

Massgebende Hochwasserabflüsse und Beckenberechnungen am Innerdorfbach in Grosswangen (Kt. LU)



Innerdorfbach beim Ereignis vom 21.8.2005 (Foto: Feuerwehr Grosswangen)

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

Bericht: 11/148

Reinach, August 2011

1 Einleitung.....	2
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Vorgehen.....	2
1.3 Gebietskennwerte.....	4
1.4 Gewährsleute.....	4
2 Verwendete Daten und Unterlagen.....	5
3 Historische Hochwasser.....	6
3.1 Einleitung.....	6
3.2 Die historischen Hochwasser am Innerdorfbach.....	6
3.3 Schlussfolgerungen.....	8
4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets	9
4.1 Einleitung.....	9
4.2 Geologie und Hydrogeologie.....	9
4.3 Böden.....	9
4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen.....	10
4.5 Abflussreaktionskurven.....	13
5 Abflussberechnungen.....	15
5.1 Einleitung.....	15
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea.....	15
5.3 Modellverifikation.....	17
5.4 Niederschlag-Szenarien.....	17
5.5 Abflussberechnungen.....	18
6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....	20
6.1 Einleitung.....	20
6.2 Innerdorfbach beim BP 8.....	20
6.3 Beckenberechnungen.....	22
6.4 Schlussfolgerung.....	22
7 Anhang.....	23

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Innerdorfbach in Grosswangen entwässert ein ca. 7 km² grosses ländliches Einzugsgebiet (EZG, Abb. 1.1). Das Gebiet besteht aus hügeligen Hochflächen (700 m ü.M.), mässig steilen Hängen und einer geneigten Muldenlage (530 m ü.M.), wo sich Ober- und Innerdorf befinden. Der Untergrund ist aus Molasse aufgebaut, die nur in steileren Hängen zu Tage tritt, die übrigen Bereiche sind von Moräne überdeckt. Entlang des Innerdorfbachs befinden sich viele Gebäude. Wenn der Bach austritt, können deshalb vielerorts Schäden entstehen. Am 29.7.2010 wurde Grosswangen von gewittrigen Regengüssen getroffen und die Bäche traten teilweise über die Ufer.

Für Grosswangen wurde eine Gefahrenkarte erstellt (Kost + Partner AG, 2009). Grössere Bereiche entlang des Innerdorfbachs zeigen eine geringe bis mittlere Gefährdung. Daher wurden verschiedene Massnahmen vorgeschlagen (z.B. ein Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) beim BP 1, Abb. 1.1), um diese Gefährdung zu mindern.

Die hydrologischen Grundlagen für die Gefahrenkarte wurden durch Holinger AG (2011) überprüft, indem ein Niederschlag-Abflussmodell aufgesetzt und Abflussspitzen und -volumen berechnet wurden. Die HQx-Werte der Gefahrenkarte und der Untersuchung Holinger AG (2011) variieren stark. Um verlässlichere hydrologische Grundlagen für Hochwasserschutzmassnahmen zu erlangen, sind vertiefte Untersuchungen notwendig, welche das EZG-Verhalten bei Starkregen bei vergangenen Hochwassern erfassen. In diesem Zusammenhang stellen sich verschiedene Fragen:

- Wie ordnet sich das Hochwasser 29.7.2010 in die Hochwassergeschichte des Innerdorfbachs ein?
- Wie reagieren die unterschiedlich aufgebauten Teileinzugsgebietsflächen auf Starkregen?
- Welche Abflussspitzen und Abflussvolumen sind zu erwarten und welche Rückhaltevolumen müssten bereitgestellt werden?

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 zeigt die aus den Erkundungen der historischen Hochwasser gewonnenen Erkenntnisse. In Kapitel 4 wird das 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. Zudem werden die notwendigen Beckenvolumen dargestellt.

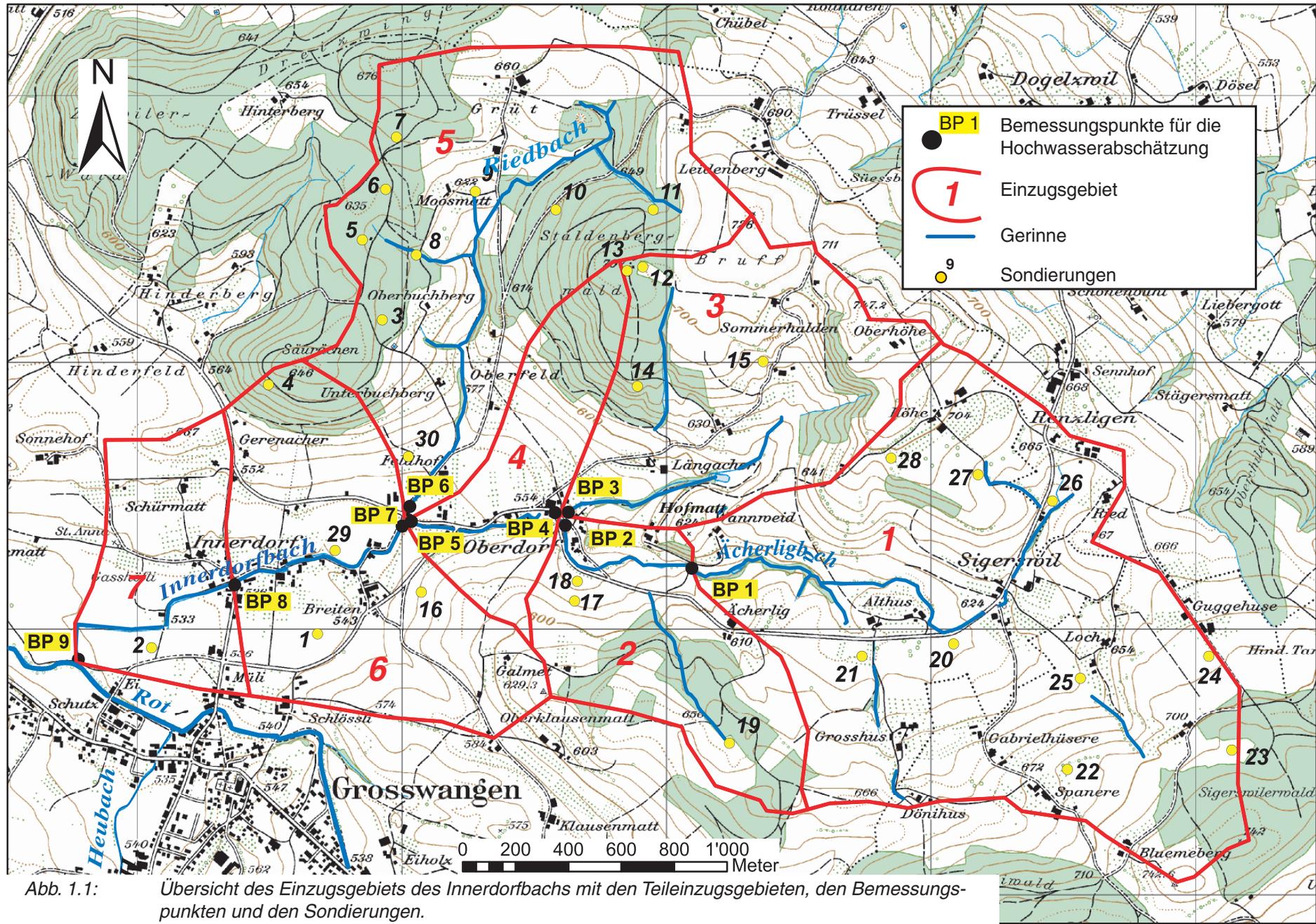


Abb. 1.1: Übersicht des Einzugsgebiets des Innerdorfbachs mit den Teileinzugsgebieten, den Bemessungspunkten und den Sondierungen.

1.3 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (EZG) (Oberhöhe, nördlich Sigerswil)	747 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (Mündung in die Rot)	529 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Innerdorfbach, potenzieller Standort HWRB (Hofmatt)	2.41 km ²
EZG oberhalb BP 2: Ächerligbach in Oberdorf	3.07 km ²
EZG oberhalb BP 3: Seitenbach in Oberdorf	1.01 km ²
EZG oberhalb BP 4: Innerdorfbach in Oberdorf	4.08 km ²
EZG oberhalb BP 5: Innerdorfbach oberhalb Breiten	4.55 km ²
EZG oberhalb BP 6: Riedbach oberhalb Breiten	1.58 km ²
EZG oberhalb BP 7: Innerdorfbach unterhalb Breiten	6.13 km ²
EZG oberhalb BP 8: Innerdorfbach in Innerdorf, Mühlestrasse	7.14 km ²
EZG oberhalb BP 9: Innerdorfbach Mündung in die Rot	7.63 km ²

1.4 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen zu Hochwasser am Innerdorfbach unterstützt:

- Bättig Walter (langjähriger Anwohner)
- Bossard Kilian, Feuerwehr-Kdt. Stellvertreter
- Brusa Rita und Richard (Anwohner)
- Burri Anton (Anwohner seit 30 Jahren)
- Doppmann Josef (Gemeinderat Grosswangen)
- Holzmann Guido (langjähriger Anwohner)
- Huber Albert (langjähriger Anwohner)
- Langenstein Reto (Bauverwaltung Gemeinde Grosswangen)
- Schaller Roland (Gemeindeangestellter Grosswangen)
- Wüest Beat (Feuerwehr Kdt.)

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Gerber M.E. (1994): Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1129 Sursee. Hrsg. Landeshydrologie und -geologie.
- Holinger AG (2011): HWS Grosswangen, Innerdorfbach, Zwischenbericht Hydrologie. Im Auftrag von Verkehr und Infrastruktur (vif), Kt. LU.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte des Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Kost + Partner AG (2009): Gefahrenkarte Gemeinde Grosswangen. Im Auftrag des Fachbereichs Naturgefahren; Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kt. LU.
- Lanz-Stauffer, H. und C. Rommel (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregenereignisse. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- Orientierungslaufvereinigung Luzern (2005): Orientierungslaufkarte Dreizwingenwald, Masstab 1 : 10'000.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte WSL, Berichtnummer 330.
- Röthlisberger G., Geiger H., Zeller J. (1992): Starkniederschläge im Schweizer Mittelland und Jura, Bd. 9. Hrsg. von der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer AG (2010): Abschätzung der massgebenden Hochwasserabflüsse am Hofbach und entlang der Suhre zwischen Oberkirch und Reitnau. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur (vif) Kanton Luzern. Bericht 10/132.
- 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.
- U.S. Army Corps of Engineers (2008): Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS), Version 4.0.0.
- Willisauer Bote, diverse Ausgaben.
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2011): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in der Gemeinde Grosswangen (1972-2010).

3 Historische Hochwasser

3.1 Einleitung

Abflussmessungen liegen am Innerdorfbach keine vor. Durch die Untersuchung historischer Hochwasser werden Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen gesammelt. Durch das Zusammentragen solcher Informationen aus Zeitungen, Archiven und verbürgten Angaben konnte ein Beobachtungszeitraum von ca. 60 - 70 Jahre erschlossen werden. Die Hochwasser der letzten Jahre sind dabei gut auf Fotos und z.T. auf Filmen dokumentiert. Anhand dieser Dokumente konnten die Abflussspitzen rekonstruiert werden. Dies erlaubte die beobachteten Hochwasser einzuordnen.

3.2 Die historischen Hochwasser am Innerdorfbach

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser detailliert zusammengestellt. Als kleiner Bach findet der Innerdorfbach in Zeitungen und Chroniken (z.B. Röthlisberger, 1991) kaum Erwähnung. Deshalb spielen die Befragungen von Gewährspersonen (Kap. 1.4), die entlang des Innerdorfbachs wohnen, eine wichtige Rolle. Die wesentlichen Stellen im Bereich des Innerdorfs sind in Abbildung 3.1 dargestellt.

Seit der zweiten Hälfte des 19. Jh. existieren verschiedene Niederschlag-Tagessammler in der Region. Sie erlauben einen Vergleich der lang andauernden Starkregenereignisse, die Intensität und räumliche Verteilung von Gewittern erfassen sie hingegen nicht. Im Anhang 2 sind die Tagesniederschläge der verschiedenen Messstationen der Umgebung aufgeführt.

Von den letzten vier grossen Hochwasserereignissen ist die räumliche Verteilung der Niederschläge dargestellt. Mittels Interpolation (Kriging-Verfahren) wurden die Gebietsniederschläge abgeleitet (Anhang 3). Beide Informationen sind ein weiteres, allerdings sekundäres Kriterium für die Einordnung von Hochwassern.

Nachfolgend werden die aufgrund der Befragungen bekannten Hochwasser am Innerdorfbach kurz beschrieben.

1968 wird der Innerdorfbach im Zusammenhang mit Hochwasser erstmals von Anwohnern erwähnt. Damals sei der Bach unterhalb Breite die Strasse hinunter geflossen. Übereinstimmend erinnern sich verschiedene Anwohner auch an das Hochwasser vom **29./30.8.1975**, das von einem Dauerregen ausgelöst wurde. Auch damals floss der Bach die Innerdorfstrasse hinunter. Bei der Baustelle von Walter Bättig trug der Bach Baumaterial weg.

Am **5./6.8.1997** führten heftige Gewitter zu Hochwasser am Innerdorfbach, sodass der Bach teilweise die Strasse herunterfloss. Ein Foto zeigt den Innerdorfbach, wie er oberhalb Mühlestrasse über die Strasse läuft.

Angeblich im **Jahr 2000** soll der Durchlass an der Mühlestrasse und das Gerinne unterhalb erneuert worden sein.

Am **21.8.2005** lösten dreitägige ergiebige Niederschläge auf der Alpennordseite extreme Hochwasser aus. Auch im Gebiet des Innerdorfbachs fielen grosse Niederschläge (116 mm in 3 Tagen, Anhang 3), wobei ein Grossteil des Niederschlags in zwei etwas intensiveren Phasen unterbrochen von einer mehrstündigen Pause fiel. Der Bach trat am 22.8.2005 über die Ufer und floss über weite Strecken die Innerdorfstrasse hinunter. Dabei richtete er Schaden an. Die Abflussspitze konnte beim Durchlass Mühlestrasse anhand von Fotos rekonstruiert werden (ca. 5 m³/s).

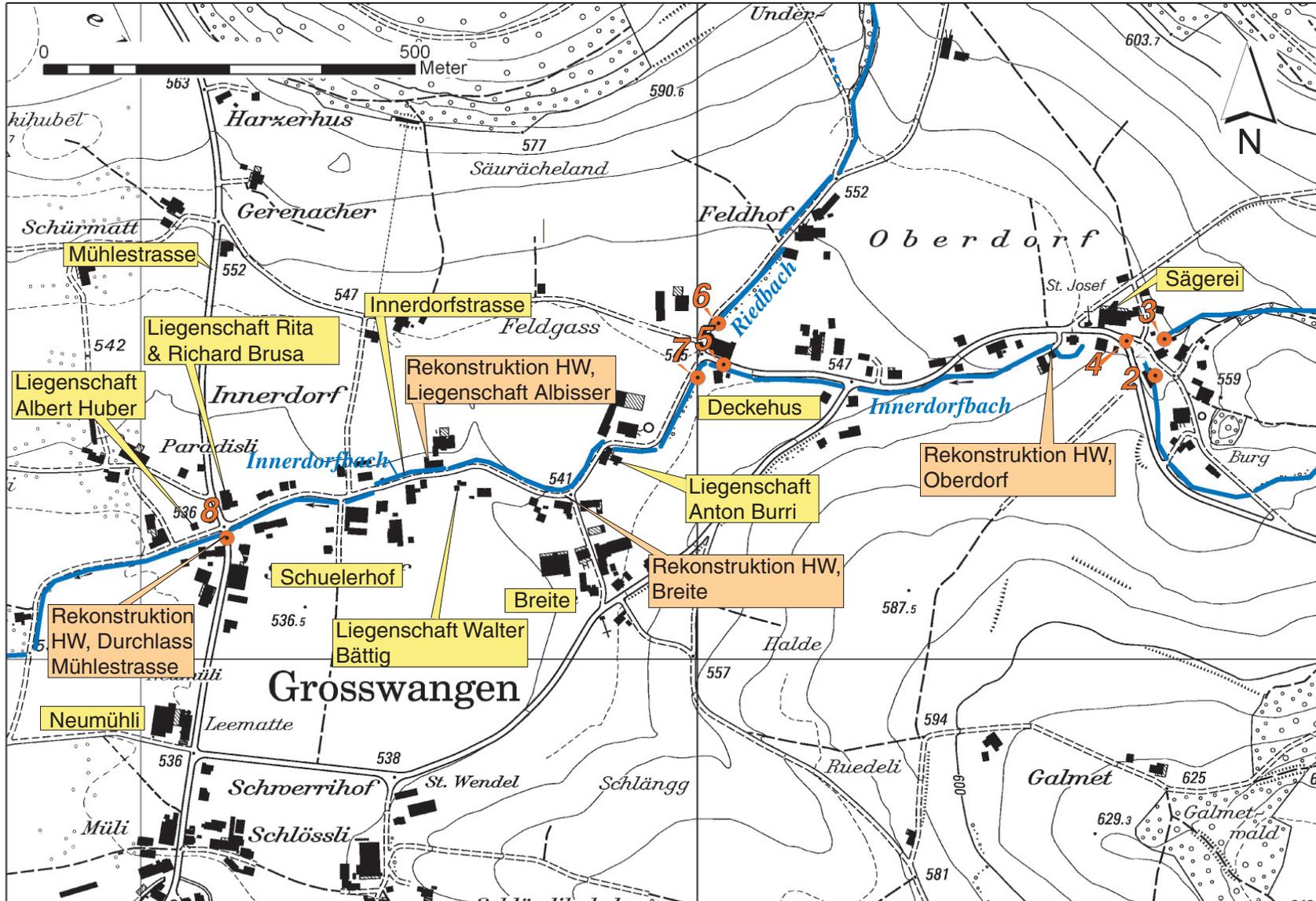


Abb. 3.1: Situation im Innerdorf von Grosswangen mit den Orten der Rekonstruktion und den Bemessungspunkten (orange Punkte und Nummern).

Zwei Jahre später ereignete sich am **8./9.8.2007** ein weiteres Hochwasser. Nach einer niederschlagsreichen Phase im Vorfeld des Hochwassers fiel in zwei Tagen 121 mm Niederschlag. Der Bach trat vielerorts über die Ufer, was anhand von Fotos und Filmen dokumentiert ist. Dadurch konnte die Abflussspitze wiederum beim Durchlass Mühlestrasse auf 8.5 - 9 m³/s abgeschätzt werden.

Das kleinere Hochwasser vom **5.7.2009** wurde durch ein lokales Gewitter über Sigerswil ausgelöst, während in Grosswangen nur wenig Niederschlag fiel. Der Bach kam hoch, ohne zu überfluten. Die Abflussspitze betrug bei der Liegenschaft René Albisser etwa 4 m³/s.

Das letzte grosse Hochwasser ereignete sich in den Morgenstunden des **29.7.2010**. Ein Gewiterniederschlag (88 mm) brachte den Bach zum Überfluten. An verschiedenen Stellen des Baches konnte anhand des reichhaltigen Dokumentationsmaterials die Abflussspitze abgeschätzt werden. Im Oberdorf lag der Abfluss zwischen 5 und 6 m³/s, unterhalb Breite bei ca. 9 m³/s und beim Durchlass Mühlestrasse bei 8.5 - 10 m³/s.

Einordnung: Aus Dokumenten konnten keine Hochwasserereignisse zum Innerdorfbach zusammengetragen werden. Die Befragung von Zeugen war hingegen sehr ergiebig. Die ältesten befragten Personen leben schon seit 70 bis 80 Jahren am Innerdorfbach. Dadurch konnten Hinweise über mindestens 60 - 70 Jahre zusammengetragen werden. Das Hochwasser 2010 (Abflussspitze von 8.5 - 10 m³/s) wird von den meisten als das grösste Ereignis in dieser Zeitspanne bezeichnet. Daher kann ihm eine Wiederkehrperiode von etwa 60 - 70 Jahren zugeordnet werden, möglicherweise war es auch seltener. Auf Rang zwei liegt aufgrund der Rekonstruktion und Aussagen und Hochwassermarken das Hochwasser von 2007 (Abflussspitze 8.5 - 9 m³/s; Wiederkehrperiode 30 - 35 Jahre, evtl. seltener). Beim Hochwasser 2005 (Abflussspitze ca. 5 m³/s) wurde die Innerdorfstrasse überflutet wie auch 1968, 1975, 1997. Dies entspricht mindestens etwa einem 10jährlichen Ereignis.

3.3 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von ca. 60 - 70 Jahren.
- Sowohl Gewitter als auch Landregen erzeugten am Innerdorfbach grosse Hochwasser.
- Das grösste Hochwasser der vergangenen ca. 70 Jahre wurde am 29.7.2010 von einem Gewitter ausgelöst (Abflussspitze: 8.5 - 10 m³/s) gefolgt vom Hochwasser vom 8./9.8.2007 (Abflussspitze: 9 m³/s), das von einem Landregen erzeugt wurde.
- Dem Hochwasser 2010 wird eine Wiederkehrperiode von 60 - 70 Jahren zugeordnet, dem Hochwasser 2007 eine Wiederkehrperiode von 30 - 35 Jahren. Möglicherweise war das Hochwasser 2010 auch seltener.

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 Innerdorfbachs nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

4.2 Geologie und Hydrogeologie

Die geologische und hydrogeologischen Grundlagen stammen aus Gerber (1994) und Jäckli & Kempf (1972).

Der Innerdorfbach entwässert den Rücken zwischen Buttisholz und Grosswangen. Die Hügel sind aus Molasse aufgebaut, wobei die Obere Meeresmolasse (OMM) den Sockel bildet und die Obere Süsswassermolasse (OSM) darüber liegt. Beide Formationen sind im Wesentlichen aus Sandsteinen aufgebaut, untergeordnet sind Nagelfluh oder Mergel eingelagert. In den Steilhängen des Dreizwingenwaldes sind die z.T. graue Sandsteine als Felswände aufgeschlossen. Über der Molasse liegen heute meist mächtige Ablagerungen aus Moräne. Vielerorts im EZG sind diese noch heute als Wälle zu erkennen.

Bei Sigerswil hat sich früher ein grösseres Mooregebiet befunden. Weiter unten im EZG, von Oberdorf bis zu seiner Mündung in die Rot, nimmt die Geländeneigung des Innerdorfbachs ab. In diesem Bereich liegen sog. Rückzugsschotter, die beim Rückzug der Gletscher vermutlich an den Gletscherrändern abgelagert wurden. Der Bach dürfte in diesem Bereich auch von den Hängen erodierte Kiese und Sande abgelagert haben. Laut hydrogeologischer Karte (Jäckli & Kempf, 1972) beherbergen diese Rückzugsschotter Grundwasser. Das EZG zeichnet sich auch durch seinen Reichtum an Quellen aus. Niederschlagswasser, das in die Moräne infiltriert, dringt in die OSM und OMM ein, wo das Wasser von weniger durchlässigen Schichten gestaut wird und zu Tage tritt.

4.3 Böden

In diesem Bereich gibt es keine Bodenkarte, die über die Beschaffenheit der Böden Auskunft geben würde. Um Informationen über den Aufbau der Böden zu erhalten, wurden 30 Sondierungen (I1 – I30) mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) abgeteufelt. Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen und die Profile sind im Anhang 4.1 dargestellt und im Anhang 4.2 (Anhang 4.3, legende) kurz beschrieben. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und zu erwartendem Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft. Aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Karte, der Sondierungen und der Orientierungskarte Dreizwingenwald (OLV Luzern, 2005) ergab sich ein Bild über die räumliche Verteilung und Eigenschaften der Böden im EZG.

In den Hängen der OSM und OMM sind meist sandige Braunerden entstanden (I4, I9, I10, I14, I15, I16, I17, I18, I22, I24, I28). In sehr steilen Hängen können diese etwas flachgründiger sein (I4 und I14). Oben auf dem Dreizwingenwald sind in wenig geneigter Lage meist von Stauwasser geprägte Böden (Pseudogleye: I3, I5, I6, I13 bis Gleye: I11, I12) entstanden. Die

Wald-Freilandverteilung widerspiegelt also im gewissen Sinne die Bodenqualität. In den übrigen Gebieten befinden sich Stauwasser geprägte Böden oder Gleye vorwiegend in den nur wenig geneigten Muldenlagen (I19, I20), wo die Böden nur ungenügend drainieren. In dem teilweise von Grundwasser beeinflussten Zone im Unterlauf des Innerdorfbachs sind je nach Höhe des Wasserspiegels vernässte Böden bis unvernässte Böden anzutreffen.

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

4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen

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

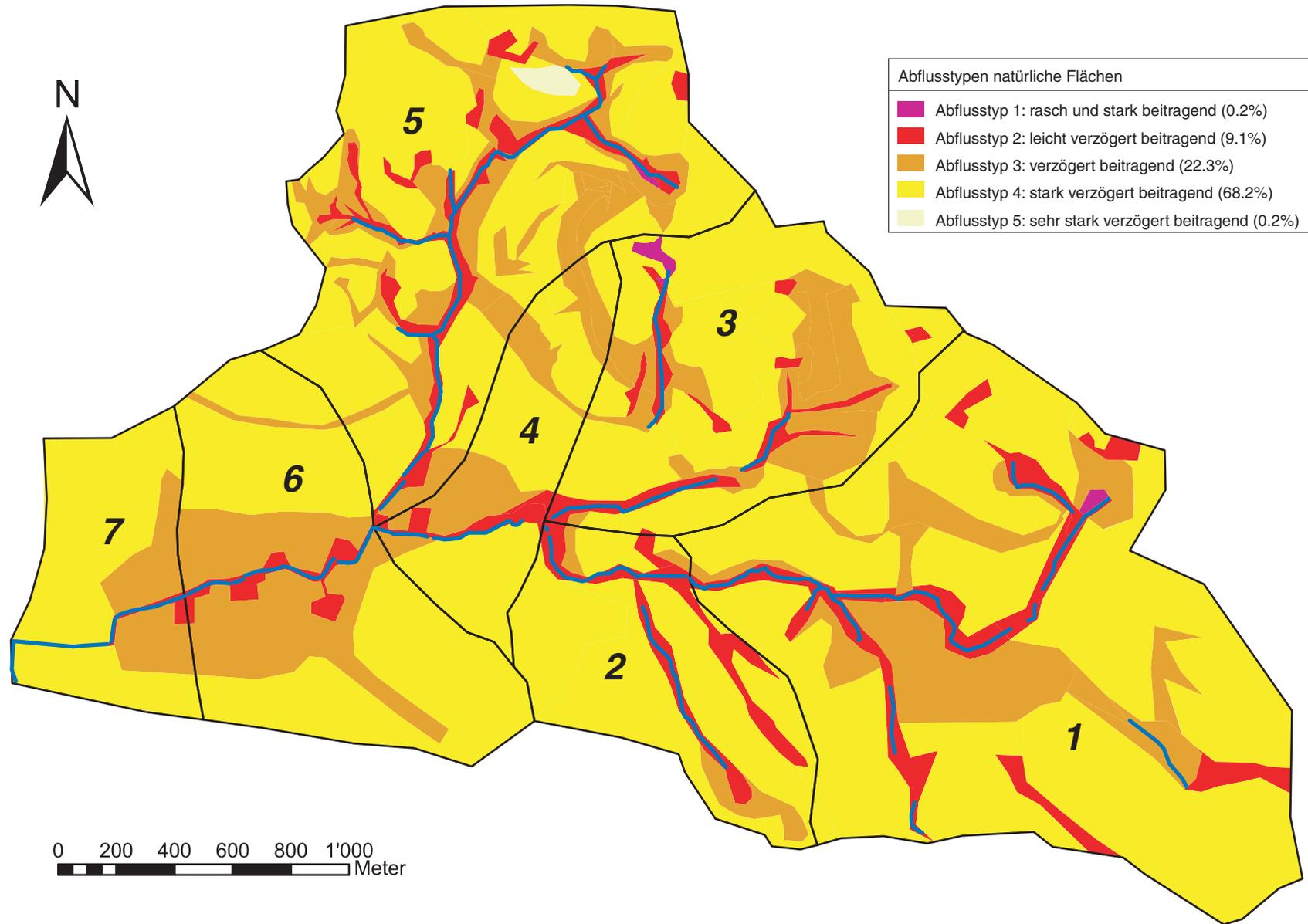
Nassflächen werden rasch gesättigt (Prozess: Oberflächenabfluss aufgrund rasch sich sättigender Flächen, SOF1) und tragen wie undurchlässige Flächen (Oberflächenabfluss aufgrund Infiltrationshemmnissen, HOF1, 2) rasch zum Abfluss bei. Ihre Flächenausdehnung ist allerdings im Gebiet sehr gering (Abflusstyp 1: 0.2 % Flächenanteil).

Feuchte Mulden und die unteren Teile langer Hänge weisen in Bachnähe ein geringes Feuchtedefizit auf und sättigen sich bei Starkregen (verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund der Sättigung: SOF2). Drainierte Flächen an Hängen lösen raschen Abfluss im Boden aus (SSF1). Diese Flächen tragen leicht verzögert zur Entstehung von Hochwasser bei (Abflusstyp 2, 9.1 %).

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 (22.3 %).

Ein Grossteil der Böden im EZG des Innerdorfbachs 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, 68.2 %). Im günstigen Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund (Tiefensickerung, DP, Abflusstyp 5, 0.2 %).

Die Abflussreaktion des Innerdorfbachs wird aufgrund der kartierten Abflusstypen als schwach beurteilt. Ein wesentlicher Grund dafür sind die speicherfähigen und gut durchlässigen Böden im EZG.



- 11 -

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

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

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken.	0.02	0.2
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feuchtflächen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	0.69	9.1
		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.	1.70	22.3
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über Fels oder Moräne, Flächen in Gerinnenähe, drainierte Böden in flacher Lage.		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit.	5.20	68.2
		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).	0.02	0.2
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				7.63	100

4.5 Abflussreaktionskurven

Abbildung 4.2 zeigt die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen. 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 (22.3% resp. 68.2 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 30 % resp. 10 % abfließt. Die Abflusstypen (Abb. 4.1) und die Abflussreaktionskurven (Abb. 4.2) sind eine wichtige Grundlage für das Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM). Sie beschreiben im Wesentlichen die Abflussbildung des Gebiets.

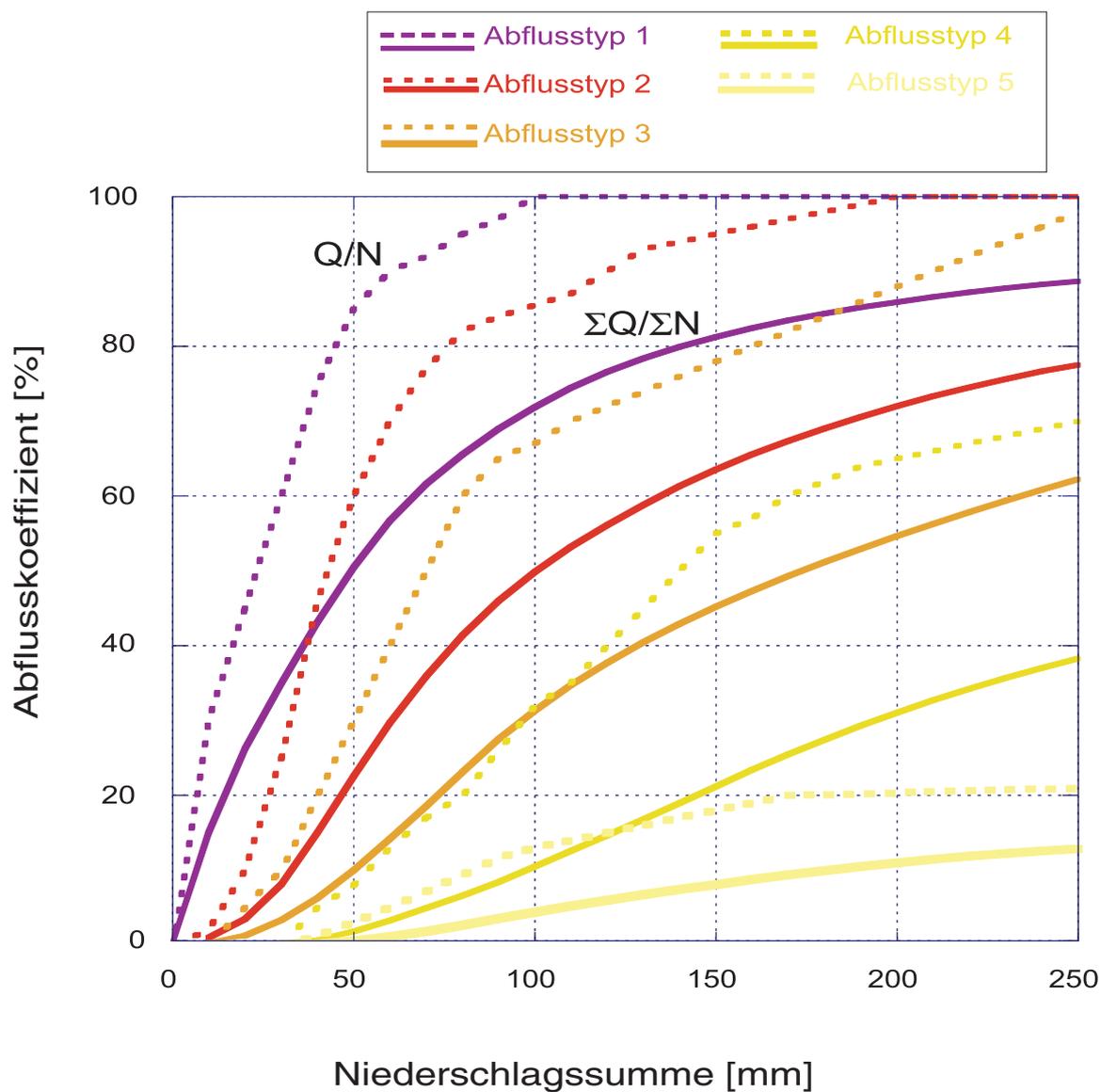


Abbildung 4.2: Die Abflussreaktionskurven der Abflusstypen 1 - 5. Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$ ausgezogene Linie).

5 Abflussberechnungen

5.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) QAREA wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt und erfasst die bei der Hochwasserentstehung beteiligten Abflussprozesse. Dieses Modell ist ein Hilfsmittel, das erlaubt, das Abflussverhalten des EZG auf verschiedene Starkniederschläge rechnerisch zu simulieren und die Reaktion auf seltene meteorologische Bedingungen (Niederschlags-Szenarien) abzuschätzen.

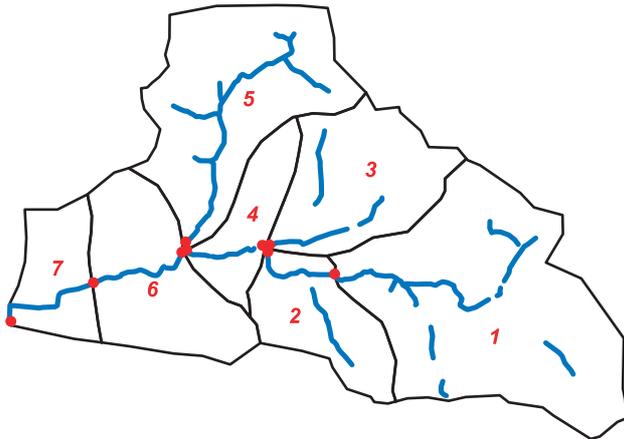
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QAREA

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

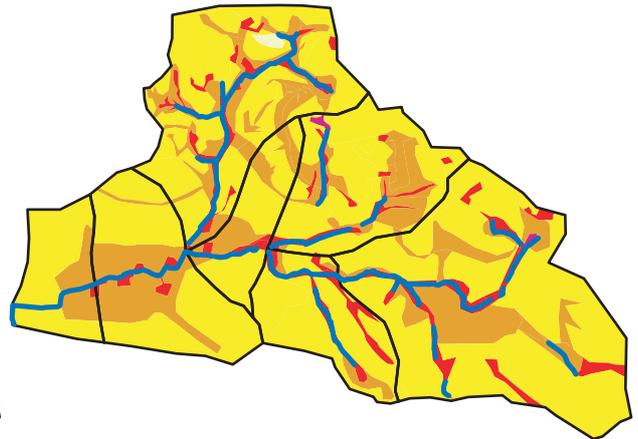
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1c, Kap. 4.5).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten 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 (Abb. 5.1e).

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.

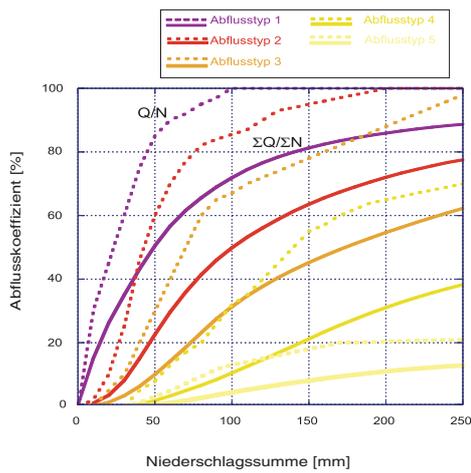
a) Teileinzugsgebiete



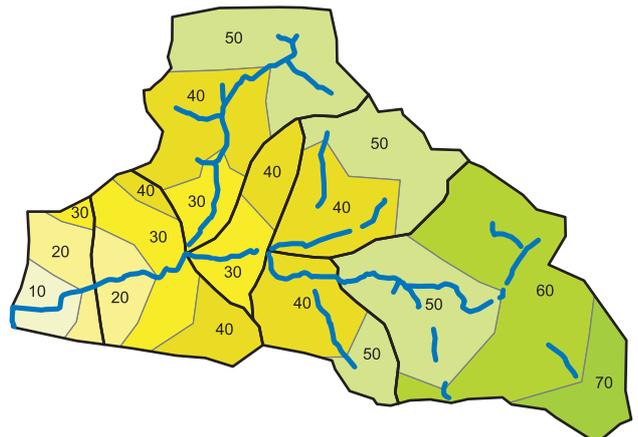
b) Abflusstypen



c) Abflussreaktionskurven



d) Fliesszeiten in Minuten (Isochronen)



e) Niederschlagszonen



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

5.3 Modellverifikation

Für die Modellverifikation wurden die Hochwasser vom 21./22. August 2005 (Anhang 6a), 8. August 2007 (Anhang 6b) und vom 29. Juli 2010 (Anhang 6c) nachgerechnet. Bei den Hochwasserereignissen 2005 und 2007 waren folgende Voraussetzungen für eine Modellverifikation gegeben:

- Es waren Niederschlagsereignisse, welche die ganze Region betrafen. Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelösten messenden Stationen Sursee resp. Willisau für den Niederschlagsinput verwendet.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden (Anhang 3).

Die Hochwasser vom 21./22.8.2005 und 8.8.2007 wurden nachgerechnet und die so berechneten Abflussspitzen liegen im Bereich der rekonstruierten Abflüsse (Anhang 6a und 6b).

Das Hochwasser 2010 wurde durch Gewitterzüge mit stark variierender räumlich-zeitlicher Niederschlagsverteilung ausgelöst. Die Niederschlagsmenge, die im EZG fiel, ist daher ungewiss. Dieses Ereignis dient lediglich der Plausibilisierung. Anhand der Niederschlagsganglinie von Sursee, resp. Willisau und der Niederschlagsverteilung nach Anhang 3 konnte die Abflussspitze nur ungenügend nachgerechnet werden. Eine bessere Übereinstimmung ergibt sich, wenn das gesamte Einzugsgebiet mit dem um 10% erhöhte Niederschlag von Willisau überregnet wird (Anhang 6c).

Insgesamt sind die Nachrechnungen der Hochwasser plausibel und das Modell kann daher für die Extrapolation verwendet werden.

5.4 Niederschlag-Szenarien

5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen (≤ 4 h Dauer) fallen, sind auf wenige km^2 begrenzt. Weil aber die Fläche des EZG mit 7.6 km^2 klein ist, können auch kurze Starkniederschläge das Gebiet voll überregnen. Daher wurde eine gleichmässige räumliche Niederschlagsverteilung angenommen (Abb. 5.1e).

5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Zirka 10 km nordöstlich des EZG des Innerdorfbachs liegt die Regenmessstation Beromünster der MeteoSchweiz. Von den Regenmessstationen, die über eine statistische Auswertung verfügen, liegt Beromünster dem EZG des Innerdorfbachs am nächsten (Röthlisberger et al., 1992). In der Niederschlagsstatistik von Röthlisberger et al. (1992) wurden die Jahre 1901 – 1970 ausgewertet. Seit den 1990er-Jahren gab es eine Häufung von extremen Starkregen, welche in dieser Statistik nicht berücksichtigt sind. Daher wurden die Daten aus Jahrbüchern und digitalen Daten der MeteoSchweiz (Messreihe von 1888 – 2009) zusammengetragen (Scherrer AG, 2010) und statistisch analog zu Röthlisberger et al. (1992) ausgewertet (Anhang 7)¹.

Die Regenmessstation Beromünster registriert aber nur Tagesniederschläge, die hergeleiteten Niederschlagsintensitäten für Messintervalle < 24 Stunden sind daher unsicher. Aufgrund eines Vergleichs mit Niederschlagsstatistiken nahe gelegener und ähnlich exponierter Niederschlagsmessstationen (Unterkulm, Aesch (LU), Koelliken) wurde festgestellt, dass die ermit-

¹ Die neuen statistischen Werte der Station Beromünster sind gegenüber Röthlisberger et al. (1992) bedeutend höher. Der 100-jährliche 1-Tageswert ist 25 %, die 100-jährlichen 2- und 3-Tageswerte sind sogar 33 % höher.

telten Werte in Beromünster verhältnismässig niedrig sind. Daher wurden die Summen kurzer Niederschläge bis 4 h Dauer um 20 % erhöht. Bei diesen Niederschlägen 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 (Beromünster 1888 - 2009). Die Niederschläge bis 4 h Dauer wurden zusätzlich um 20 % erhöht.

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	32.3	56.6
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	40.6	38.0
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	50.9	24.7
12h30j_block	12	30	Blockregen	73.0	6.1
24h30j_block	24	30	Blockregen	91.6	3.8
48h30j_block	48	30	Blockregen	118.2	2.5
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	41.7	73.0
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	52.2	49.0
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	65.4	31.7
12h100j_block	12	100	Blockregen	93.4	7.8
24h100j_block	24	100	Blockregen	117.0	4.9
48h100j_block	48	100	Blockregen	152.1	3.2
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	52.5	91.9
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	65.7	61.6
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	82.1	39.8
12h300j_block	12	300	Blockregen	116.9	9.7
24h300j_block	24	300	Blockregen	146.1	6.1
48h300j_block	48	300	Blockregen	191.2	4.0

5.5 Abflussberechnungen

Tabelle 5.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass Gewitterniederschlägen von 4 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen. Bei den häufigeren Ereignissen erzeugen 12-stündige Niederschläge beinahe dieselben Abflüsse wie längere Gewitter. Die Resultate der Abflussberechnungen stehen damit im Einklang mit den Beobachtungen historischer Hochwasser (vgl. Kap. 3.3). Auch die Erkundung historischer Hochwasser ergab hohe Abflüsse nach Landregen (2007) aber auch nach Gewittern (2010).

Tab. 5.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q_{AREA} .

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten								
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9
30	1h30j_dreieck	Dreieck	1.54	1.95	0.74	2.61	2.85	1.10	3.94	4.46	4.63
	2h30j_dreieck	Dreieck	1.52	1.94	0.71	2.60	2.87	1.07	3.94	4.50	4.69
	4h30j_dreieck	Dreieck	2.15	2.75	0.99	3.74	4.16	1.52	5.68	6.55	6.89
	12h30j_block	gleichmässig	2.08	2.63	0.92	3.55	3.94	1.41	5.35	6.21	6.59
	24h30j_block	gleichmässig	1.58	2.01	0.69	2.70	3.01	1.06	4.07	4.73	5.02
	48h30j_block	gleichmässig	1.18	1.51	0.51	2.02	2.25	0.79	3.03	3.53	3.76
100	1h100j_dreieck	Dreieck	2.84	3.57	1.34	4.78	5.22	2.01	7.23	8.21	8.54
	2h100j_dreieck	Dreieck	2.65	3.35	1.22	4.50	4.98	1.86	6.84	7.84	8.18
	4h100j_dreieck	Dreieck	3.67	4.69	1.69	6.37	7.09	2.60	9.66	11.23	11.86
	12h100j_block	gleichmässig	3.07	3.90	1.34	5.24	5.81	2.06	7.87	9.13	9.68
	24h100j_block	gleichmässig	2.22	2.83	0.96	3.79	4.22	1.48	5.70	6.63	7.05
	48h100j_block	gleichmässig	1.64	2.09	0.71	2.80	3.12	1.09	4.21	4.91	5.23
300	1h300j_dreieck	Dreieck	4.76	5.95	2.22	7.94	8.70	3.34	12.04	13.71	14.28
	2h300j_dreieck	Dreieck	5.58	7.10	2.59	9.64	10.65	3.96	14.49	16.75	17.58
	4h300j_dreieck	Dreieck	5.86	7.46	2.67	10.10	11.24	4.11	15.34	17.84	18.85
	12h300j_block	gleichmässig	4.27	5.42	1.85	7.26	8.06	2.84	10.90	12.65	13.44
	24h300j_block	gleichmässig	2.99	3.81	1.29	5.09	5.67	1.99	7.66	8.91	9.49
	48h300j_block	gleichmässig	2.13	2.71	0.92	3.63	4.05	1.42	5.47	6.39	6.81

6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

6.1 Einleitung

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

6.2 Innerdorfbach beim BP 8

Im Frequenzdiagramm (Abb. 6.1) sind die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengestellt:

Aufgrund der Erkundung **historischer Hochwasser** wird dem Hochwasser 2010 (Abflussspitze 8.5 - 10 m³/s) eine Wiederkehrperiode von 60 - 70 Jahren zugeordnet, dem Hochwasser 2007 (Abflussspitze 9 m³/s) eine Wiederkehrperiode von 30 - 35 Jahren. Möglicherweise war das Hochwasser 2010 auch seltener. Die Wiederkehrperiode der kleineren Ereignisse (1968, 1975, 1997 und 2005, Abflussspitze ca. 5 m³/s) liegt bei ca. 10 - 20 Jahren.

Die **Berechnungen mit den Modellregen** (violette Balken in Abb. 6.1) ergänzen die Ergebnisse der historischen Erkundungen und ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich und die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

Aufgrund der Untersuchungen schlagen wir beim BP 8 (Durchlass Mühlestrasse) ein HQ₁₀₀ von 11 - 13 m³/s vor.

Unter Berücksichtigung der Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die übrigen Berechnungspunkte in analoger Weise festgelegt werden (Tab. 6.1).

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

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	Ächerligbach, potenzieller Standort HWRB (Hofmatt) (2.41 km ²)	2.5 – 3.0	4.0 – 5.0	6.0 – 7.0
2	Innerdorfbach in Oberdorf oberhalb Zusammenfluss (3.07 km ²)	3.0 – 3.5	5.0 – 6.0	7.5 – 9.0
3	Seitenbach in Oberdorf oberhalb Zusammenfluss (1.01 km ²)	2.0 – 2.5	2.5 – 3.0	3.5 – 4.5
4	Innerdorfbach in Oberdorf unterhalb Zusammenfluss (4.08 km ²)	4.0 – 5.0	6.5 – 8.0	10.0 – 12.0
5	Innerdorfbach oberhalb Einmündung Riedbach (4.55 km ²)	4.5 – 5.5	7.5 – 9.0	11.0 – 13.0
6	Riedbach oberhalb Breiten (1.58 km ²)	2.0 – 2.5	3.5 – 4.5	5.0 – 6.0
7	Innerdorfbach oberhalb Breiten (6.13 km ²)	6.0 – 7.0	10.0 – 12.0	15.0 – 18.0
8	Innerdorfbach in Innerdorf, Mühlestrasse (7.14 km ²)	7.0 – 8.5	11.0 – 13.0	16.0 – 19.0
9	Innerdorfbach Mündung in die Rot (7.63 km ²)	7.5 – 9.0	11.5 – 13.5	17.0 – 20.0

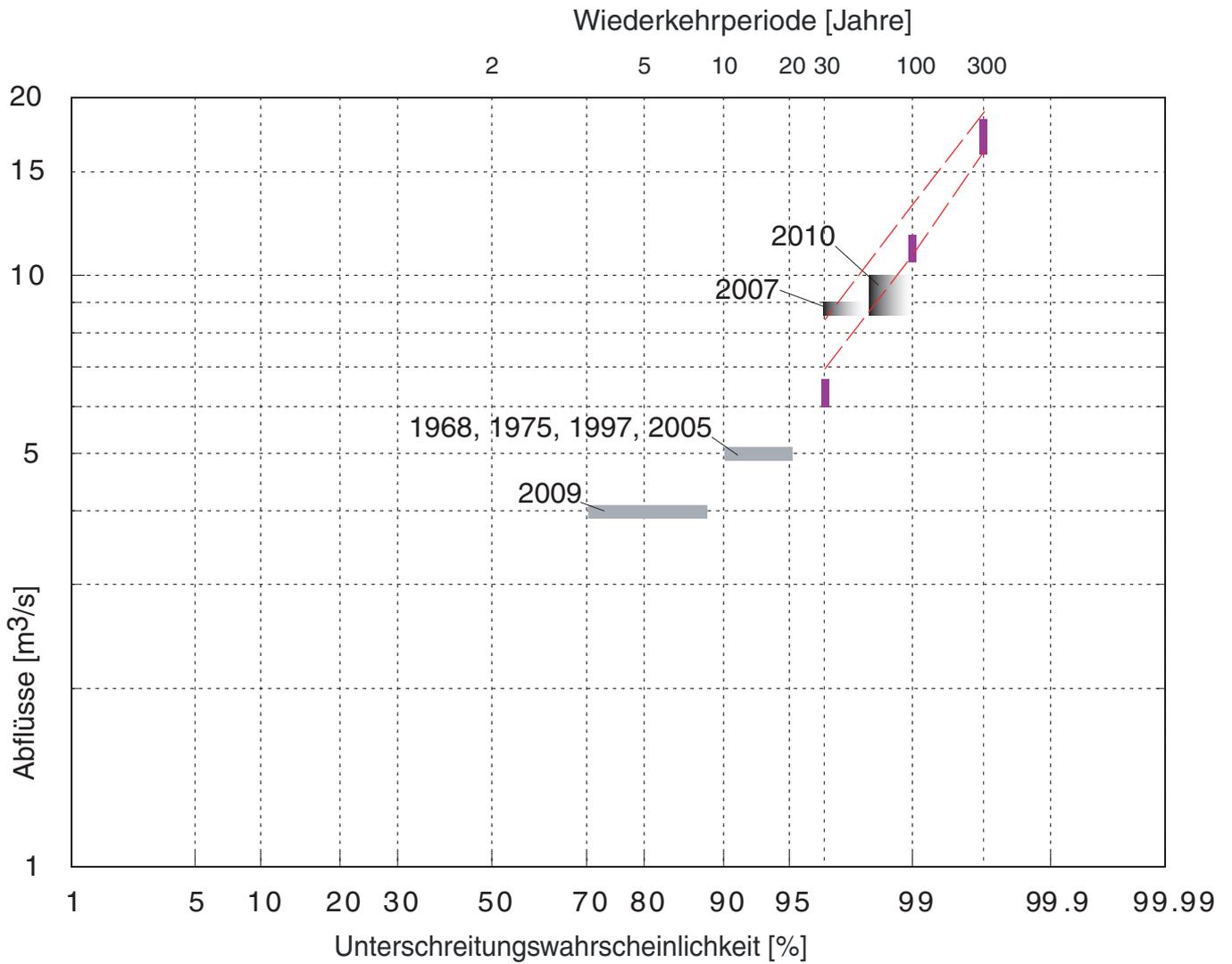


Abb. 6.1: Frequenzdiagramm des Innerdorfbachs bei Grosswangen beim BP 8 (7.14 km²).
Grau eingetragen sind die Abschätzungen der historischen Hochwasser.
Die Resultate der Berechnungen mit Modellregen sind violett dargestellt.
Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

6.3 Beckenberechnungen

Die Resultate der Beckenberechnung sind im Detail im Anhang 8 dargestellt.

Das HWRB beim BP 1 liegt ziemlich peripher und deckt nur 2.4 km² des EZG ab. Damit werden die Abflüsse nur eines Drittels des gesamten EZG gedämpft.

Für ein gesteuertes Becken wurde mit einer konstanten Drosselwassermenge von 1.5 m³/s gerechnet. Bei den grössten Abflussspitzen eines HQ₁₀₀, welche durch einen 4-stündigen Starkregen ausgelöst werden, wird der Abfluss beim BP 8 nur von 11.2 m³/s auf 9.1 m³/s gedämpft. Das erforderliche Beckenvolumen beträgt dabei 14'000 m³. Dieser gedämpfte Abfluss entspricht beim BP 8 immer noch ungefähr dem beim Hochwasser 2007 und 2010 beobachteten Abfluss.

Grössere HWRB-Volumen ergeben sich bei längeren Niederschlägen. Bei einem 100-jährlichen 12h-Niederschlag beträgt das erforderliche HWRB-Volumen 28'000 m³.

6.4 Schlussfolgerung

Mit einer Synthese aus den Ergebnissen der Erkundung historischer Hochwasser, der Beurteilung der Abflussreaktion des Einzugsgebiets und der Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abflussmodell wurden die am Innerdorfbach massgebenden Hochwasserabflüsse hergeleitet. Das hergeleitete HQ₁₀₀ beträgt bei der Mühlestrasse 11 - 13 m³/s.

Ein Hochwasserrückhaltebecken am Ächerligbach (Oberlauf Innerdorfbach) vermag die Abflussspitzen im Innerdorf nur wenig zu dämpfen. Ein solches Becken wäre auch wirtschaftlich nicht sinnvoll, weil trotzdem Massnahmen entlang des Baches ergriffen werden müssten (z.B. Bachausbau, Objektschutz, Entlastung).

Scherrer AG
Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. S. Scherrer

Dr. D. Naef-Huber

Reinach, August 2011

Sachbearbeiter:

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

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

Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich

7 Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilung
- Anhang 4: Bodenprofile
- Anhang 5: Modellaufbau
- Anhang 6: Modellverifikation
- Anhang 7: Niederschlagsstatistik Beromünster (1888-2009)
- Anhang 8: Beckenberechnungen

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1825, 14.7.	Hagelschlag	Grosswangen: Kulturschaden Fr. 2'000.--	Lanz-Stauffler & Rommel (1936)
1866, 29.5./12.6.		Hagelschlag in Grosswangen. gemeinderätliche Schätzung: Fr. 15'000.--	Lanz-Stauffler & Rommel (1936)
1968, 21.9.		Hochwasser: Innerdorfbach floss Strasse hinunter.	Walter Bättig
1972, 22.11.	Dauerregen	Die ununterbrochenen Regengüsse der vergangenen Tage haben in grossen Teilen des Luzernbiets Schäden verursacht.	Luzerner Landbote, 24.11.1972
		Im Wiggergebiet (4000 m ³ Geröll im Mündungsgebiet; Wiggersanierung), Luthergebiet, Rotbachgebiet und im Gebiet der Kleinen Emme Bachausbrüche, Überschwemmung von Gebäuden, Strassen und Wiesen, verheerende Schäden an Kulturland, Strassen und Brücken; Erdschlipfe (wo?). Wird als grösste Flut seit 100 Jahren bezeichnet. Betroffene Orte: a) im Wiggergebiet: Menzberg, Hergiswil, Willisau, Daiwil, Tröllental, Alberswil, Schötz, Egolzwil, Nebikon, Altishofen, Dagmersellen, Reiden, Mehlsecken; b) im Luthergebiet: Luthern, Zell, Gettnau; c) im Rotbachgebiet: Grosswangen, Ettwiswil; d) im Gebiet der Kleinen Emme: Gemeinde Malers u.a. (hier arge Uferschäden). Im Nachtrag aufgeführte Orte: Romoos, Werthenstein und Wolhusen (Schäden an Güterstrassen und Hangrutschungen u.a.).	WSL, 2011
1972, 22./23.11	Dauerregen	Wigger und Luthern traten über die Ufer. Betroffen waren u.a. die Gemeinden Willisau, Gettnau, Alberswil und Schötz. Bei der Wydenmühle an der Ettiswilerstrasse rissen die Wogen die starke Brücke von den Pfeilern. Das Ettiswilerfeld wurde überschwemmt und der Verkehr über die Kreuzung Burgrain musste eingestellt werden.	Willisauer Bote
		Hochwasser am Innerdorfbach, jedoch grösseres Ausmass an der Rot.	Albert Huber
1975, 29./30.8.	Dauerregen (?)	Hochwasser: Innerdorfbach floss Strasse hinunter, Baumaterial wurde weggeschwemmt.	Walter Bättig
		Hochwasser am Innerdorfbach	Albert Huber
1986, 20.6.	Gewitter	Grosswangen: Überschwemmungsschäden. Anmerkung: Im Kanton Luzern insgesamt 112 Notrufe (v.a. im Luzerner Hinterland und im Wiggertal). 45-min-Gewitterregen. Jeder Graben wurde zu einem Bach, Kanalisationen und Abläufe mit Geschiebe verstopft, Keller etc. überschwemmt. Generelle Wetterlage: "Auf die Häufung von schweren lokalen Unwettern angesprochen, sagte ein Sprecher der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich, dass die Schäden deshalb so gross seien, weil es während der Gewitter der letzten Tage und Wochen relativ windstill gewesen sei. Die Gewitterfront sei dadurch nicht wie üblich weitergezogen, sondern habe sich jeweils über einzelnen Regionen während längerer Zeit entladen. Zudem hätten eher östliche Winde geherrscht, was angesichts der Ausrichtung der Vegetation und baulicher Infrastruktur erfahrungsgemäss zu grösseren Schäden führe als die häufigeren Westwindgewitter."	WSL, 2011

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1997,5./6.8.	Gewitter	Die Buechwigger trat in Willisau über die Ufer.	Willisauer Bote
		Infolge heftiger Gewitter vom 5. auf den 6.8.97 wurden in den Kantonen BE, LU, AG, VD, VS, FR zahlreiche Keller und Strassen überschwemmt. Die Kantonsstrasse Ettiswil - Wolhusen musste gesperrt werden.	WSL, 2011
		Hochwasser: Innerdorfbach floss Strasse hinunter.	Walter Bättig
		Foto zeigt die Situation oberhalb der Mühlestrasse, wo das Wasser leicht über die Ufer ging.	Rita und Richard Brusa
2000		Bachausbau: Durchlass Mühlestrasse erneuert. Unterhalb Mühlestrasse wurde Profil von einem Trapez zu einem Rechteckprofil verändert und angeblich verkleinert.	Kilian Bossard, Beat Wüest, Albert Huber
2003, 7.6	Gewitter	Am Abend gingen innert 3 h über 150 Schadensmeldungen bei der Kantonspolizei Luzern ein. Die Schäden betrafen v.a. die Gemeinden Menznau, Buttisholz, Nottwil und Inwil, doch auch Wolhusen, Willisau, Grosswangen, Eschenbach, Ballwil und Perlen waren vom Gewitter stark betroffen.	WSL, 2011
2005, 21.8.	Dauerregen	Am Abend gingen innert 3 h über 150 Schadensmeldungen bei der Kantonspolizei Luzern ein. Die Schäden betrafen v.a. die Gemeinden Menznau, Buttisholz, Nottwil und Inwil, doch auch Wolhusen, Willisau, Grosswangen, Eschenbach, Ballwil und Perlen waren vom Gewitter stark betroffen.	WSL, 2011
		Hochwasser: Bach floss Strasse hinunter.	Bättig Walter
		Der Bach ging über die Ufer. Das Ganze kam unerwartet, weil längere Zeit keine Hochwasser mehr aufgetreten waren und wurde daher als schlimm empfunden.	Kilian Bossard, Beat Wüest
		Bach ging über die Ufer. Mehr als 100 mm Niederschlag fiel in drei Tagen. Erstmals seit 1980 war der Bach so hoch angestiegen (wohnhaft seit 1980 am Innerdorfbach).	Anton Burri

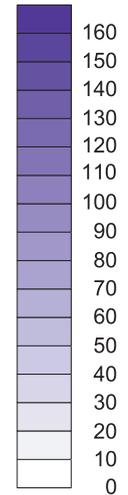
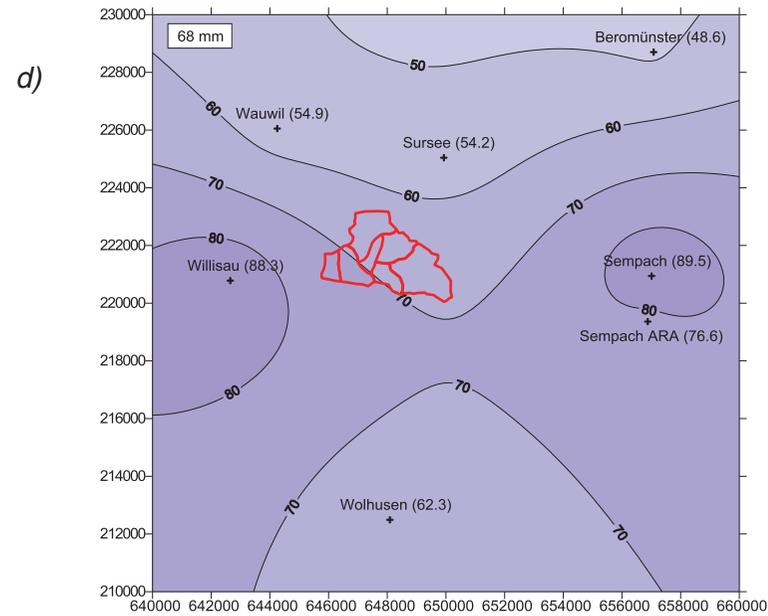
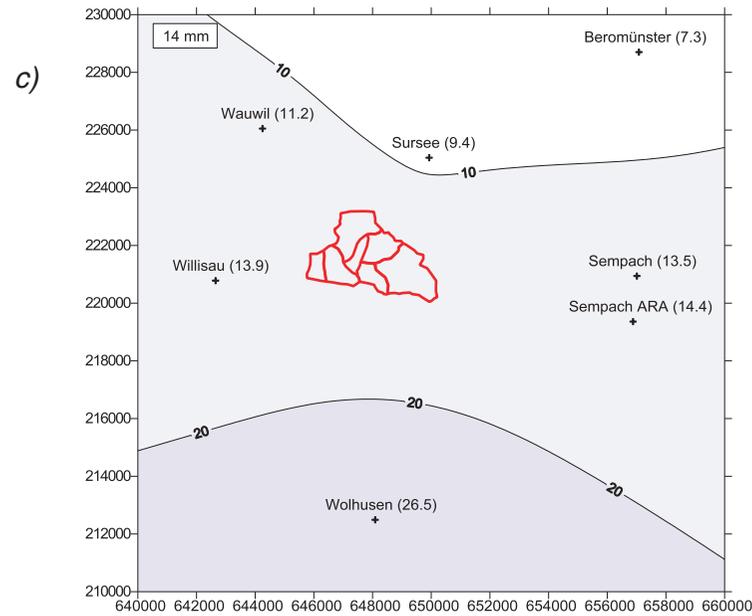
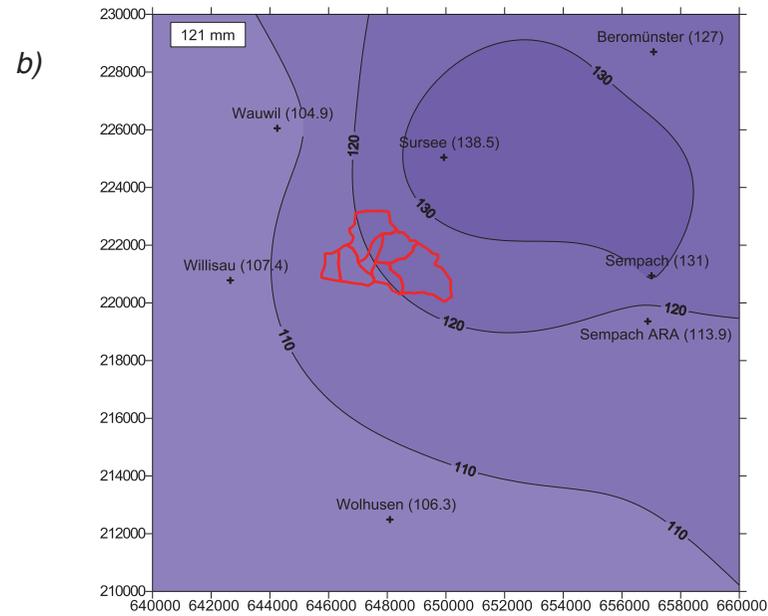
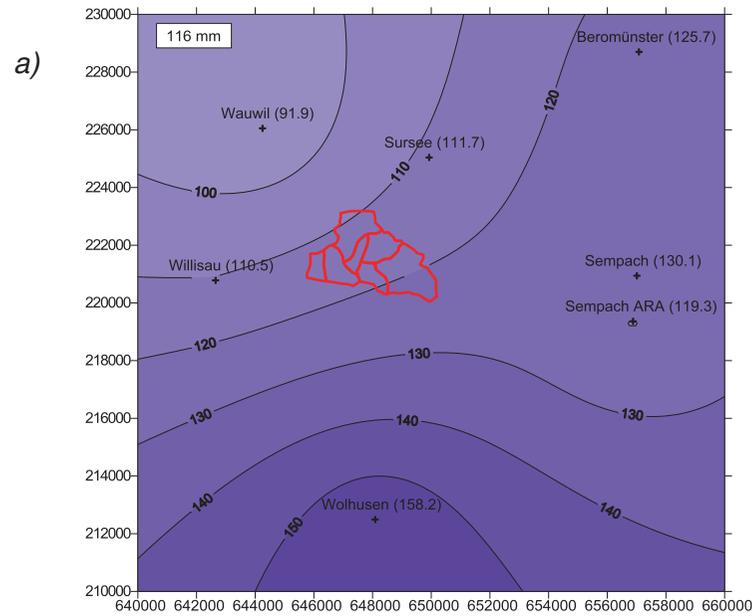
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
		<p>Diverse Fotos zeigen die Situation beim Durchlass Mühlestrasse. Foto: Blick von der Liegenschaft Huber bachaufwärts über die Mühlestrasse.</p> 	Albert Huber
		Diverse Fotos zeigen, wie der Bach oberhalb Mühlestrasse über die Ufer ging und das Umland überschwemmte.	Rita und Richard Brusa
		Diverse Fotos zeigen, wie der Bach zwischen Deckehus und Mühlestrasse auf der Strasse floss.	Feuerwehr Grosswangen
2006, 9.4.	Dauerregen, Schneeschmelze	Die Feuerwehr sicherte zwei kritische Stellen der beiden Gewässer Innerdorfbach (im Innerdorf) und Heubächli (im Gebiet Badhus) mit Sandsäcken und Schalltafeln ab.	WSL, 2011
2007, 8.8.	Dauerregen	Anhaltender Regen hat in der Schweiz Flüsse über die Ufer treten lassen, Keller geflutet und Strassen überschwemmt. Der Kanton Luzern rief am Abend des 8.8.07 den Kantonalen Krisenstab zusammen. Mehr als 1500 Feuerwehrleute standen in der Nacht im ganzen Kanton im Einsatz. (...) Über die Ufer trat auch der Oberdorfbach / Innerdorfbach. Die Silos der Neumühle wurden rund 30 cm hoch mit Wasser gefüllt. Das ansonsten kleine Bächlein überflutete zudem weitere Keller und Gebäude. Im Keller der Bäckerei von H. Pfenniger stand das Wasser über 1 m hoch. Die Strasse Grosswangen - Menznau war gesperrt.	WSL, 2011
		Innerdorfbach: Kapazitätsengpässe auf der gesamten Länge ab Sägerei Oberdorf; vor allem Oberdorf 14, Breiten 10, Innerdorf 3, 15 und 21; Teilverkläunungen bei einzelnen Durchlässen.	Kost + Partner AG (2009)
		Hochwasser: Bach floss Strasse hinunter	Walter Bättig
		Der Bach floss zwischen Haus und Saustall durch, was weder im 2005 noch im 2010 auftrat. Er hält daher die Abflussspitze des Hochwassers 2007 für grösser als die des Hochwassers 2010.	Anton Burri

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
		<p>Diverse Fotos zeigen die Überflutungen im Bereich der Mühlestrasse. Foto: Blick von der Liegenschaft Brusa zur Kreuzung Mühlestrasse / Innerdorfstrasse.</p> 	Rita und Richard Brusa
		Diverse Fotos zeigen die Überflutungen als Luftaufnahme zwischen Schuelerhof und Mühlestrasse und unterhalb Mühlestrasse.	Feuerwehr Grosswangen (?)
2009, 4.7.	Gewitter	Ein eigentlich nicht allzu heftiges Gewitter baute sich im Napfgebiet auf und ging am Abend über dem Kt. Luzern nieder (Richtung Sempachersee und Luzern). Bäche traten über die Ufer, Strassen wurden überschwemmt und Keller standen unter Wasser. Am schlimmsten betroffen war das Wiggertal. Neben den Feuerwehren Wiggertal und Pfaffnau-Roggliswil standen auch die Feuerwehren Escholzmatt und Knutwil-Mauensee im Einsatz.	WSL (2010)
2009, 5.7.	Gewitter	Der Bach ging hoch, aber nicht über die Ufer. Beim Engpass bei der Brücke bei Liegenschaft René Albisser ging der Bach gerade noch durch ohne auszutreten (Fotos).	Kilian Bossard, Beat Wüest
		Gewitter über Sigerswil, jedoch kaum Niederschlag in Grosswangen (ca. 20 mm). Der Bach war ca. 90% voll gelaufen.	Anton Burri
		Diverse Fotos, welche den nicht überbordenden Bach bei der Liegenschaft René Albisser zeigen.	Feuerwehr Grosswangen (?)

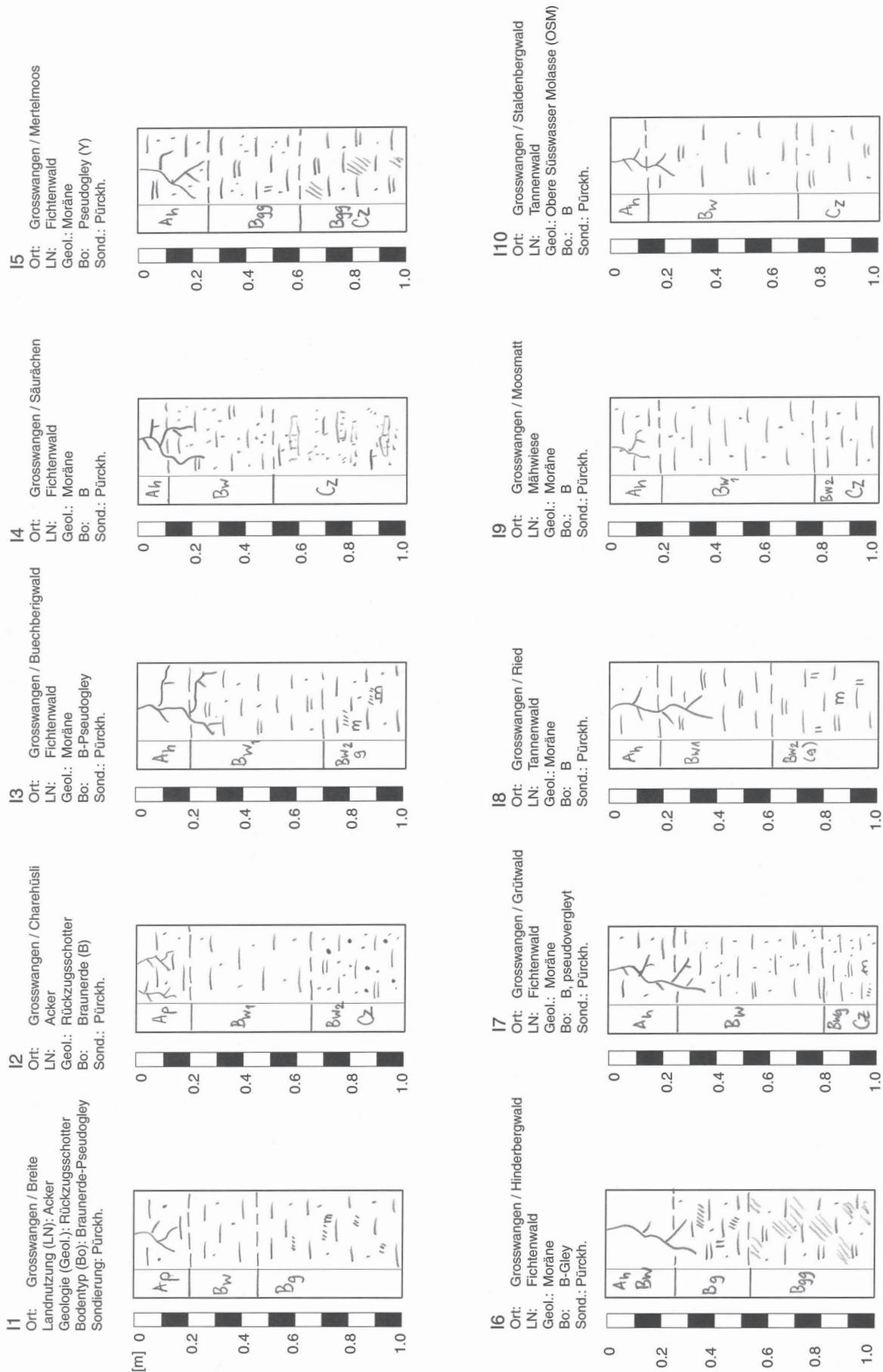
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2010, 20.7.	Gewitterfront	Starke, andauernde Regenfälle führten im Kt. Luzern zu überschwemmten Strassen und Feldern. Rund 20 Feuerwehren standen im Einsatz. Bis am Abend des 29.7.2010 gingen bei der Gebäudeversicherung rund 50 Schadensmeldungen ein. Die Polizei verzeichnete etwa 200 Anrufe. Besonders betroffen war das Luzerner Hinterland, das Rottal, das Wiggertal und das Seetal. Teilweise wurden auch Verkehrswege unterbrochen - so auch die Strasse zwischen Grosswangen und Kottwil sowie zwischen Grosswangen und Oberkirch.	WSL, 2011
		Der Bach floss 2007 bei seiner Liegenschaft zwischen Wohnhaus und Saustall durch, was beim Hochwasser 2010 nicht der Fall war.	Anton Burri
		Auszug aus dem Feuerwehr-Rapport: 07:50 Uhr: Bach droht über die Ufer zu gehen. 08:30 Uhr: Erstes Aufgebot. 11:30 Uhr: Hochwasser lässt nach.	Feuerwehr Grosswangen
		Diverse Fotos zeigen die Situation bei der Liegenschaft Brusa an der Mühlestrasse. Foto: Wasserstände beim Hochwasser 2005 und 2007 im Vergleich zum Wasserstand 2010.	Rita und Richard Brusa
			
		Diverse Videos entlang des Innerdorfbachs während des Hochwassers 2010	Kilian Bossard

Nr. Station	6648 Wauwil bis 1973	6800 Sempach	6816 Triengen	6840 Beromünster	6860 Unterkulm	6880 Aesch (LU) bis 1928	LU 04 Sempach ARA	LU 05 Sursee	LU 07 Langnau (LU)	LU 08 Willisau	LU 09 Wolhusen	
Messperiode	1961 - 644250	1961 - 657010	1883 - 1919 648300	1882 - 657080	1883 - 651280	1901 - 659915	1991 - 656880	2000 - 649930	2000 - 640360	1991 - 642650	2000 - 648090	
X	226050	220940	231770	228700	240080	234450	219360	225040	231200	220780	212490	
Y	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	
Zeitintervall Statistik	keine	1961 - 1987	keine	1888 - 2009	1901 - 1987	1901 - 1987	keine	keine	keine	keine	keine	
13.01.1910			0.0	0.0	0.0	0.0						
14.01.1910			1.9	0.4	5.6	3.4						
15.01.1910			5.2	8.1	0.8	4.7						
16.01.1910			0.0	0.0	0.0	0.0						
17.01.1910			7.7	7.6	8.1	4.8						
18.01.1910			24.7	20.0	37.5	28.4						
19.01.1910			72.1	67.2	59.8	61.5						
20.01.1910			49.6	38.0	47.5	44.6						
21.01.1910			2.2	2.6	1.7	3.0						
19.-20.01.1910			121.7	105.2	107.3	106.1						
18.-20.01.1910			146.4	125.2	144.8	134.5						
10.06.1910			8.6	3.0	0.0	1.4						
11.06.1910			13.1	4.7	14.1	9.4						
12.06.1910			7.3	44.0	3.8	5.1						
13.06.1910			7.7	13.6	15.3	17.4						
14.06.1910			60.3	55.0	47.1	73.5						
15.06.1910			8.3	14.0	8.8	16.1						
16.06.1910			0.0	0.0	0.0	0.0						
13.-14.06.1910			68.0	68.6	62.4	90.9						
13.-15.06.1910			76.3	82.6	71.2	107.0						
09.06.1912			11.0	12.0	7.4	18.0						
10.06.1912			0.0	0.0	0.0	0.0						
11.06.1912			0.0	0.0	0.0	0.0						
12.06.1912			4.6	9.5	2.1	11.1						
13.06.1912			88.0	62.2	63.7	59.7						
14.06.1912			0.0	0.0	0.0	0.0						
12.-13.06.1912			92.6	71.7	65.8	70.8						
22.06.1953				21.4	0.0	9.1						
23.06.1953				5.4	6.7	6.0						
24.06.1953				11.6	6.0	9.0						
25.06.1953				47.1	54.1	52.0						
26.06.1953				40.6	22.2	37.6						
27.06.1953				1.8	3.8	0.9						
25.-26.06.1953				87.7	76.3	89.6						
24.-26.06.1953				99.3	82.3	98.6						
18.11.1972	0.0	3.1		21.7	0.0	0.0						
19.11.1972	7.0	1.6		8.6	3.9	2.3						
20.11.1972	2.0	6.4		8.4	11.1	8.5						
21.11.1972	42.0	33.6		35.5	26.0	35.5						
22.11.1972	86.0	77.9		68.5	65.9	71.9						
23.11.1972	0.0	4.5		5.1	2.9	1.7						
21.-22.11.1972	128.0	111.5		104.0	91.9	107.4						
20.-22.11.1972	130.0	117.9		112.4	103.0	115.9						
04.08.1978	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0						
05.08.1978	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0						
06.08.1978	15.5	13.1		18.1	27.9	15.9						
07.08.1978	58.5	83.8		85.4	80.5	79.0						
08.08.1978	8.7	7.4		14.6	9.5	8.5						
06.-07.08.1978	74.0	96.9		103.5	108.4	94.9						
06.-08.08.1978	82.7	104.3		118.1	117.9	103.4						
15.05.1994	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		
16.05.1994	1.5	0.8		1.5	4.2	3.1	0.8		10.4	5.7		
17.05.1994	23.9	17.8		30.0	13.3	21.4	17.8		13.9	29.3		
18.05.1994	52.8	75.8		92.0	94.9	86.7	73.6		59.6	52.6		
19.05.1994	6.5	7.5		16.9	15.4	9.3	6.6		8.8	4.0		
20.05.1994	5.0	9.7		8.1	9.2	7.8	8.6		5.4	7.6		
17.-18.05.1994	76.7	93.6		122.0	108.2	108.1	91.4		73.5	81.8		
17.-19.05.1994	83.2	101.1		138.9	123.6	117.4	98.0		82.3	85.8		
17.08.2005	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18.08.2005	37.3	14.2		1.2	1.8	0.3	20.0	8.1	44.8	37.4	15.4	
19.08.2005	36.1	35.5		27.0	38.8	16.3	27.5	22.8	31.5	17.1	16.2	
20.08.2005	10.1	24.4		18.1	8.3	15.1	22.3	15.2	5.6	10.1	47.8	
21.08.2005	45.7	70.2		80.6	33.5	63.0	69.6	73.7	37.2	83.3	94.1	
22.08.2005	15.5	15.3		10.0	11.7	7.9	12.1	10.9	16.4	14.7	16.7	
23.08.2005	0.5	0.0		0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.4	0.1	0.3	
20.-21.08.2005	55.8	94.6		98.7	41.8	78.1	91.9	88.9	42.9	93.4	141.9	
19.-21.08.2005	91.9	130.1		125.7	80.6	94.4	119.3	111.7	74.4	110.5	158.2	
07.04.2006	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
08.04.2006	14.4	17.4		9.7	5.5	9.5	11.6	13.8	7.6	14.4	8.9	
09.04.2006	50.4	28.5		44.7	56.6	43.8	27.2	42.8	56.3	45.8	24.4	
10.04.2006	33.1	17.5		38.2	36.0	34.3	29.0	36.5	33.5	30.6	31.0	
11.04.2006	0.8	10.2		1.1	0.5	0.5	0.9	5.4	3.3	1.3	12.3	
09.-10.04.2006	83.5	46.0		82.9	92.6	78.1	56.2	79.4	89.9	76.4	55.4	
08.-10.04.2006	97.9	63.4		92.6	98.1	87.6	67.8	93.1	97.4	90.8	64.3	
05.08.2007	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
06.08.2007	3.9	0.0		0.0	0.0	0.0	1.1	2.2	8.4	4.4	3.3	
07.08.2007	21.6	48.3		40.9	19.2	37.8	46.5	53.1	19.7	28.5	35.3	
08.08.2007	76.0	76.0		78.0	85.5	90.5	64.5	80.3	70.5	73.9	67.5	
09.08.2007	7.3	6.7		8.1	8.2	5.3	3.0	5.1	6.6	5.0	3.6	
10.08.2007	3.3	2.0		2.5	4.1	2.6	1.2	2.6	2.6	2.5	0.7	
07.-08.08.2007	97.6	124.3		118.9	104.7	128.3	111.0	133.4	90.2	102.4	102.7	
07.-09.08.2007	104.9	131.0		127.0	112.9	133.6	113.9	138.5	96.9	107.4	108.3	
02.07.2009	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
03.07.2009	12.0	12.0		10.9	2.1	5.3	21.4	5.1	6.7	8.1	12.2	
04.07.2009	13.8	11.6		0.0	1.8	0.0	6.0	31.9	22.9	4.6	3.1	
05.07.2009	11.2	13.5		7.3	4.2	5.9	14.4	9.4	19.4	13.9	26.5	
06.07.2009	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	
4.-5.07.2010	25.0	25.1		7.3	6.0	5.9	20.4	41.2	42.2	18.5	29.5	
3.-5.07.2010	37.0	37.1		18.2	8.1	11.2	41.8	46.3	49.0	26.6	41.8	
27.07.2010	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	
28.07.2010	20.3	35.0		22.2	21.2	32.4	27.5	22.7	30.7	27.7	19.9	
29.07.2010	34.6	54.5		26.4	12.4	23.7	49.1	31.5	22.4	60.6	42.5	
30.07.2010	0.0	0.0		1.3	0.4	1.2	1.1	0.5	0.2	1.0	1.3	
28.-29.07.2010	54.9	89.5		48.6	33.6	56.1	76.6	54.2	53.1	88.3	62.3	
28.-30.07.2010	54.9	89.5		49.9	34.0	57.3	77.7	54.7	53.3	89.3	63.6	

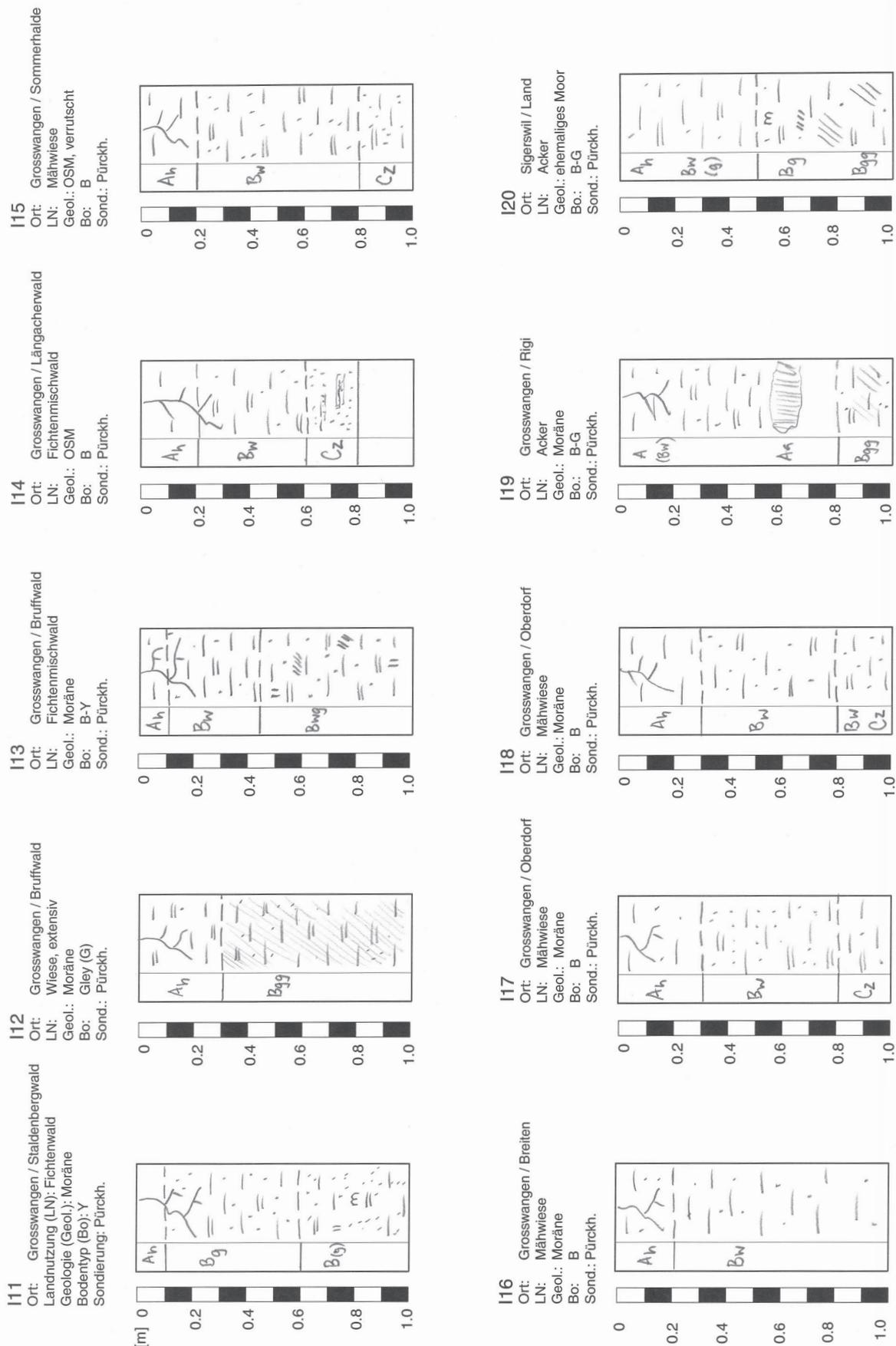
5-jährlich
 10-jährlich
 20-jährlich
 50-jährlich
 100-jährlich



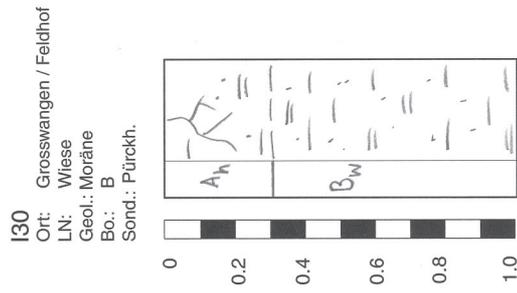
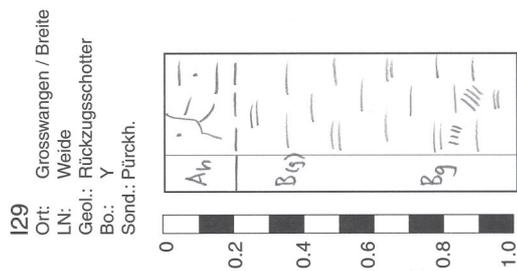
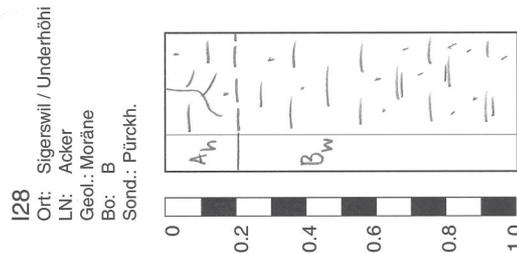
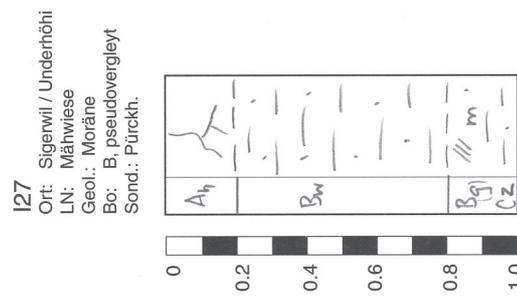
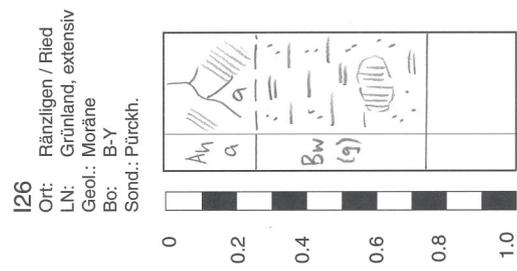
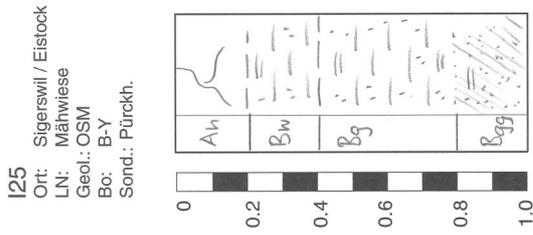
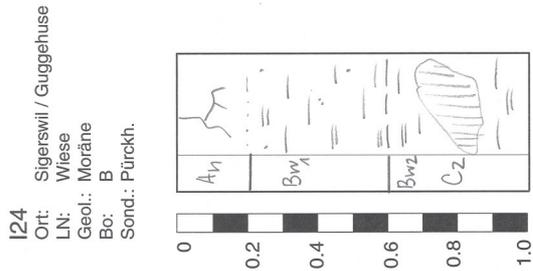
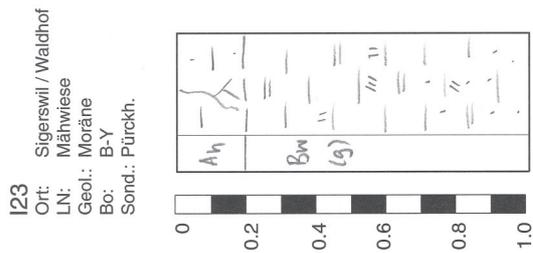
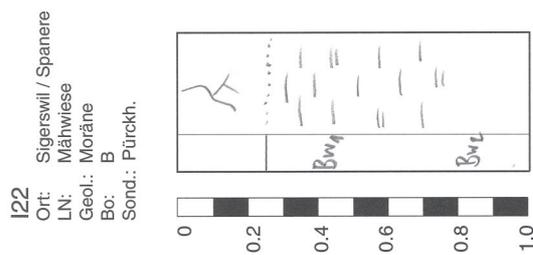
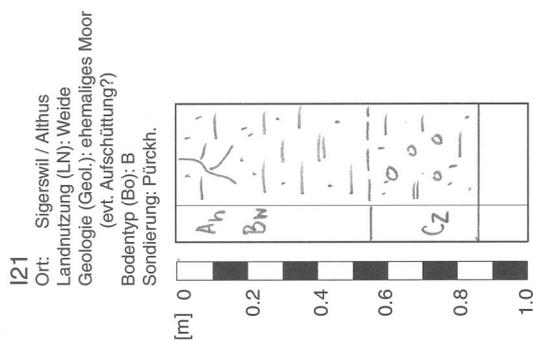
Anhang 3: Niederschlagsverteilung am a) 19.-21.8.2005, b) 7.-9.8.2007, c) 5.7.2009 und d) 28.-29.7.2010 (Niederschlag in mm). Der Wert im weissen Kästchen zeigt den Gebietsniederschlag im Einzugsgebiet des Innerdorfbachs.



Anhang 4.1a: Die im Einzugsgebiet des Innerdorfbachs untersuchten Bodenprofile (I1-I10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.2.



Anhang 4.1b: Die im Einzugsgebiet des Innerdorfbachs untersuchten Bodenprofile (I11-I20) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.2.



Anhang 4.1c: Die im Einzugsgebiet des Innerdorfbachs untersuchten Bodenprofile (121-130) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.2.

Anhang 4.2: Die Eigenschaften der im Anhang 4.1a-c dargestellten Bodenprofile im Einzugsgebiet des Innerdorfbachs mit der Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses

Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefensickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3: stark bis sehr stark verzögert abfließend).
 Abkürzungen siehe Anhang 4.3.

Bodenprofile

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
I1	Grosswangen / Breite, Rückzugsschotter, Acker Braunerde-Pseudogley , Pürckhauer (Pürckh.) Ap: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bg: braun-beiger Us mit Marmorierungen Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speichervermögen (Spv.): mässig Prozesse (Proz.): SOF2	I2	Grosswangen / Charehüsli, Rückzugsschotter, Acker, Braunerde B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Us Bw2/Cz: brauner Ls mit Grobsand Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
I3	Grosswangen / Buechberigwald, Moräne, Fichtenwald, B-Pseudogley (Y) , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: braunbeiger Lu Bwg: beige-oranger Us mit Marmorierungen Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SSF3	I4	Grosswangen / Saurächen, Moräne, Fichtenwald, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner, leicht rötlicher Ls Cz: verwitterter Sandstein (Su, teilweise nass) Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
I5	Grosswangen / Mertelmoos, Moräne, Fichtenwald, Y , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bgg: grauer Ls grauer Lu Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF2 (1)	I6	Grosswangen / Hinderbergwald, Moräne, Fichtenwald, B-Gley (G) , Pürckh. Ah/Bw: dunkelbrauner Us Bg: braun-grauer Lu Bgg: grauer Ls Inf.: leicht gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1-2
I7	Grosswangen / Grütwald, Moräne, Fichtenwald, B, pseudoverleyt , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: beiger Ls4 Bw2g/Cz: beiger Ls4 mit Marmorierungen Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	I8	Grosswangen / Ried, Moräne, Tannenwald, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: beiger Ut Bw2(g) beiger Ls4 Inf.: Inormal Spv.: gross Proz.: SSF3
I9	Grosswangen / Moosmatt, Moräne, Mähwiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Us Bw2/Cz: beiger Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	I10	Grosswangen / Staldenbergwald, Obere Süsswassermolasse (OSM), Tannenwald, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu Cz: beigebrauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3
I11	Grosswangen / Staldenbergwald, Moräne, Fichtenwald, Y , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bg: beigegrauer Ls B(g): beiger Ls4 Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2	I12	Grosswangen / Bruffwald, Moräne, Wiese extensiv, G , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bgg: grauer Ls Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1-2

Forts.

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
I13	Grosswangen / Bruffwald, Moräne, Fichtenmischwald, B-Y , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Ls Bw2g: beige-grauer Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2-3	I14	Grosswangen / Längacherwald, OSM, Fichtenmischwald, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Ls Cz: grauer verwitterter Sandstein Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
I15	Grosswangen / Sommerhalde, OSM, Mähwiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Ls4 Cz: brauner leicht grauer Ls4 Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	I16	Grosswangen / Breiten, Moräne, Mähwiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Ls4 oder Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
I17	Grosswangen / Oberdorf, Moräne, Mähwiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: beige-brauner Ls Cz: brauner Ls4 Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	I18	Grosswangen / Oberdorf, Moräne, Mähwiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Ls Cz: beiger Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
I19	Grosswangen / Rigi, Moräne, Acker, B-G , Pürckh. Ah(Bw): dunkelbrauner Us Aa: dunkelbrauner Lu mit organischem Material Bgg: grauer Ls Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF1	I20	Sigerswil / Land, ehem. Moor, Mähwiese, B-G , Pürckh. Ah/Bwa: dunkelbrauner Lu Bg: brauner Ls Bgg: braun-grauer Ls Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2
I21	Sigerswil / Althaus, ehemaliges Moor (evtl. Aufschüttung), Weide, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: dunkelbrauner Ls Cz: kieshaltiger brauner Ls Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF3	I22	Sigerswil / Spanere, Moräne, Mähwiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Ls Bw2: beiger Ls4 Inf.: normal Spv.: gross-sehr gross Proz.: SOF3
I23	Sigerswil / Waldhof, Moräne, Mähwiese, B-Y , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw (g): dunkelbrauner Lu Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2	I24	Sigerswil / Guggehuse, Moräne, Wiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Lu Bw2/Cz: brauner Lu und unidentifizierbares schwarzes Material Inf.: normal Spv.: gross-sehr gross Proz.: SOF3 / DP
I25	Sigerswil / Eistock, OSM, Mähwiese, B-Y , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Ls Bg: grauer Ls4 Bgg: grauer Sand, nass Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2	I26	Ränzligen / Ried, Moräne, Grünland, extensiv, B-Y , Pürckh. Aa: anmooriger Oberboden Bw(g): beiger Ls Inf.: gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2

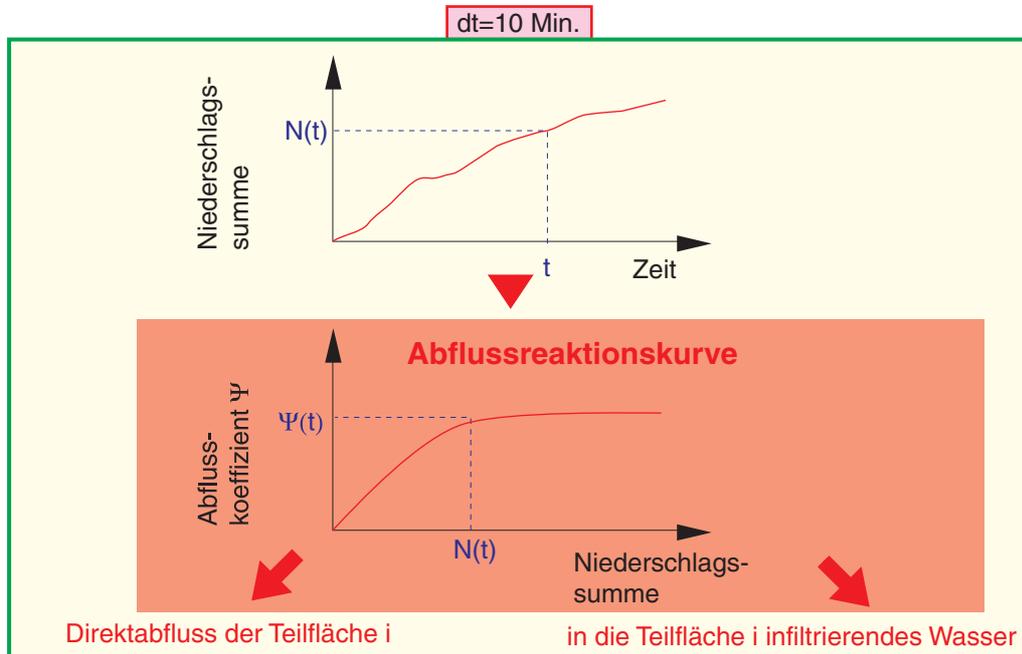
Forts.

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
I27	Sigerswil / Underhöhi, Moräne, Mähwiese, B , pseudovergleyt , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us / Ls Cz: graubeiger Ls Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF2-3	I28	Sigerswil / Underhöhi, Moräne, Acker, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us brauner Ls Inf.: normal Spv.: gross-sehr gross Proz.: SOF3 / DP
I29	Grosswangen / Breite, Rückzugsschotter, Weide, Y , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us B(g): brauner Lu Bg: gräulichbrauner Lu Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2-3	I30	Grosswangen / Feldhof, Moräne, Wiese, B , Pürckh. Ah: dunkelbrauner Ls Bw: brauner Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3

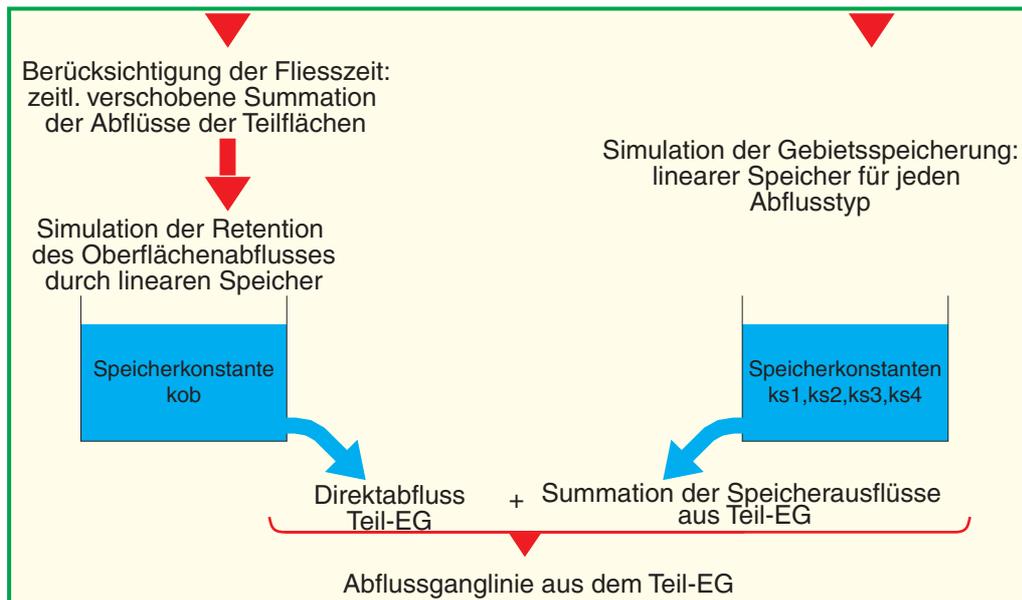
Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

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

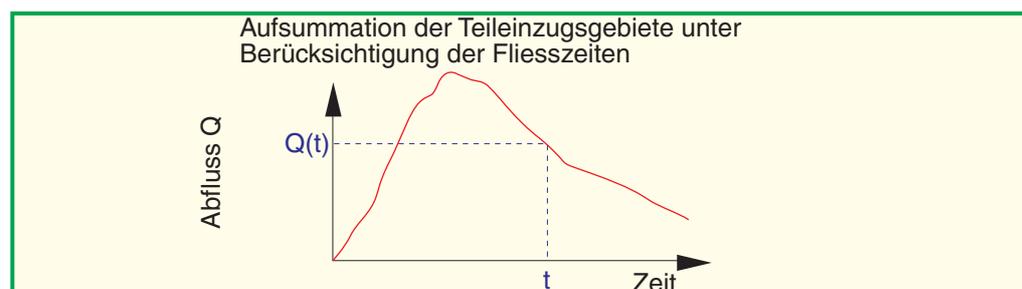
Stufe
Teilfläche



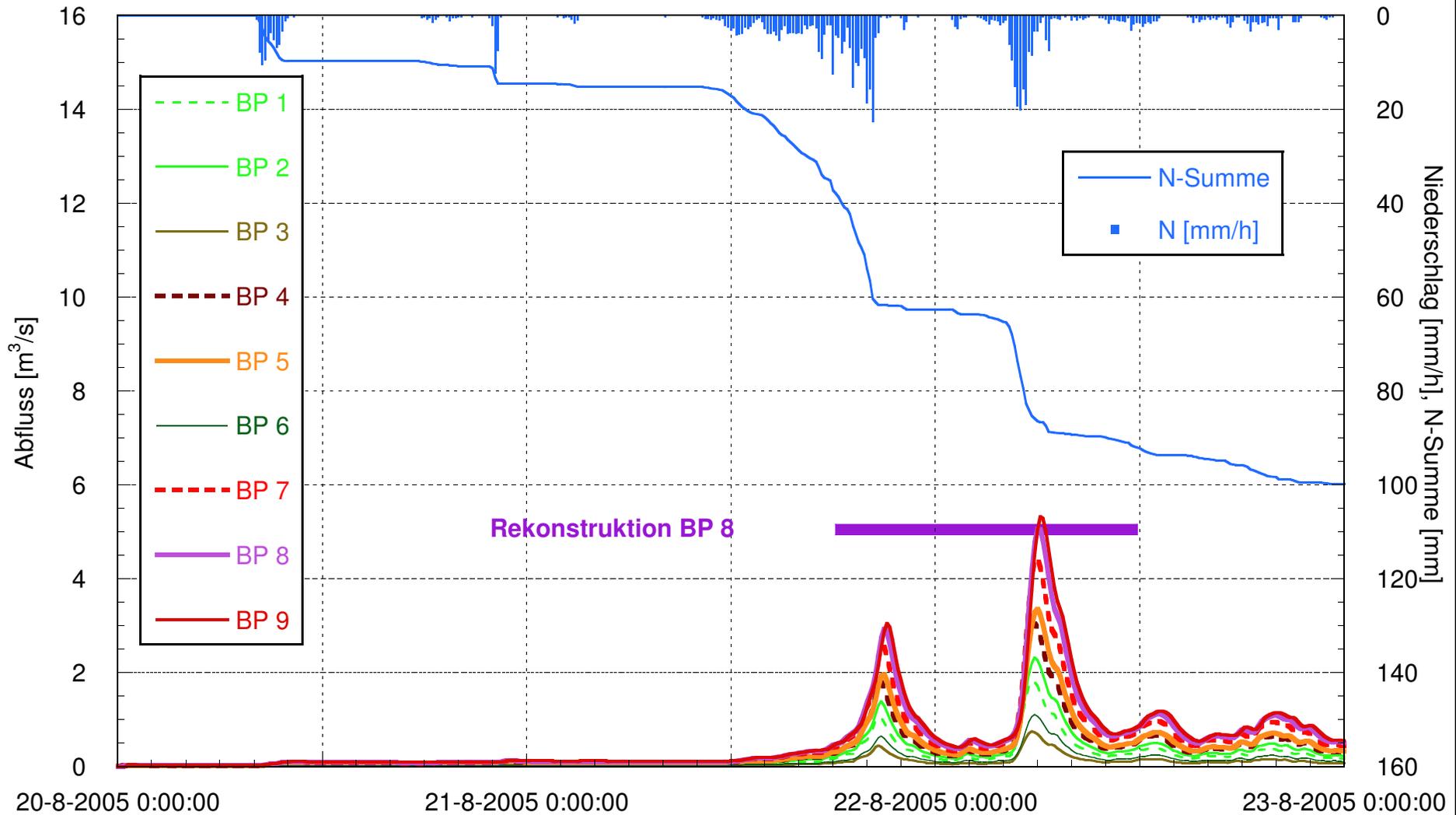
Stufe
Teileinzugs-
gebiet



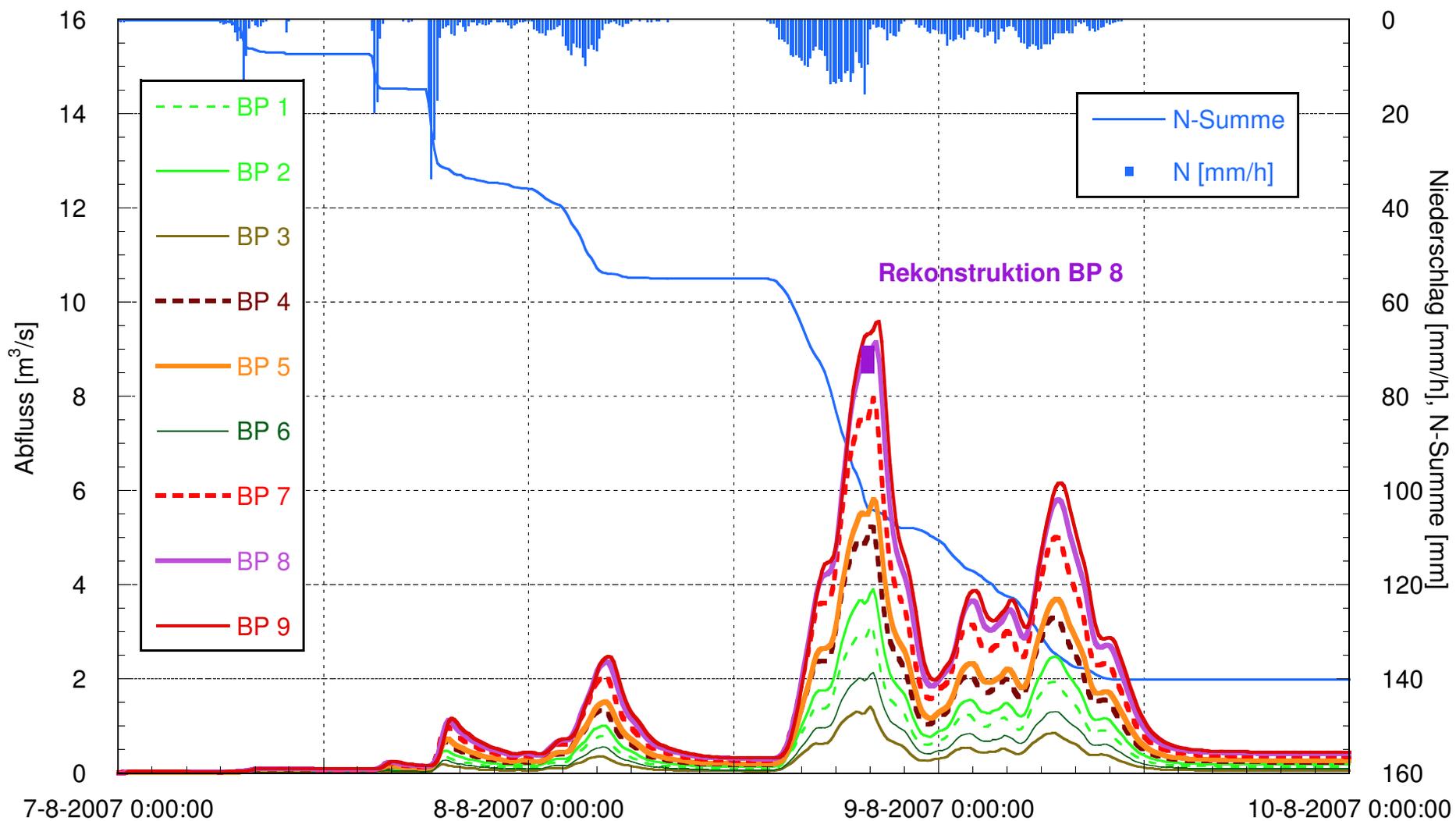
Einzugs-
gebiet



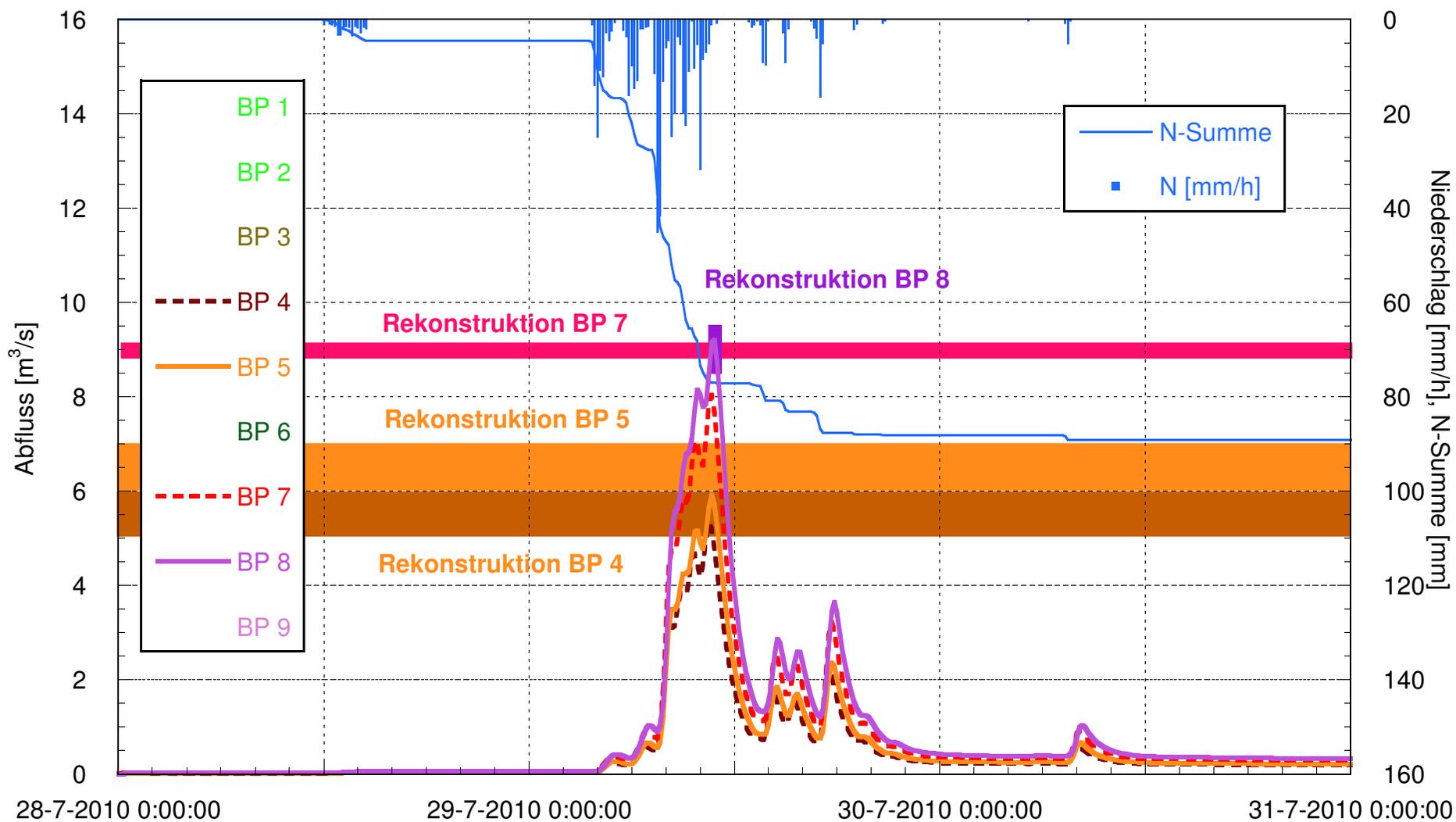
Anhang 5: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells Q_{AREA} . Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlags-summe und Abflusskoeffizient beschreibt.



Anhang 6a: Der Niederschlagsverlauf der Station Sursee, sowie die Abflussganglinien aus dem Modell QArea an den Berechnungspunkten für den 21./22.8.2005.



Anhang 6b: Der Niederschlagsverlauf der Station Sursee, sowie die Abflussganglinien aus dem Modell QArea an den Berechnungspunkten für den 8.8.2007.



Anhang 6c: Der Niederschlagsverlauf der Station Willisau, sowie die Abflussganglinien aus dem Modell QArea an den Berechnungspunkten für den 29.7.2010.

Beromünster

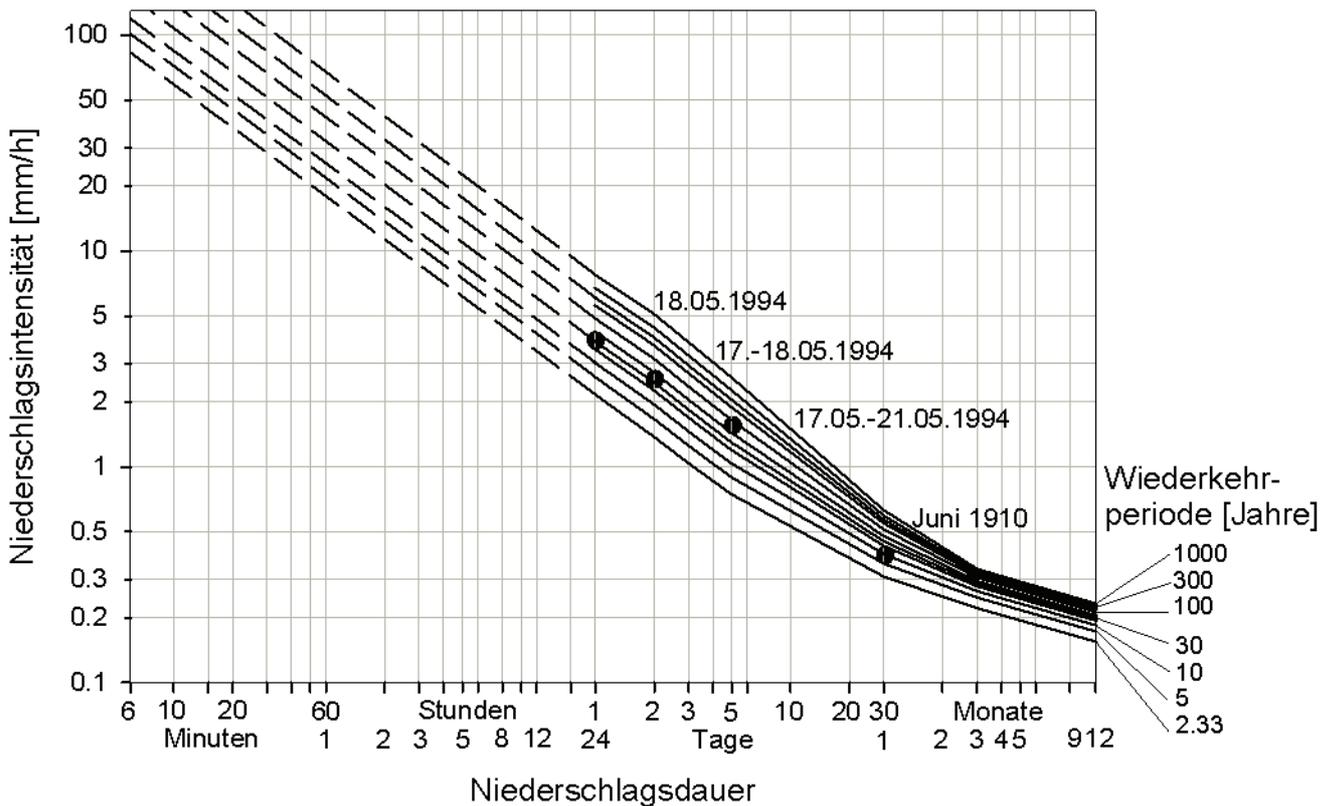
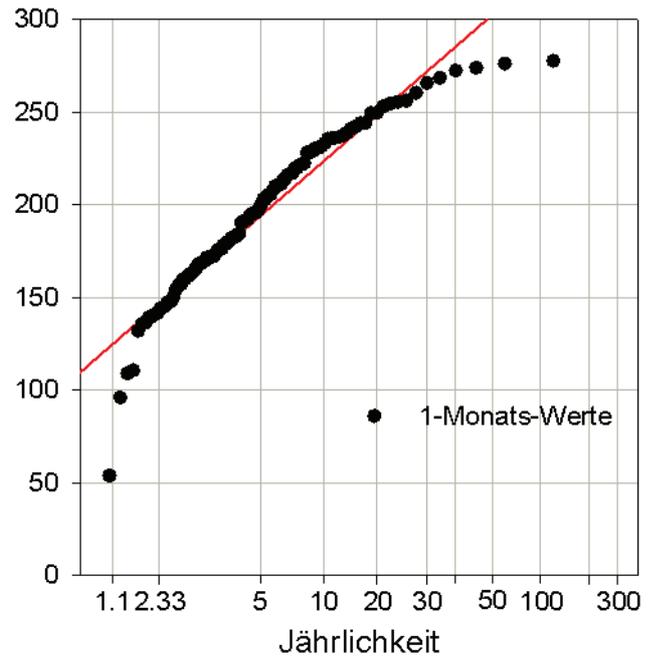
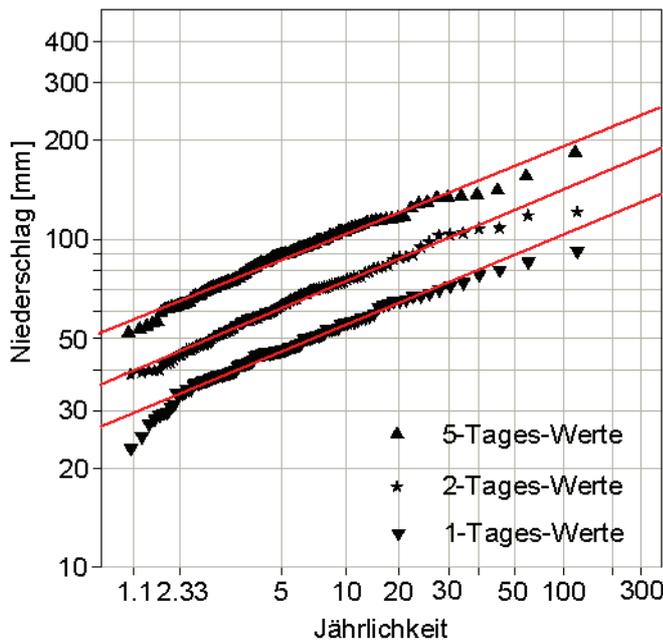
1888 - 2009

Regen und Schnee berücksichtigt

1. Extremalverteilung: 1-Monats-Maxima

2. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima

Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima



Anhang 7.1: Die analog zu Röthlisberger et al. (1992) erstellte Starkniederschlagsstatistik für die Station Beromünster (1888 - 2009).

<h1>Beromünster</h1> <h2>1888 - 2009</h2>	Regen und Schnee berücksichtigt
	1. Extremalverteilung: 1-Monats-Maxima
	2. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte

Rang	1 - Tag		2 - Tage		5 - Tage		1 - Monat		3 - Monate		1 - Jahr	
	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]
1	18.05.1994	92	17.-18.05.1994	122	17.05.-21.05.1994	186	Juni 1910	255	Juni-Aug 2007	662	1910	1647
2	07.08.1978	85	07.-08.08.2007	119	29.08.-02.09.1944	157	Mai 1994	243	Juni-Aug 1927	637	1995	1588
3	21.08.2005	81	25.-26.09.1987	109	18.11.-22.11.1972	143	Aug 2007	234	Juni-Aug 1910	625	1999	1497
4	08.08.2007	78	24.-25.12.1995	109	23.07.-27.07.1982	138	Aug 1905	225	Juli-Sep 1927	595	2001	1480
5	10.08.1956	74	19.-20.01.1910	105	18.08.-22.08.2005	137	Juni 1987	221	Juni-Aug 1946	576	1965	1478
6	29.08.2007	74	21.-22.11.1972	104	20.06.-24.06.1973	136	Nov 1972	220	Mai-Juli 1930	570	1939	1451
7	29.08.1964	72	06.-07.08.1978	104	17.01.-21.01.1910	135	März1988	218	Juni-Aug 1975	560	1930	1436
8	10.08.1984	70	20.-21.08.2005	99	22.12.-26.12.1995	131	Aug 1890	216	Juni-Aug 1982	558	2007	1422
9	22.11.1972	69	07.-08.08.1995	98	07.08.-11.08.2007	130	Juni 1953	215	Apr-Juni 1986	557	1981	1419
10	19.01.1910	67	19.-20.05.1906	95	22.06.-26.06.1953	126	Juli 1936	204	März-Mai2006	557	1927	1417

Interpolierte Niederschlagsintensitäten in mm/h für ausgewählte Jährlichkeiten und Niederschlagsdauern

Niederschlagsdauer	0.5h	1h	2h	4h	6h	8h	12h	24h	2d	3d	5d	1mt	3mt	1yr
Jährlichkeit														
2.33	28.5	17.9	11.3	7.1	5.5	4.5	3.4	2.2	1.4	1.0	0.7	0.31	0.22	0.15
5	34.6	21.8	13.7	8.6	6.6	5.4	4.1	2.6	1.7	1.3	0.9	0.36	0.25	0.17
10	40.5	25.5	16.0	10.1	7.7	6.3	4.8	3.0	1.9	1.5	1.0	0.39	0.26	0.18
20	47.2	29.6	18.6	11.7	8.9	7.3	5.6	3.5	2.3	1.7	1.2	0.43	0.28	0.19
30	51.5	32.3	20.3	12.7	9.7	8.0	6.1	3.8	2.5	1.8	1.3	0.45	0.29	0.20
50	57.5	36.0	22.6	14.2	10.8	8.9	6.8	4.2	2.7	2.0	1.4	0.48	0.29	0.20
100	66.6	41.7	26.1	16.3	12.4	10.2	7.8	4.9	3.2	2.4	1.6	0.51	0.31	0.21
200	77.2	48.3	30.2	18.9	14.3	11.8	9.0	5.6	3.7	2.7	1.9	0.55	0.32	0.22
300	84.1	52.5	32.8	20.5	15.6	12.8	9.7	6.1	4.0	3.0	2.0	0.57	0.32	0.22
500	93.7	58.5	36.5	22.8	17.3	14.2	10.8	6.7	4.4	3.3	2.3	0.59	0.33	0.23
1000	108.5	67.6	42.2	26.3	20.0	16.4	12.4	7.8	5.1	3.8	2.6	0.63	0.34	0.23

Bemerkungen

Datenlücken in folgenden Zeiträumen:

April 1889

1.1.1996 - 31.10.1998

Anhang 8: Beckenberechnungen

Fett eingetragene sind die maximalen Werte für die untersuchten Wiederkehrperioden.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten									Becken- füllung [m ³]
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	Vol HRB
30	1h30j_dreieck	Dreieck	1.50	1.91	0.74	2.58	2.84	1.10	3.94	4.46	4.63	0
	2h30j_dreieck	Dreieck	1.50	1.92	0.71	2.59	2.87	1.07	3.94	4.50	4.69	0
	4h30j_dreieck	Dreieck	1.50	2.12	0.99	3.11	3.54	1.52	5.06	5.96	6.32	2800
	12h30j_block	gleichmässig	1.50	2.07	0.92	2.99	3.40	1.41	4.81	5.68	6.07	6500
	24h30j_block	gleichmässig	1.50	1.94	0.69	2.63	2.94	1.06	4.00	4.67	4.96	300
	48h30j_block	gleichmässig	1.18	1.51	0.51	2.02	2.25	0.79	3.03	3.53	3.76	0
100	1h100j_dreieck	Dreieck	1.50	2.33	1.34	3.67	4.18	2.01	6.19	7.22	7.60	3100
	2h100j_dreieck	Dreieck	1.50	2.25	1.22	3.48	3.98	1.86	5.84	6.90	7.31	3100
	4h100j_dreieck	Dreieck	1.50	2.53	1.69	4.22	4.96	2.60	7.56	9.13	9.76	14000
	12h100j_block	gleichmässig	1.50	2.35	1.34	3.69	4.29	2.06	6.35	7.62	8.19	28100
	24h100j_block	gleichmässig	1.50	2.11	0.96	3.07	3.51	1.48	4.99	5.93	6.36	17800
	48h100j_block	gleichmässig	1.50	1.95	0.71	2.66	2.98	1.09	4.07	4.77	5.09	3200
300	1h300j_dreieck	Dreieck	1.50	2.85	2.22	5.08	5.93	3.34	9.27	11.07	11.74	10400
	2h300j_dreieck	Dreieck	1.50	3.07	2.59	5.66	6.78	3.96	10.74	13.02	13.84	19200
	4h300j_dreieck	Dreieck	1.50	3.12	2.67	5.79	6.97	4.11	11.08	13.59	14.65	32800
	12h300j_block	gleichmässig	1.50	2.68	1.85	4.52	5.35	2.84	8.19	9.97	10.76	60400
	24h300j_block	gleichmässig	1.50	2.32	1.29	3.61	4.20	1.99	6.18	7.45	8.03	56400
	48h300j_block	gleichmässig	1.50	2.08	0.92	3.00	3.42	1.42	4.84	5.76	6.18	40800

Anhang 8: Gesteuertes Becken mit konstanter Drosselwassermenge 1.5 m³/s.