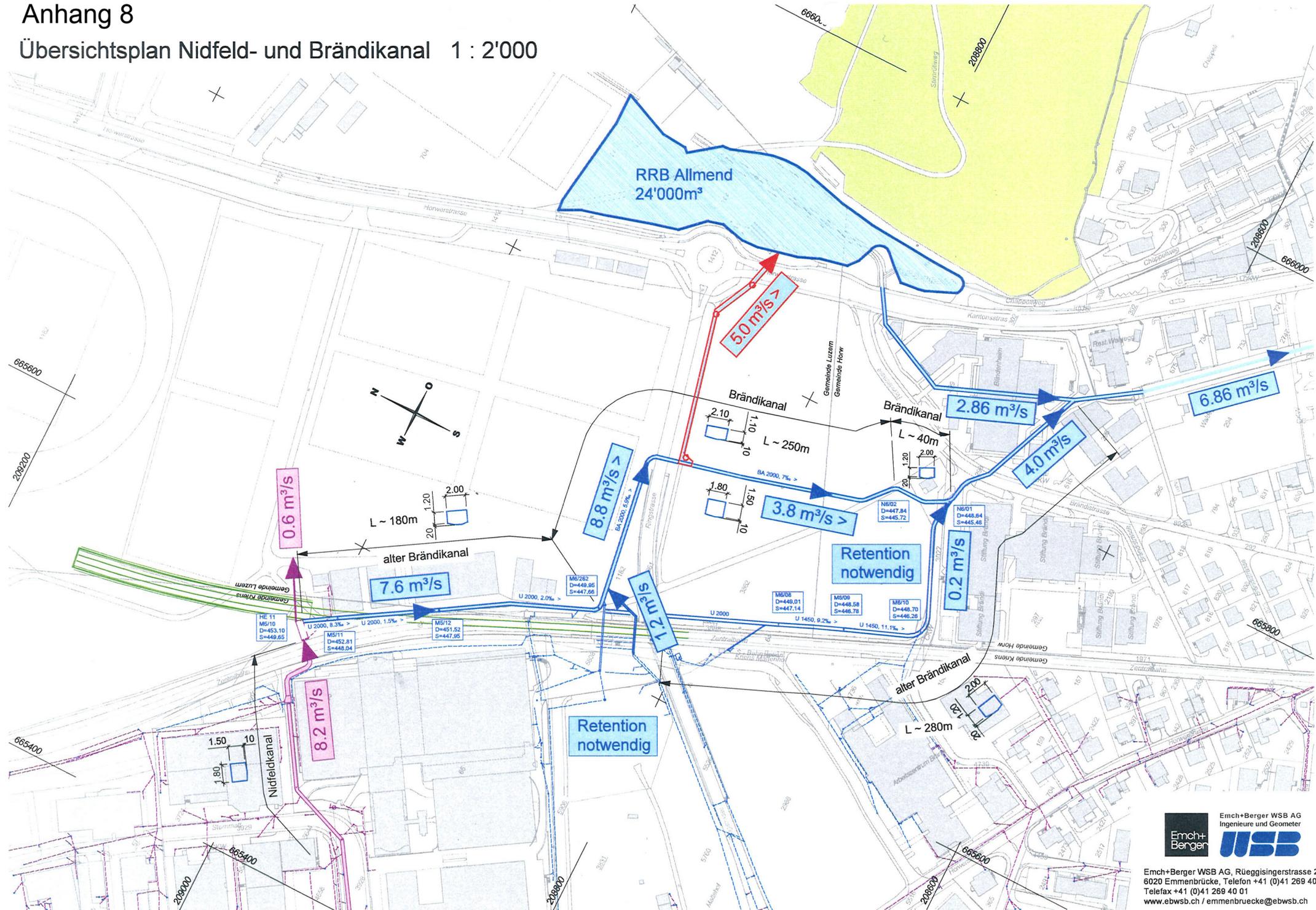
Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m <sup>3</sup> /s] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [m <sup>3</sup> ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	2.78	1.25	4.64	1.34	1.48	7.33	0.16	0.94	9.28	10.00	4'919	0	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>3.09</b>	1.44	<b>5.18</b>	<b>1.72</b>	<b>1.90</b>	<b>8.59</b>	<b>0.24</b>	<b>1.17</b>	<b>11.15</b>	<b>11.94</b>	8'554	0	0
	2h30j dreieck	Gewitter	2.70	1.53	4.82	1.68	1.87	8.05	<b>0.24</b>	1.11	10.63	11.45	10'584	0	0
	4h30j dreieck	Gewitter	1.99	<b>1.54</b>	3.92	1.34	1.50	6.43	0.20	0.86	8.48	9.25	10'830	0	0
	12h30j block	gleichmässig	0.94	1.71	3.03	1.06	1.15	4.71	<b>0.24</b>	0.66	6.10	6.80	<b>15'255</b>	0	0
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.84	4.46	3'664	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.34	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.25	2.40	2.97	392	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	3.77	1.52	6.05	2.18	2.38	10.06	0.32	1.48	13.00	13.84	10'332	0	0
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>4.29</b>	1.78	<b>6.76</b>	<b>2.84</b>	<b>3.10</b>	<b>12.00</b>	<b>0.46</b>	<b>1.87</b>	<b>15.91</b>	<b>16.87</b>	17'405	0	0
	2h100j dreieck	Gewitter	3.78	1.90	6.60	2.78	3.06	11.60	0.45	1.78	15.56	16.56	21'361	0	0
	4h100j dreieck	Gewitter	2.74	1.91	5.26	2.15	2.37	9.04	0.35	1.35	12.13	13.03	22'072	0	0
	12h100j block	gleichmässig	1.12	<b>1.96</b>	3.54	1.30	1.41	5.58	0.30	0.80	7.26	8.00	<b>23'663</b>	0	0
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	7'860	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.90	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	466	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	4.86	1.79	6.82	3.19	3.47	12.71	0.53	2.13	16.79	17.77	17'912	0	0
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>5.65</b>	2.13	7.54	<b>4.23</b>	<b>4.59</b>	<b>14.95</b>	<b>0.76</b>	<b>2.75</b>	<b>20.51</b>	<b>21.68</b>	30'648	0	0
	2h300j dreieck	Gewitter	5.01	<b>5.50</b>	<b>9.58</b>	4.15	4.56	14.78	0.75	2.62	20.43	21.66	<b>31'875</b>	0	0
	4h300j dreieck	Gewitter	3.59	4.63	7.88	3.13	3.43	12.05	0.57	1.94	16.37	17.44	<b>31'875</b>	0	0
	12h300j block	gleichmässig	1.30	2.77	4.52	1.52	1.65	6.51	0.36	0.94	8.32	9.10	<b>31'875</b>	0	0
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.90	12'258	0	0
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	529	0	0

Anhang 7.2: Die Volumenanteile der Siedlungsentwässerung beim BP 10, gerechnet mit dem NAM  $Q_{AREA}$  für den Ist-Zustand.

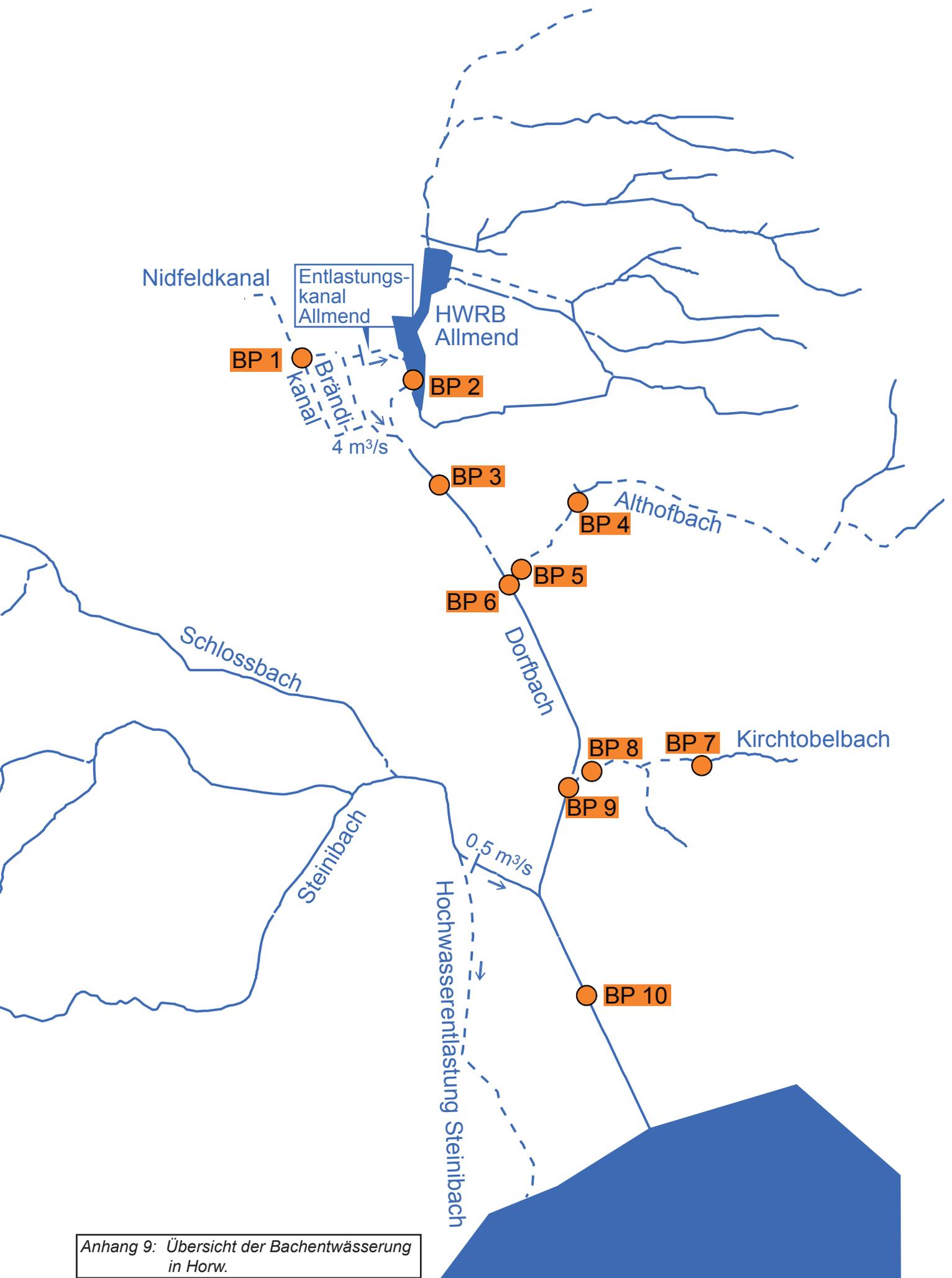
Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Volumenanteil der Siedlungsentwässerung beim Berechnungspunkt, BP 10
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	90.9%
	1h30j dreieck	Gewitter	89.2%
	2h30j dreieck	Gewitter	88.3%
	4h30j dreieck	Gewitter	87.6%
	12h30j block	gleichmässig	76.7%
	24h30j block	gleichmässig	79.3%
	48h30j block	gleichmässig	81.9%
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	88.6%
	1h100j dreieck	Gewitter	86.5%
	2h100j dreieck	Gewitter	85.3%
	4h100j dreieck	Gewitter	84.7%
	12h100j block	gleichmässig	75.4%
	24h100j block	gleichmässig	77.8%
	48h100j block	gleichmässig	80.4%
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	86.3%
	1h300j dreieck	Gewitter	83.9%
	2h300j dreieck	Gewitter	82.7%
	4h300j dreieck	Gewitter	82.2%
	12h300j block	gleichmässig	74.3%
	24h300j block	gleichmässig	76.7%
	48h300j block	gleichmässig	79.2%

# Anhang 8

## Übersichtsplan Nidfeld- und Brändikanal 1 : 2'000



Emch+Berger WSB AG  
 Ingenieure und Geometer  
 Emch+Berger  
 WSB  
 Emch+Berger WSB AG, Ruggisigerstrasse 29,  
 6020 Emmenbrücke, Telefon +41 (0)41 269 40 00  
 Telefax +41 (0)41 269 40 01  
 www.ebwsb.ch / emmenbruecke@ebwsb.ch  
 40730\_Beilage2.sda



Anhang 9: Übersicht der Bachentwässerung in Horw.

Anhang 10.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM  $Q_{AREA}$  bei **dezentralem Rückhalt im Gewerbegebiet Kriens**. Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m <sup>3</sup> /s] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [m <sup>3</sup> ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	1.76	1.25	3.62	1.34	1.48	6.27	0.16	0.94	8.21	8.93	4'919	0	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>2.11</b>	1.44	<b>4.20</b>	<b>1.72</b>	<b>1.90</b>	<b>7.54</b>	<b>0.24</b>	<b>1.17</b>	<b>10.09</b>	<b>10.89</b>	8'554	0	0
	2h30j dreieck	Gewitter	1.91	1.53	4.06	1.68	1.87	7.26	<b>0.24</b>	1.11	9.79	10.61	10'584	0	0
	4h30j dreieck	Gewitter	1.46	<b>1.54</b>	3.47	1.34	1.50	5.95	0.20	0.86	7.95	8.72	10'830	0	0
	12h30j block	gleichmässig	0.92	1.71	3.01	1.06	1.15	4.69	<b>0.24</b>	0.66	6.08	6.78	<b>15'255</b>	0	0
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.84	4.46	3'664	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.35	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.25	2.40	2.98	392	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	2.62	1.52	4.89	2.18	2.38	8.87	0.32	1.48	11.78	12.61	10'332	0	0
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>3.18</b>	1.77	<b>5.93</b>	<b>2.84</b>	<b>3.10</b>	<b>11.00</b>	<b>0.46</b>	<b>1.87</b>	<b>14.84</b>	<b>15.79</b>	17'193	0	0
	2h100j dreieck	Gewitter	2.91	1.90	5.76	2.78	3.06	10.68	0.45	1.78	14.62	15.62	21'361	0	0
	4h100j dreieck	Gewitter	2.17	1.91	4.77	2.15	2.37	8.52	0.35	1.35	11.55	12.46	22'072	0	0
	12h100j block	gleichmässig	1.11	<b>1.96</b>	3.52	1.30	1.41	5.56	0.30	0.80	7.25	7.99	<b>23'663</b>	0	0
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	7'860	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.90	1.48	0.47	0.51	2.22	0.11	0.29	2.84	3.43	466	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	3.60	1.77	6.40	3.19	3.47	11.93	0.53	2.13	15.87	16.85	17'197	0	0
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>4.48</b>	2.08	7.49	<b>4.23</b>	<b>4.59</b>	<b>14.94</b>	<b>0.76</b>	<b>2.75</b>	<b>20.50</b>	<b>21.67</b>	28'576	0	0
	2h300j dreieck	Gewitter	4.11	4.54	7.62	4.15	4.56	14.76	0.75	2.62	20.41	21.63	<b>31'875</b>	0	0
	4h300j dreieck	Gewitter	3.01	<b>4.63</b>	<b>7.70</b>	3.13	3.43	11.50	0.57	1.94	15.78	16.86	<b>31'875</b>	0	0
	12h300j block	gleichmässig	1.28	2.77	4.51	1.52	1.65	6.50	0.36	0.94	8.31	9.08	<b>31'875</b>	0	0
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.90	12'258	0	0
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.22	3.82	529	0	0

Fazit: Die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs wird um ca. 1 m<sup>3</sup>/s gedämpft. Die HQ<sub>300</sub>-Spitze entlastet bereits ins HWRB Allmend und wird daher nicht noch mehr gedämpft.

Anhang 10.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q<sub>AREA</sub> bei maximalem Rückhalt durch das HWRB Allmend. Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 30 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von ca. 0.75 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m <sup>3</sup> /s] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [m <sup>3</sup> ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	2.78	0.55	3.97	1.34	1.48	6.62	0.16	0.94	8.56	9.27	8'911	0	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>3.09</b>	0.62	<b>4.53</b>	<b>1.72</b>	<b>1.90</b>	<b>7.92</b>	<b>0.24</b>	<b>1.17</b>	<b>10.48</b>	<b>11.27</b>	14'004	0	0
	2h30j dreieck	Gewitter	2.70	0.66	4.12	1.68	1.87	7.41	<b>0.24</b>	1.11	9.98	10.80	17'429	0	0
	4h30j dreieck	Gewitter	1.99	0.69	3.23	1.34	1.50	5.76	0.20	0.86	7.81	8.58	19'721	0	0
	12h30j block	gleichmässig	0.94	<b>2.06</b>	3.40	1.06	1.15	5.08	<b>0.24</b>	0.66	6.48	7.18	<b>31'875</b>	0	0
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.24	2.05	0.65	0.70	3.07	0.15	0.40	3.93	4.55	<b>31'875</b>	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.34	0.67	1.16	0.40	0.43	1.78	0.09	0.25	2.31	2.88	17'818	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	3.77	0.64	5.38	2.18	2.38	9.37	0.32	1.48	12.31	13.14	15'809	0	0
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>4.29</b>	0.74	<b>5.97</b>	<b>2.84</b>	<b>3.10</b>	<b>11.34</b>	<b>0.46</b>	<b>1.87</b>	<b>15.25</b>	<b>16.21</b>	24'868	0	0
	2h100j dreieck	Gewitter	3.78	0.79	5.72	2.78	3.06	10.80	0.45	1.78	14.76	15.76	30'646	0	0
	4h100j dreieck	Gewitter	2.74	1.79	4.39	2.15	2.37	8.19	0.35	1.35	11.28	12.18	<b>31'875</b>	0	0
	12h100j block	gleichmässig	1.12	<b>2.51</b>	4.11	1.30	1.41	6.15	0.30	0.80	7.84	8.58	<b>31'875</b>	0	0
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.49	2.44	0.78	0.84	3.66	0.18	0.48	4.67	5.32	<b>31'875</b>	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.77	1.34	0.47	0.51	2.08	0.11	0.29	2.70	3.29	27'653	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	4.86	0.74	6.10	3.19	3.47	12.02	0.53	2.13	16.11	17.08	24'989	0	0
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>5.65</b>	3.97	7.11	<b>4.23</b>	<b>4.59</b>	14.20	<b>0.76</b>	<b>2.75</b>	<b>19.76</b>	<b>20.92</b>	<b>31'875</b>	0	0
	2h300j dreieck	Gewitter	5.01	<b>6.65</b>	<b>11.58</b>	4.15	4.56	<b>16.28</b>	0.75	2.62	19.70	20.74	<b>31'875</b>	0	0
	4h300j dreieck	Gewitter	3.59	6.02	10.34	3.13	3.43	14.94	0.57	1.94	18.32	19.26	<b>31'875</b>	0	0
	12h300j block	gleichmässig	1.30	2.93	4.77	1.52	1.65	7.15	0.36	0.94	9.11	9.89	<b>31'875</b>	0	0
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.71	2.79	0.89	0.96	4.18	0.21	0.55	5.35	6.01	<b>31'875</b>	0	0
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	<b>31'875</b>	0	0

Fazit: Die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs wird um ca. 0.66 m<sup>3</sup>/s gedämpft.

Anhang 10.3: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM  $Q_{AREA}$  bei Drosselung des Brändikanals auf  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [ $\text{m}^3$ ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	2.78	1.40	3.11	1.34	1.48	5.97	0.16	0.94	7.93	8.64	7'714	0	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>3.09</b>	1.63	3.44	<b>1.72</b>	<b>1.90</b>	<b>6.82</b>	<b>0.24</b>	<b>1.17</b>	<b>9.38</b>	<b>10.17</b>	13'156	0	0
	2h30j dreieck	Gewitter	2.70	<b>1.72</b>	<b>3.55</b>	1.68	1.87	6.70	<b>0.24</b>	1.11	9.26	10.08	<b>15'701</b>	0	0
	4h30j dreieck	Gewitter	1.99	1.68	3.40	1.34	1.50	5.82	0.20	0.86	7.82	8.59	14'385	0	0
	12h30j block	gleichmässig	0.94	1.71	3.03	1.06	1.15	4.71	<b>0.24</b>	0.66	6.10	6.80	15'255	0	0
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.84	4.46	3'664	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.34	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.25	2.40	2.97	392	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	3.77	1.73	3.59	2.18	2.38	7.81	0.32	1.48	10.75	11.58	15'819	0	0
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>4.29</b>	2.02	4.12	<b>2.84</b>	<b>3.10</b>	<b>9.31</b>	<b>0.46</b>	<b>1.87</b>	<b>13.22</b>	<b>14.18</b>	25'990	0	0
	2h100j dreieck	Gewitter	3.78	<b>2.16</b>	<b>4.29</b>	2.78	3.06	9.20	0.45	1.78	13.16	14.16	31'731	0	0
	4h100j dreieck	Gewitter	2.74	2.14	4.08	2.15	2.37	7.74	0.35	1.35	10.78	11.69	30'883	0	0
	12h100j block	gleichmässig	1.12	1.96	3.54	1.30	1.41	5.58	0.30	0.80	7.26	8.00	23'663	0	0
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	7'860	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.90	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	466	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	4.86	2.02	4.14	3.19	3.47	9.92	0.53	2.13	14.00	14.98	25'980	0	0
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>5.65</b>	8.09	10.47	<b>4.23</b>	<b>4.59</b>	14.63	<b>0.76</b>	<b>2.75</b>	17.84	19.01	31'875	0	0
	2h300j dreieck	Gewitter	5.01	<b>10.84</b>	<b>13.58</b>	4.15	4.56	<b>19.18</b>	0.75	2.62	<b>22.73</b>	<b>23.70</b>	31'875	0	0
	4h300j dreieck	Gewitter	3.59	8.38	10.91	3.13	3.43	15.80	0.57	1.94	19.50	20.48	31'875	0	0
	12h300j block	gleichmässig	1.30	3.03	4.77	1.52	1.65	6.97	0.36	0.94	8.73	9.46	31'875	0	0
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.90	12'258	0	0
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	529	0	0

Fazit: Die  $HQ_{100}$ -Spitze des Horwer Dorfbachs wird um ca.  $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$  gedämpft.

Anhang 10.4: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q<sub>AREA</sub> mit einem HWRB beim BP 4 mit einer gesteuerten Drosselung auf 1 m<sup>3</sup>/s. Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m <sup>3</sup> /s] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [m <sup>3</sup> ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	2.78	1.25	4.64	<b>1.00</b>	1.17	7.06	0.16	0.94	9.02	9.73	4'919	428	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>3.09</b>	1.44	<b>5.18</b>	<b>1.00</b>	<b>1.24</b>	<b>7.93</b>	<b>0.24</b>	<b>1.17</b>	<b>10.48</b>	<b>11.27</b>	8'554	1'568	0
	2h30j dreieck	Gewitter	2.70	1.53	4.82	<b>1.00</b>	1.21	7.40	<b>0.24</b>	1.11	9.97	10.81	10'584	<b>2'081</b>	0
	4h30j dreieck	Gewitter	1.99	1.54	3.92	<b>1.00</b>	1.16	6.10	0.20	0.86	8.16	8.93	10'830	1'419	0
	12h30j block	gleichmässig	0.94	<b>1.71</b>	3.03	<b>1.00</b>	1.09	4.64	<b>0.24</b>	0.66	6.04	6.74	<b>15'255</b>	305	0
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.84	4.46	3'664	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.34	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.25	2.40	2.97	392	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	3.77	1.52	6.05	<b>1.00</b>	1.30	8.98	0.32	1.48	11.92	12.76	10'332	2'316	0
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>4.29</b>	1.78	<b>6.76</b>	<b>1.00</b>	<b>1.35</b>	<b>10.22</b>	<b>0.46</b>	<b>1.87</b>	<b>14.13</b>	<b>15.09</b>	17'405	5'478	0
	2h100j dreieck	Gewitter	3.78	1.90	6.60	<b>1.00</b>	1.31	9.84	0.45	1.78	13.80	14.80	21'361	<b>7'322</b>	0
	4h100j dreieck	Gewitter	2.74	1.91	5.26	<b>1.00</b>	1.23	7.92	0.35	1.35	11.00	11.91	22'072	7'051	0
	12h100j block	gleichmässig	1.12	<b>1.96</b>	3.54	<b>1.00</b>	1.10	5.28	0.30	0.80	6.97	7.70	<b>23'663</b>	4'609	0
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	7'860	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.90	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	466	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	4.86	1.79	6.82	<b>1.00</b>	1.40	10.63	0.53	2.13	14.72	15.69	17'912	5'525	0
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>5.65</b>	2.13	7.54	<b>1.00</b>	<b>1.49</b>	11.80	<b>0.76</b>	<b>2.75</b>	<b>17.84</b>	<b>19.14</b>	30'648	11'158	0
	2h300j dreieck	Gewitter	5.01	<b>5.50</b>	<b>9.58</b>	<b>1.00</b>	1.43	<b>12.02</b>	0.75	2.62	17.42	18.71	<b>31'875</b>	14'830	0
	4h300j dreieck	Gewitter	3.59	4.63	7.88	<b>1.00</b>	1.31	10.11	0.57	1.94	14.26	15.35	<b>31'875</b>	<b>14'936</b>	0
	12h300j block	gleichmässig	1.30	2.77	4.52	<b>1.00</b>	1.12	6.16	0.36	0.94	7.80	8.58	<b>31'875</b>	10'814	0
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.90	12'258	0	0
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	529	0	0

Fazit: Die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs wird um ca. 1.8 m<sup>3</sup>/s gedämpft.

Anhang 10.5: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q<sub>AREA</sub> mit einem HWRB beim BP 7 mit einer gesteuerten Drosselung auf 0.2 m<sup>3</sup>/s. Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m<sup>3</sup>/s bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m <sup>3</sup> /s] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [m <sup>3</sup> ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	2.78	1.25	4.64	1.34	1.48	7.33	0.16	0.94	9.28	10.00	4'919	0	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>3.09</b>	1.44	<b>5.18</b>	<b>1.72</b>	<b>1.90</b>	<b>8.59</b>	<b>0.20</b>	<b>1.15</b>	<b>11.13</b>	<b>11.93</b>	8'554	0	34
	2h30j dreieck	Gewitter	2.70	1.53	4.82	1.68	1.87	8.05	<b>0.20</b>	1.07	10.59	11.41	10'584	0	64
	4h30j dreieck	Gewitter	1.99	1.54	3.92	1.34	1.50	6.43	<b>0.20</b>	0.86	8.48	9.25	10'830	0	0
	12h30j block	gleichmässig	0.94	<b>1.71</b>	3.03	1.06	1.15	4.71	<b>0.20</b>	0.61	6.06	6.76	<b>15'255</b>	0	<b>372</b>
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.84	4.46	3'664	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.34	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.25	2.40	2.97	392	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	3.77	1.52	6.05	2.18	2.38	10.06	<b>0.20</b>	1.40	12.94	13.78	10'332	0	164
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>4.29</b>	1.78	<b>6.76</b>	<b>2.84</b>	<b>3.10</b>	<b>12.00</b>	<b>0.20</b>	<b>1.65</b>	<b>15.69</b>	<b>16.65</b>	17'405	0	597
	2h100j dreieck	Gewitter	3.78	1.90	6.60	2.78	3.06	11.60	<b>0.20</b>	1.53	15.31	16.31	21'361	0	866
	4h100j dreieck	Gewitter	2.74	1.91	5.26	2.15	2.37	9.04	<b>0.20</b>	1.20	11.97	12.88	22'072	0	785
	12h100j block	gleichmässig	1.12	<b>1.96</b>	3.54	1.30	1.41	5.58	<b>0.20</b>	0.70	7.16	7.90	<b>23'663</b>	0	<b>1'612</b>
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	7'860	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.90	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	466	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	4.86	1.79	6.82	3.19	3.47	12.71	<b>0.20</b>	1.85	16.56	17.53	17'912	0	681
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>5.65</b>	2.13	7.54	<b>4.23</b>	<b>4.59</b>	<b>14.95</b>	<b>0.20</b>	<b>2.23</b>	<b>20.03</b>	<b>21.19</b>	30'648	0	1'636
	2h300j dreieck	Gewitter	5.01	<b>5.50</b>	<b>9.58</b>	4.15	4.56	14.78	<b>0.20</b>	2.09	19.89	21.12	<b>31'875</b>	0	2'322
	4h300j dreieck	Gewitter	3.59	4.63	7.88	3.13	3.43	12.05	<b>0.20</b>	1.59	16.00	17.08	<b>31'875</b>	0	2'313
	12h300j block	gleichmässig	1.30	2.77	4.52	1.52	1.65	6.51	<b>0.20</b>	0.78	8.16	8.94	<b>31'875</b>	0	<b>3'160</b>
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	<b>0.20</b>	0.54	5.22	5.88	12'258	0	116
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	529	0	0

Fazit: Die HQ<sub>100</sub>-Spitze des Horwer Dorfbachs wird um ca. 0.2 m<sup>3</sup>/s gedämpft.

Anhang 10.6: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM  $Q_{AREA}$  bei Drosselung des Brändikanals auf  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  und einem HWRB beim BP 4 mit einer gesteuerten Drosselung auf  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 2) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] bei den Berechnungspunkten										Rückhaltvolumen [ $\text{m}^3$ ]		
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4	BP 7
30	0.5h30j dreieck	Gewitter	2.78	1.40	3.11	<b>1.00</b>	1.17	5.71	0.16	0.94	7.66	8.38	7'714	428	0
	1h30j dreieck	Gewitter	<b>3.09</b>	1.63	3.44	<b>1.00</b>	<b>1.24</b>	<b>6.16</b>	<b>0.24</b>	<b>1.17</b>	<b>8.98</b>	<b>9.83</b>	13'156	1'568	0
	2h30j dreieck	Gewitter	2.70	<b>1.72</b>	<b>3.55</b>	<b>1.00</b>	1.21	6.03	<b>0.24</b>	1.11	8.60	9.45	<b>15'701</b>	<b>2'081</b>	0
	4h30j dreieck	Gewitter	1.99	1.68	3.40	<b>1.00</b>	1.16	5.48	0.20	0.86	7.51	8.27	14'385	1'419	0
	12h30j block	gleichmässig	0.94	1.71	3.03	<b>1.00</b>	1.09	4.64	<b>0.24</b>	0.66	6.04	6.74	15'255	305	0
	24h30j block	gleichmässig	0.56	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.84	4.46	3'664	0	0
	48h30j block	gleichmässig	0.34	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.25	2.40	2.97	392	0	0
100	0.5h100j dreieck	Gewitter	3.77	1.73	3.59	<b>1.00</b>	1.30	6.73	0.32	1.48	9.67	10.50	15'819	2'316	0
	1h100j dreieck	Gewitter	<b>4.29</b>	2.02	4.12	<b>1.00</b>	<b>1.35</b>	<b>7.53</b>	<b>0.46</b>	<b>1.87</b>	<b>11.75</b>	<b>12.81</b>	25'990	5'478	0
	2h100j dreieck	Gewitter	3.78	<b>2.16</b>	<b>4.29</b>	<b>1.00</b>	1.31	7.44	0.45	1.78	11.43	12.48	<b>31'731</b>	<b>7'322</b>	0
	4h100j dreieck	Gewitter	2.74	2.14	4.08	<b>1.00</b>	1.23	6.60	0.35	1.35	9.65	10.56	30'883	7'051	0
	12h100j block	gleichmässig	1.12	1.96	3.54	<b>1.00</b>	1.10	5.28	0.30	0.80	6.97	7.70	23'663	4'609	0
	24h100j block	gleichmässig	0.67	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	7'860	0	0
	48h100j block	gleichmässig	0.41	0.90	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	466	0	0
300	0.5h300j dreieck	Gewitter	4.86	2.02	4.14	<b>1.00</b>	1.40	7.84	0.53	2.13	12.05	13.13	25'980	5'525	0
	1h300j dreieck	Gewitter	<b>5.65</b>	8.09	10.47	<b>1.00</b>	<b>1.49</b>	13.10	<b>0.76</b>	<b>2.75</b>	15.70	16.51	<b>31'875</b>	11'158	0
	2h300j dreieck	Gewitter	5.01	<b>10.84</b>	<b>13.58</b>	<b>1.00</b>	1.43	<b>16.70</b>	0.75	2.62	<b>20.26</b>	<b>21.18</b>	<b>31'875</b>	14'830	0
	4h300j dreieck	Gewitter	3.59	8.38	10.91	<b>1.00</b>	1.31	13.83	0.57	1.94	17.53	18.51	<b>31'875</b>	<b>14'936</b>	0
	12h300j block	gleichmässig	1.30	3.03	4.77	<b>1.00</b>	1.12	6.54	0.36	0.94	8.20	8.93	<b>31'875</b>	10'814	0
	24h300j block	gleichmässig	0.76	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.90	12'258	0	0
	48h300j block	gleichmässig	0.46	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	529	0	0

Fazit: Die  $HQ_{100}$ -Spitze des Horwer Dorfbachs wird um ca.  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  gedämpft.