

## EIN NEUER ANSATZ ZUR MODELLIERUNG VON OBERFLÄCHENABFLUSS

Andy Kipfer<sup>1</sup>, Christian Kienholz<sup>2</sup> und Serena Liener<sup>3</sup>

### ZUSAMMENFASSUNG

Oberflächenabfluss wird als der Teil des Niederschlags verstanden, welcher einem Vorfluter über die Bodenoberfläche unmittelbar zufließt. Auswertungen von Unwetterereignissen in den letzten Jahren in der Schweiz haben gezeigt, dass bis zu 50% der durch Wassergefahren verursachten Schadenfälle durch Oberflächenabfluss verursacht worden sind. Dennoch ist Oberflächenabfluss in der Schweiz kaum in den Gefahrenkartierungsprozess integriert. Um diese Lücke zu füllen, wurde auf der Basis der Software FloodArea eine Methode entwickelt, welche eine Modellierung von Oberflächenabfluss mit einheitlichen Kriterien über grosse Gebiete erlaubt. In dieser Studie werden die Methodenentwicklung und zwei Fallstudien vorgestellt. Die Resultate zeigen, dass an den Rändern von Siedlungsflächen und im Landwirtschaftsland gute Ergebnisse erzielt werden. Potenziell gefährdete Gebäude oder Bauparzellen werden erkannt. Innerhalb von Siedlungsgebieten sind die Differenzen zu realen Ereignissen grösser. Daher liegt der Fokus von Folgearbeiten auf einer weiteren Verbesserung der Genauigkeit des Geländemodells und der Integration von zusätzlichen Strukturen (z.B. Kleinbauten), welche Fliesswege entscheidend beeinflussen können.

**Keywords:** Oberflächenabfluss, Modellierung, Gefahrenbeurteilung, Schweiz

### ABSTRACT

Overland flow is defined as the part of the precipitation that flows over the land surface directly towards a watercourse. According to current studies, in recent years up to 50% of the cases of damage related to water hazards are caused by overland flow in Switzerland. Nevertheless, in Switzerland overland flow is hardly integrated in the hazard assessment process. To fill this gap, a new method has been developed to model overland flow over large areas in a consistent manner. The application bases upon the software package FloodArea and identifies sites potentially endangered by overland flow. In this paper, the elaborated method is presented and the results of two case studies are shown. The comparison of the modelled results to documented events shows a good consistency at the borders of settlements as well as in agricultural areas. Potentially endangered buildings or sites can be identified easily. Within dense settlements the results were less satisfactory, therefore, the focus of further studies is on improving the limited accuracy of the DTM and on integrating additional structures (such as small construction works), which can influence the flow direction considerably.

**Keywords:** overland flow, modelling, hazard assessment, Switzerland

### EINLEITUNG

Oberflächenabfluss wird gemäss Loat und Meier (2003) als Teil des Niederschlags verstanden, welcher dem Vorfluter über die Bodenoberfläche unmittelbar zufließt. In der Schweiz haben verschiedene Unwetterereignisse in den letzten Jahren gezeigt, dass Oberflächenabfluss auf Hängen als Folge von Starkniederschlägen oder lang andauernden Niederschlagsereignissen zu grossen Schäden führen kann. Zwar werden durch diesen Prozess ausserhalb von Gebäuden kaum Personen

---

<sup>1</sup> Dr. Andy Kipfer. geo7 AG, Neufeldstrasse 5 - 9, 3012 Bern, Switzerland (e-mail: andy.kipfer@geo7.ch)

<sup>2</sup> Christian Kienholz. geo7 AG, Switzerland

<sup>3</sup> Dr. Serena Liener. geo7 AG, Switzerland

gefährdet. Oberflächenabfluss führt aber immer wieder zu beträchtlichen Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen. Innerhalb von Gebäuden (in ausgebauten Kellern, Untergeschossen etc.) können zudem auch Personen gefährdet werden. Mit Massnahmen entlang von Fliessgewässern wird das Schadenrisiko häufig gezielt reduziert. Die Gefährdung durch Oberflächenabfluss erfolgt aber vielfach aus einer anderen Fliessrichtung und kann deshalb andere, allenfalls ungeschützte, Teile der Gebäudehülle betreffen.

Auswertungen zeigen, dass bis zu 50% der durch Wasser verursachten Schadenfälle durch Oberflächenabfluss verursacht werden (vgl. z.B. geo7, 2006 oder Bezzola und Hegg, 2008). Im Gefahrenkartierungsprozess wird jedoch in vielen Kantonen der Schweiz Oberflächenabfluss kaum berücksichtigt. In den Kantonen Bern und Luzern wird Oberflächenabfluss teilweise mit einer Pfeilsignatur dargestellt (vgl. Fig. 5). Im Kanton Zürich wird der Prozess in der Gefahrenkarte als Hinweisfläche aufgeführt (vgl. Fig. 8), wobei die Beurteilung gutachterlich aufgrund von Daten zu abgelaufenen Ereignissen erfolgt. Die Ausscheidung ist darum relativ grob und berücksichtigt keine potenziellen Prozessflächen. Basierend auf dem Hochwasser-Simulationsmodell FloodArea wurde deshalb eine Methodik für die Simulation von Oberflächenabfluss entwickelt. Diese erlaubt es, Oberflächenabfluss über grosse Gebiete einheitlich zu modellieren. In dieser Studie werden die Methode und die Resultate aus zwei Fallstudien präsentiert. Sie basiert mehrheitlich auf zwei Projektberichten (geo7, 2009 und geo7, 2010).

## GRUNDLAGEN

Für die Modellierung des Oberflächenabflusses wird das Programm FloodArea<sup>HPC</sup> verwendet. Dies ist ein hydrodynamisches Modell, welches unter anderem die Berechnung von Überschwemmungsbereichen aus einer Beregnung (flächige Einspeisung) über eine Niederschlagsganglinie ermöglicht. Dabei kann für jede Rasterzelle die Wasserzufuhr modifiziert werden (z.B. keine oder eine reduzierte Wasserzufuhr). Durch diese Reduktion kann beispielsweise eine mögliche Speicherwirkung des Bodens berücksichtigt werden. Die wichtigste Eingabegrösse ist ein hoch aufgelöstes Digitales Geländemodell (DTM), welches die Topografie der Erdoberfläche abbildet. In der Schweiz wird dazu das auf LiDAR Daten basierende DTM-AV (2 m Auflösung) verwendet. Neben dem DTM wird eine Niederschlagsganglinie benötigt. Basierend auf dieser Ganglinie kann auf jede Rasterzelle des Geländemodells Wasser zugeführt werden. Die Ganglinie kann über einen Faktor für jede Rasterzelle angepasst werden. Enthält eine Rasterzelle den Wert „0“, erfolgt keine Wasserzufuhr. Bei allen anderen Werten werden die Werte der Ganglinie mit dem entsprechenden Wert der Rasterzelle multipliziert. Um differenziertere Modellresultate zu erhalten, werden zusätzlich Angaben zur Oberflächenbedeckung verwendet. Die Integration ins Modell erfolgt anschliessend über eine Anpassung der Niederschlagsganglinie. Das bedeutet, dass die Niederschlagsmenge für jede Rasterzelle um den Betrag reduziert wird, welcher an dieser Stelle im Boden gespeichert werden kann. So wird das Speichervermögen des Bodens berücksichtigt. Es findet keine Modellierung der unterirdischen Wasserflüsse statt.

## METHODIK

Die folgende Liste gibt eine kurze Übersicht über das Vorgehen um eine Oberflächenabfluss-Modellierung durchzuführen. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Punkte detailliert erläutert.

1. Aufbereitung des Geländemodells.
2. Spezifizierung der Niederschlagsganglinie.
3. Gewichtete Klassifikation der Oberflächenbedeckung.
4. Bestimmung des Bodenspeichers unter Berücksichtigung der Oberflächenbedeckung und des Gefälles.
5. Bestimmung der Oberflächenrauigkeit.
6. Modellierung und anschliessende Generalisierung und Verifizierung des Resultats.

## AUFBEREITUNG GELÄNDEMODELL

Die Topografie ist neben dem Niederschlagsszenario der entscheidende Faktor bei der Modellierung des Oberflächenabflusses. Damit mit der Modellierung ein möglichst optimales Resultat erreicht werden kann, wird das Geländemodell in einem ersten Schritt entsprechend aufbereitet. Tab. 1 liefert eine Übersicht über die wichtigsten Anpassungen.

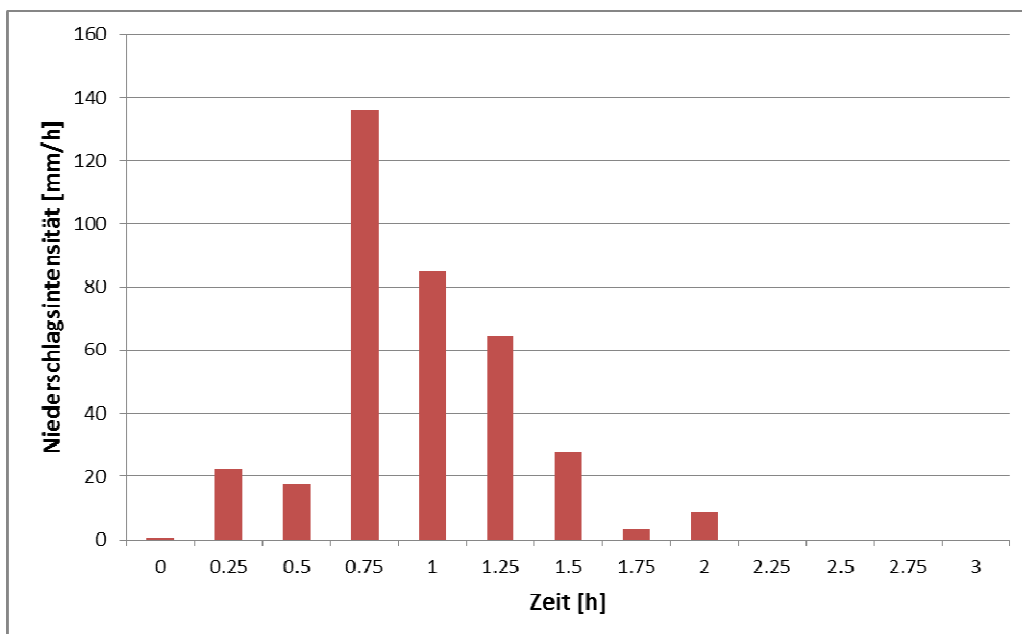
**Tab. 1** Adaptations of the high resolution DTM

**Tab. 1** Anpassungen des hochaufgelösten digitalen Geländemodells DTM-AV

Gebäude	Gebäude sind auf dem DTM-AV nicht enthalten – bilden aber in der Realität wichtige Hindernisse für Fliesswege. Deshalb werden sämtliche Gebäudegrundflächen künstlich erhöht.
Gewässer	Die von Oberflächengewässer ausgehende Gefährdung wird vollständig durch die Gefahrenkarten abgedeckt. Das heisst dass Wasser, welches einem Gewässer zugeführt wird, für die Modellierung nicht mehr relevant ist. Durch eine massive Absenkung der oberirdischen Gewässerbereiche (ohne eingedolte Strecken) werden daher Senken gebildet, welche ein Zurückfliessen von Wasser aus dem Gewässerraum unterbinden.
Verkehrswege	Verkehrswege bilden häufig wichtige Leitstrukturen für Fliesswege. Mit einem Absenken der von Verkehrswegen bedeckten Flächen wird dieser Effekt in die Modellierung einbezogen.
Weitere Strukturen	Weitere wichtige Strukturen (z.B. freistehende Mauern), welche die Fliesswege beeinflussen, können, sofern entsprechende Daten vorliegen, in die Modellierung integriert werden. Für kleinräumige Modellierungen können solche Strukturen auch im Gelände erhoben werden.

## FESTLEGUNG NIEDERSCHLAGSGANGLINIE

Das Niederschlagsszenario wird für das gesamte Untersuchungsgebiet einheitlich festgelegt. Dazu wird, wenn möglich unter Berücksichtigung von realen Ereignissen, eine Niederschlagsganglinie bestimmt, welche die Dauer und Intensität des Ereignisses festlegt. Als Beispiel ist in Fig. 1 die Niederschlagsganglinie dargestellt, welche für Modellierungen in der Region Lyss (vgl. Kapitel Untersuchungsgebiete) verwendet worden ist. Die Ganglinie ist hypothetisch, der Verlauf basiert jedoch auf dem Gewitterereignis vom 29./30. August 2007. Gemäss Geotest und Scherrer (2008) liegt die Wiederkehrperiode dieses Gewitters bei 50 – 100 Jahren.



**Fig. 1** Precipitation graph with time resolution of 15 minutes (Source: geo7, 2010)

**Fig. 1** Niederschlagsganglinie mit zeitlicher Auflösung von 15 Minuten (Quelle: geo7, 2010)

Für die in Langnau am Albis durchgeführten Modellierungen wurde ein Gewitterniederschlag mit einer Niederschlagssumme von ca. 70 mm in gut einer Stunde nachgebildet. In Pöyry (2008) wurde

die Wiederkehrperiode des Niederschlages nicht festgelegt. Unter Berücksichtigung von BWG (1997) dürfte er aber ebenfalls in einem Bereich von 50 – 100 Jahren liegen.

## OBERFLÄCHENBEDECKUNG UND BODENSPEICHER

Als Grundlage für die Oberflächenbedeckung können Daten der Amtlichen Vermessung oder aus dem Vector25-Datensatz vom Bundesamt für Landestopographie verwendet werden. Der Vorteil der Vector25-Daten ist, dass diese eine einheitliche und homogene Datengrundlage über die gesamte Schweiz bieten, was besonders bei grossflächigen Modellierungen eine einfachere Handhabung mit sich bringt. Nachteilig wirkt sich aus, dass die Daten auf das Kartenbild der 1:25'000er Karte abgestimmt sind und damit eine reduzierte Lagegenauigkeit aufweisen. Zudem sind die Daten der Amtlichen Vermessung über die Oberflächenbedeckung detaillierter. Bei allen in dieser Studie vorgestellten Resultaten wurde die Oberflächenbedeckung aus den Daten der Amtlichen Vermessung hergeleitet. Basierend auf der gewählten Grundlage werden die verfügbaren Informationen über die Oberflächenbedeckung in 6 generalisierte Oberflächentypen zusammengefasst (vgl. Tab. 2).

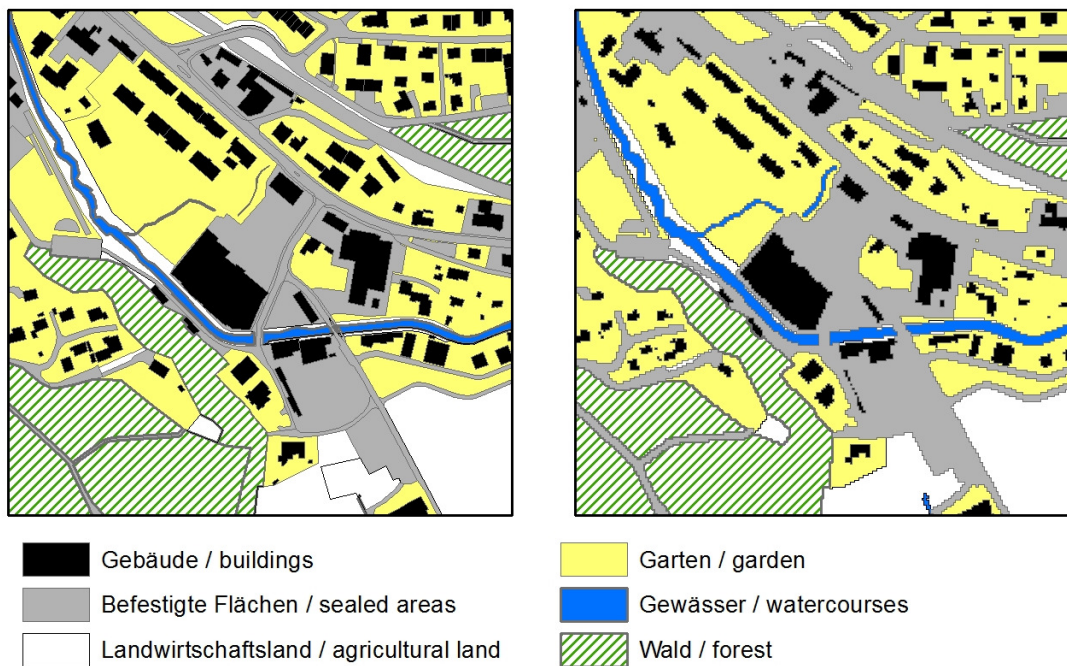
**Tab. 2** Classification of the surface cover into six classes

**Tab. 2** Klassierung der Oberflächentypen in sechs Klassen

Nummer	Oberflächentyp	Zweck
1	Gebäude	Gebäude können als Hindernisse in die Modellierung integriert werden.
2	Befestigte Flächen (Verkehrswege etc.)	Auf befestigten Flächen findet keine Infiltration statt. Sie wirken als Leitbahnen für Oberflächenabfluss.
3 / 4	Landwirtschaftsland / Garten, Hausumschwung	Die Speicherwirkung des Untergrundes kann (implementiert über eine Reduzierung des Niederschlags) integriert werden. Dabei kann auch eine Reduktion des Speichervermögens, z.B. wegen einem gesättigten oder gefrorenen Boden, berücksichtigt werden. Sind detaillierte Informationen über den Untergrund vorhanden, können verschiedene Klassen gebildet werden.
5	Gewässer	Oberflächenabfluss welcher in ein Gewässer fliesst, bleibt im Gewässer. Die allenfalls vom Gewässer ausgehende Gefährdung sollte durch die Gefahrenkarte Wasser abgedeckt sein.
6	Wald	Die Speicherwirkung des Waldbodens kann über eine Berücksichtigung der Infiltration (implementiert über eine Reduzierung des Niederschlags) integriert werden.

Für die Modellierung werden Rasterdaten benötigt – die Bodenbedeckung liegt hingegen üblicherweise in einem Polygonfile vor. Damit bei der Umwandlung in Rasterzellen (Auflösung: 2 m), welche Polygone mit unterschiedlichem Typ (z.B. Gebäude und Landwirtschaftsland) abdecken, eine eindeutige Zuordnung vorgenommen werden kann, werden die verschiedenen Oberflächentypen gewichtet. Dadurch wird jede Rasterzelle dem Polygontyp zugeordnet, welche auf der jeweiligen Fläche die höchste Gewichtung besitzt. Durch eine sehr hohe Gewichtung der befestigten Flächen und der Gewässer wird erreicht, dass diese möglichst zusammenhängende Rasterflächen bilden.

Fig. 2 zeigt die Umwandlung der vereinfachten Oberflächenbeschaffenheit in Rasterzellen, mit unterschiedlicher Gewichtung der verschiedenen Oberflächentypen. Es ist gut zu sehen wie Gebäude (niedrige Gewichtung) durch die Umwandlung kleiner werden und die Ausdehnung von befestigten Flächen oder Gewässer (hohe Gewichtung) zunimmt.



**Fig. 2** Conversion of the simplified surface cover classes (6 classes) on the basis of the cadastral survey (left side) into raster structures (right side) with different weighting of the surface cover classes.

**Fig. 2** Umwandlung der vereinfachten Oberflächenbeschaffenheit (6 Typen) aus der amtlichen Vermessung (links) in Rasterzellen (rechts) mit unterschiedlicher Gewichtung der Oberflächentypen.

Die Bodenbedeckung hat einen starken Einfluss auf das Speichervermögen des Untergrundes. Beispielsweise ist die Infiltration von Niederschlagswasser bei befestigten Flächen unterbunden. In Wäldern hingegen kann vielfach ein grosses Wasservolumen in den Boden infiltrieren. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass bei einem Regenereignis das gesamte theoretisch vorhandene Speichervolumen genutzt werden kann. So können unter anderem gefrorene oder stark ausgetrocknete Böden eine Speicherung stark erschweren oder grosse Teile des Speichervolumens können bereits erschöpft sein (z.B. bei einer Vorregensituation). Für die Modellierungen werden daher den generalisierten Oberflächentypen unterschiedliche Speichervolumen zugeordnet. In Tab. 3 sind plausible Werte in Abhängigkeit des Oberflächentyps festgehalten. Je nach Szenario (Vorregensituation, gefrorener Boden) können die verwendeten Speichervolumina erheblich von den Werten in Tab. 3 abweichen.

**Tab. 3** Storage capacity defined for the 6 simplified surface cover classes (geo7, 2010)

**Tab. 3** Speichervolumen festgelegt für die 6 generalisierten Oberflächentypen (geo7, 2010)

Nummer	Oberflächentyp	Speichervolumen [mm]
1	Gebäude	0
2	Befestigte Flächen (Verkehrswege etc.)	0
3 / 4	Landwirtschaftsland / Garten, Hausumschwung	53
5	Gewässer	0
6	Wald	68

Stehen, wie zum Beispiel mit der Abflussprozesskarte im Kanton Zürich (vgl. Kanton Zürich, 2006), weitere Informationen zur Verfügung, werden diese ebenfalls berücksichtigt und die Speichervolumen entsprechend modifiziert. Zusätzlich werden, um den Einfluss unterschiedlicher Vorbedingungen zu berücksichtigen, jeweils Modellierungen mit unterschiedlichen Speichervolumen durchgeführt. Das Speichervolumen wird anschliessend noch über ein Gefällskriterium modifiziert. Dabei wird die Methodik angewendet, welche bei der Entwicklung der Risikokarte für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen im Kanton Zürich angewendet worden ist. Hier wurde das Gefälle als ein wichtiges Kriterium für die Ausscheidung der Risikostufe (gering, mittel, hoch,

sehr hoch) verwendet. Unter Berücksichtigung von identischen Gefällskriterien werden die Speicherwerte gemäss den Angaben in Tab. 4 reduziert. Dadurch wird z.B. auf einer stark geneigten Fläche (Gefälle 26 – 35 %) das Speichervermögen halbiert.

**Tab. 4** Modification of the storage capacity by taking into account slope conditions

**Tab. 4** Anpassung des Speichervolumens mit Berücksichtigung des Gefälles

Gefälle	Anpassung Speichervolumen
Eben bis mässig geneigt (bis 25 %)	Keine Anpassung
Stark geneigt (26 – 35 %)	Speichervermögen halbiert
Sehr stark geneigt (36 – 50 %)	Keine Speicherung
Extrem geneigt (> 50 %)	Keine Speicherung

Das Speichervermögen wird bis anhin für jeden Standort prozentual gleichmässig über die gesamte Niederschlagsdauer verteilt direkt von der Niederschlagsmenge abgezogen. Es findet keine Modellierung im Untergrund statt.

## OBERFLÄCHENRAUHIGKEIT

Die Oberflächenrauigkeit kann über den Rauigkeitswert nach Strickler einbezogen werden. Für die verschiedenen generalisierten Oberflächentypen wurden Rauigkeitswerte gemäss Tab. 5 festgelegt.

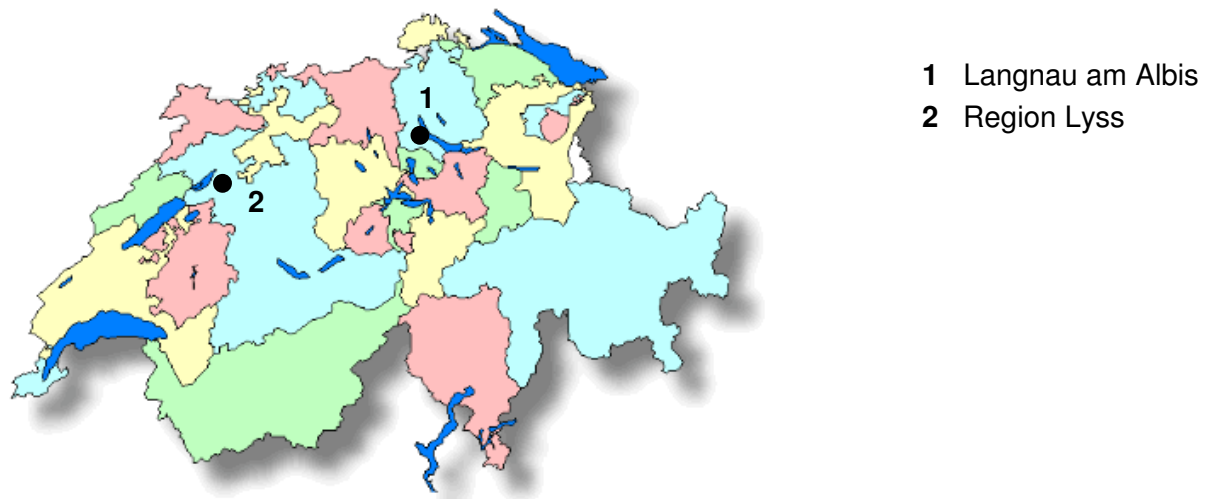
**Tab. 5** Roughness of the terrain defined for the 6 simplified surface cover classes

**Tab. 5** Oberflächenrauigkeit festgelegt für die 6 generalisierten Oberflächentypen

Nummer	Oberflächentyp	Rauigkeit (Strickler-Beiwert) [ $m^{1/3}/s$ ]
1	Gebäude	1
2	Befestigte Flächen (Verkehrswege etc.)	70
3	Landwirtschaftsland	35
4	Garten / Hausumschwung	25
5	Gewässer	65
6	Wald	4

## UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Bis jetzt wurden Modellierungen in zwei Testgebieten in der Schweiz durchgeführt (vgl. Fig. 3). Im Auftrag der Gebäudeversicherung Zürich wurden Modellierungen in der Gemeinde Langnau am Albis im Kanton Zürich durchgeführt. Die Gemeinde umfasst auf einer Fläche von knapp 15 km<sup>2</sup> einen Mix zwischen dicht besiedelten und ländlichen Gebieten und deckt so ein breites Spektrum ab. Zudem besitzt die Gebäudeversicherung Zürich GVZ Schadendaten von Oberflächenabflussereignissen aus dieser Gemeinde, mit welchen die Modellierungsergebnisse überprüft werden können. Im Rahmen einer zweiten Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) eine Oberflächenabflussmodellierung in 5 Gemeinden in der Region Lyss (Kanton Bern) durchgeführt. Das Gelände ist deutlich flacher als in Langnau am Albis und das Testgebiet umfasst eine Fläche von rund 120 km<sup>2</sup>. In beiden Gebieten sind auf der Gefahrenkarte Wasser Hinweise auf Oberflächenabfluss ausgeschieden (vgl. Geotest et al., 2005 und Flussbau, geo7, 2010).

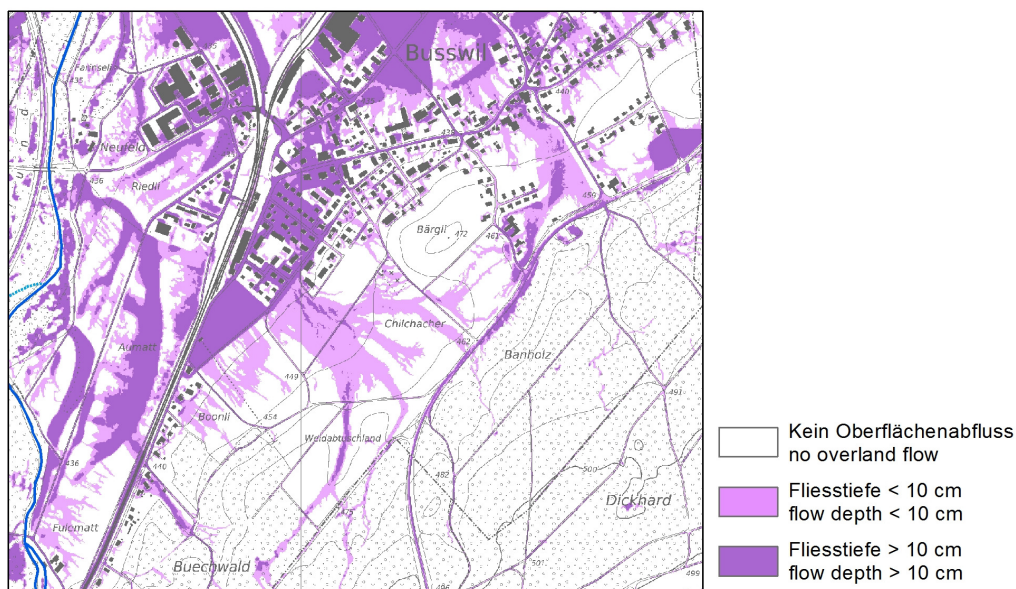


**Fig. 3** Map of Switzerland with study areas Langnau am Albis (Canton of Zurich) and “Region of Lyss” (Canton of Berne).

**Fig. 3** Karte der Schweiz mit den Untersuchungsgebieten Langnau am Albis (Kanton Zürich) und Region Lyss (Kanton Bern).

## RESULTATE

In den folgenden Abbildungen werden einzelne Modellierungsergebnisse aus den beiden Testgebieten vorgestellt. Um das Kartenbild besser les- und interpretierbar zu machen, wird eine Generalisierung durchgeführt, welche Lücken kleiner als 100 m<sup>2</sup> schliesst und Kleinstflächen kleiner als 100 m<sup>2</sup> löscht. Es ist zu beachten, dass der Aktualisierungsstand des Geländemodells und der Oberflächenbedeckung entscheidende Faktoren sind. Neu erstellte Gebäude oder Verkehrswege können die Fliesswege entscheidend beeinflussen. Fig. 4 zeigt die Oberflächenabfluss-Modellierung von einem kurzen Starkniederschlag in Busswil bei Lyss. Dabei wurde die Niederschlagsganglinie gemäss Fig. 1 verwendet. Die Zuflüsse aus dem steileren Umland (Wald, Landwirtschaftsland) Richtung Siedlung sind deutlich abgebildet. In den flacheren Geländepartien resultieren ausgedehnte Überflutungsflächen. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass bei der Modellierung die Siedlungsentwässerung nicht berücksichtigt wird und im Bereich der Siedlung keine Fliessgewässer vorhanden sind.

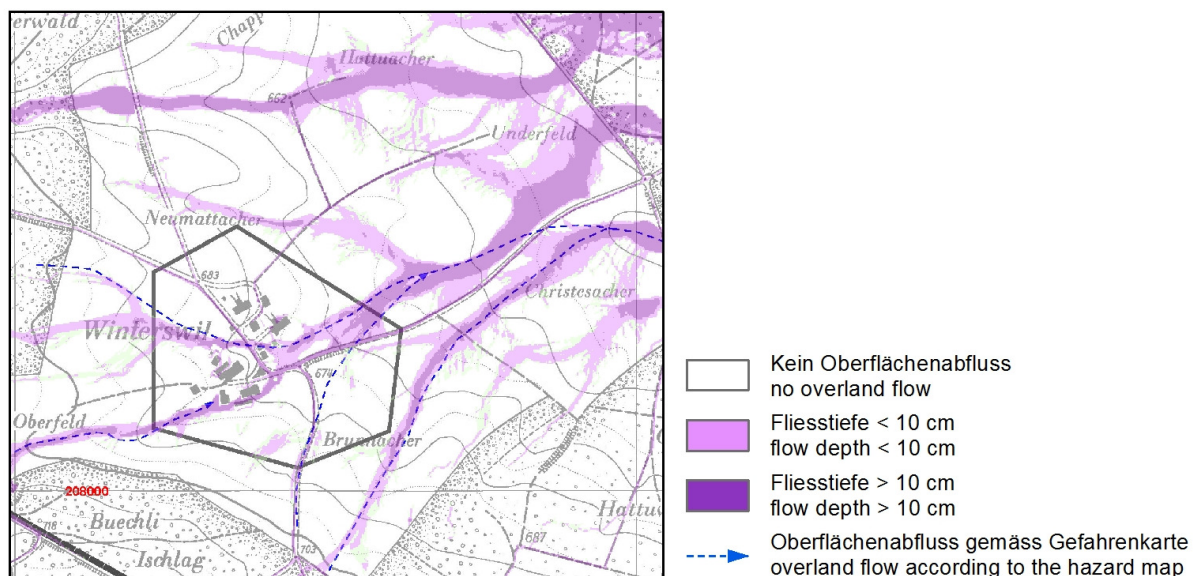


**Fig. 4** Modeling of overland flow in Busswil near Lyss (Canton of Berne, Switzerland). (Source: geo7, 2010. Source of map layer: UP5 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern).

**Fig. 4** Oberflächenabflussmodellierung in Busswil (Kanton Bern, Schweiz) (Quelle: geo7, 2010. Quelle Kartengrundlage: UP5 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern).

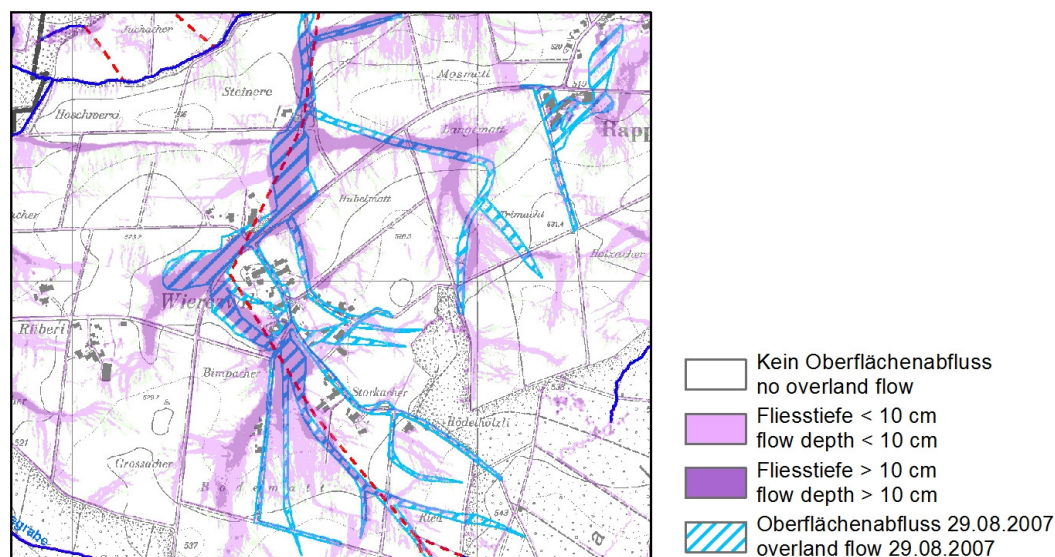
Fig. 5 zeigt die Oberflächenabflussmodellierung im Gebiet Winterswil (Gemeinde Schüpfen, Kanton Bern) im Vergleich mit der Gefahrenkarte der Gemeinde Schüpfen. Die Oberflächenabfluss-Pfeilsignaturen auf der Gefahrenkarte (vgl. Geotest et al., 2005) werden durch die Modellierung gut wiedergegeben. Im dargestellten Kartenausschnitt existieren keine Fließgewässer.

Fig. 6 zeigt die Oberflächenabflussmodellierung im Gebiet Wierezwil (Gemeinde Rapperswil, Kanton Bern) im Vergleich mit der Ereignisdokumentation zum Unwetterereignis vom 8./9. August 2007 (vgl. Geotest, Scherrer, 2008). Die modellierten Flächen (flächig dargestellt) zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den beim Ereignis durch Oberflächenabfluss überfluteten Flächen (schraffiert dargestellt).



**Fig. 5** Modeling of overland flow in the Winterswil area (Canton of Berne, Switzerland). (Source: geo7, 2010. Source of map layer: Geotest et al., 2005, UP5 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern).

**Fig. 5** Oberflächenabflussmodellierung im Gebiet Winterswil (Kanton Bern, Schweiz). (Quelle: geo7, 2010. Quelle Kartengrundlage: Geotest et al., 2005, UP5 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern).

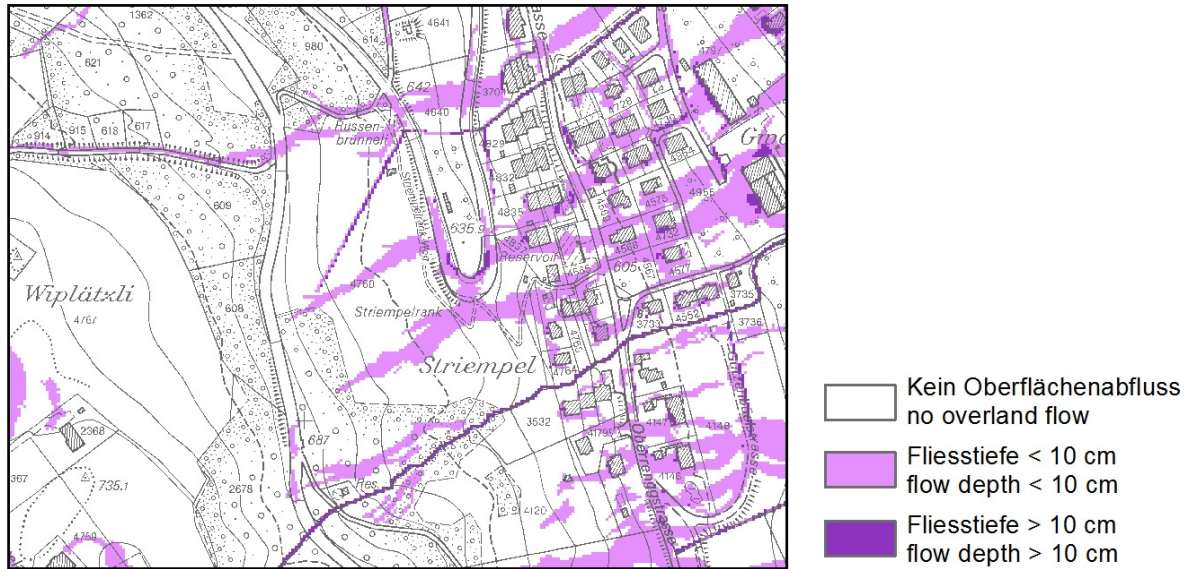


**Fig. 6** Comparison of modeling of overland flow and documented flood event of the 29.08.2007 in the Wierezwil area (Canton of Berne, Switzerland). (Source: geo7, 2010. Source of map layer: Geotest, Scherrer, 2008, UP5 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern).

**Fig. 6** Vergleich von Oberflächenabflussmodellierung mit kartierten Oberflächenabfluss-Prozessflächen vom Unwetterereignis vom 29.08.2007 im Gebiet Wierezwil (Kanton Bern, Schweiz). (Quelle: geo7, 2010. Quelle Kartengrundlage: Geotest, Scherrer, 2008, UP5 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern).

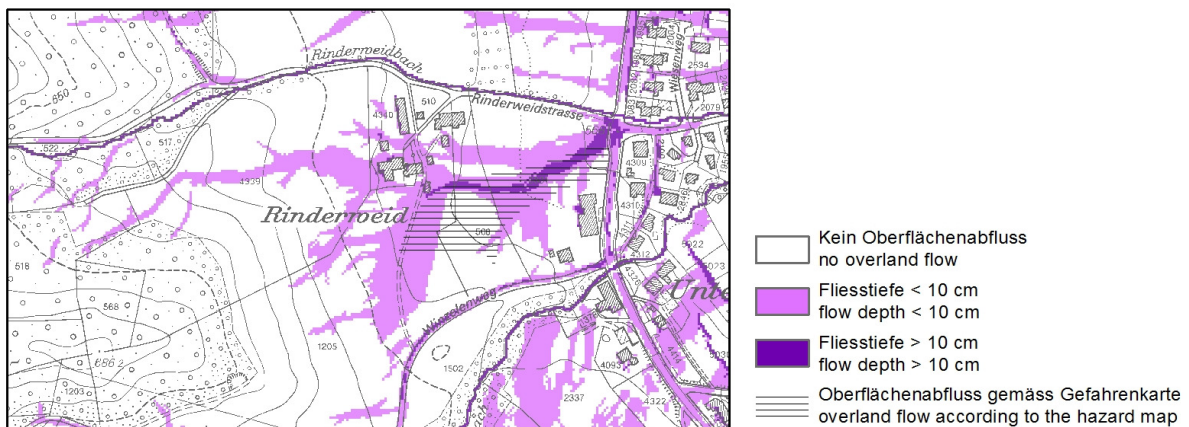


Fig. 7 und Fig. 8 zeigen Resultate der Oberflächenabflussmodellierung in Langnau am Albis. In Fig. 7 ist gut erkennbar, wie trotz der Absenkung der Verkehrswege (vgl. Kapitel Aufbereitung Geländemodell) Strassen überflossen werden können. In Fig. 8 sind die auf der Gefahrenkarte von Langnau am Albis (vgl. Flussbau, geo7, 2010) dargestellten Hinweisflächen für Oberflächenabfluss aufgetragen. Die Modellierung zeigt ein ähnliches, aber wesentlich differenzierteres Bild. Auf dem in Fig. 7 dargestellten Kartenausschnitt sind auf der Gefahrenkarte keine Hinweisflächen für Oberflächenabfluss ausgeschieden.



**Fig. 7** Modeling of overland flow in Langnau am Albis (Canton of Zurich, Switzerland). (Source: geo7, 2009. Source of map layer: © Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich).

**Fig. 7** Oberflächenabflussmodellierung in Langnau am Albis (Kanton Zürich, Schweiz) (Quelle: geo7, 2009. Quelle Kartengrundlage: © Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich).



**Fig. 8** Modeling of overland flow in Langnau am Albis (Canton of Zurich, Switzerland). (Source: geo7, 2009. Source of hazard map: Flussbau, geo7, 2010. Source of map layer: UP5 © Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich).

**Fig. 8** Oberflächenabflussmodellierung in Langnau am Albis (Kanton Zürich, Schweiz) (Quelle: geo7, 2009. Quelle Gefahrenkarte: Flussbau, geo7, 2010. Quelle Kartengrundlage: © Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich).

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Resultate zeigen, dass mit der entwickelten Methodik zur Modellierung von Oberflächenabfluss realistische Ergebnisse erzielt werden können. Sehr gute Resultate ergeben sich an den Rändern von Siedlungsflächen und im landwirtschaftlich genutzten Gebiet. Potenziell gefährdete Gebäude können

gut erkannt, und das Schadenrisiko könnte bereits mit einfachen Schutzmassnahmen stark verringert werden. Die Oberflächenabflussmodellierung kann so auch als Grundlage für eine Massnahmenplanung dienen. Durch die Vereinfachungen, welche für eine Automatisierung und Generalisierung vorgenommen werden müssen, kann aber nicht jede lokale Situation korrekt abgebildet werden. Insbesondere innerhalb von Siedlungskernen sind die Resultate schlechter. Dies liegt vor allem daran, dass das Geländemodell eine beschränkte Genauigkeit aufweist und unzählige Kleinbauten und Hindernisse (Mauern, Trottoirränder etc.) eine grosse Rolle spielen können. Aus diesem Grund ist auch der Aktualisierungs-Stand des Geländemodells und der Oberflächenbedeckung entscheidend.

Die Siedungsentwässerung wurde bis anhin nicht berücksichtigt, deshalb sammelt sich der Oberflächenabfluss in breiten Talböden zu grösseren Wasserflächen. Hier ist die Aussagekraft der Modellierung reduziert. Dennoch werden dadurch auch wertvolle Hinweise darüber geliefert, in welchen Gebieten bei grossen Niederschlagsmengen mit stehendem Wasser gerechnet werden muss. Als mögliche Einsatzbereiche der Oberflächenabflussmodellierungen stehen folgende Themenkreise im Vordergrund:

1. Ergänzung zur Gefahrenkarte Hochwasser: Es können mit einem einfachen Verfahren potenziell gefährdete Gebiete erkannt werden, welche bis jetzt kaum durch Gefahrenkarten abgedeckt sind. Das Verfahren ist objektiv und nachvollziehbar. Neubauten entstehen zudem häufig an Siedlungsrändern – hier zeigt die Methodik sehr gute Ergebnisse.
2. “Objektschutzkarte (Hinweiskarte Oberflächenabfluss)“: Eine Oberflächenabflusskarte kann einen Hinweis auf eine mögliche Gefährdung bringen. Bei diesem Gefahrenprozess können einfache Massnahmen sehr viel bewirken – wenn sie bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden. Das Modellresultat ist aber auf jeden Fall im Gelände zu überprüfen und besitzt nicht die Aussagegenauigkeit einer Gefahrenkarte.
3. Grundlagenkarte für weitere Themenkreise: Neben dem Oberflächenabfluss verursacht auch eindringendes Grundwasser Schäden an Gebäuden welche nicht durch die Gefahrenkarte abgedeckt sind. Bei Oberflächenabflussmodellierungen kann die Fliessrichtung und Fliessgeschwindigkeit innerhalb der Prozessflächen ebenfalls ausgegeben werden. Dies kann einen Baustein zur Identifikation von Flächen liefern, in welchen Grundwasser verstärkt angereichert wird (stehendes Wasser an der Oberfläche).

## AUSBLICK

Zurzeit sind Oberflächenabfluss-Modellierungen in weiteren Gebieten im Gange. Dabei wird das Verfahren erstmals auch im alpinen Raum getestet und validiert, um die Eignung auch in steilen Geländebeziehungen mit langen Hanglängen zu überprüfen. Dabei wird auch untersucht, ob das Speichervermögen des Untergrundes nicht nur prozentual gleichmässig über die gesamte Niederschlagsdauer festgelegt, sondern auch eine abnehmende Speicherwirkung im Verlaufe des Ereignisses berücksichtigt werden kann. Weiter wird auch abgeklärt, ob eine Integration der Siedlungsentwässerung sinnvoll ist. Dabei muss beachtet werden, dass diese in der Schweiz üblicherweise auf ein 5 – 10 jährliches Ereignis dimensioniert ist. Deshalb ist deren Einfluss bei grösseren Ereignissen, wie sie z.B. im Rahmen einer Gefahrenkartierung betrachtet werden, beschränkt. Zudem kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass die Kapazität bei einem Ereignis auch vollständig ausgenutzt werden kann. Zudem sollen zukünftige Nutzer einer möglichen Hinweiskarte „Oberflächenabfluss“ befragt werden um festzulegen, welche Informationen ein mögliches Endprodukt liefern sollte, um in der Praxis möglichst gute Dienste leisten zu können.

## REFERENCES

- Bezzola G.R., Hegg C. (2008). Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahrengrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825.
- BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) (1997). Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES). Landeshydrologie. Bern.

Flussbau AG SAH, geo7 AG (2010). Gefahrenkartierung Naturgefahren Unteres Sihltal. Baudirektion Kanton Zürich, AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft.

geo7 AG (2006). Aktualisierung Schadenpotenzial-Studie. Vergleich der Studie 2001 mit den Schäden August 2005 und Neuberechnung Schadenpotenzial. Gebäudeversicherung Bern, Ittigen.

geo7 AG (2009). Modellierung Oberflächenabfluss. Methodenevaluation. Gebäudeversicherung Zürich. Zürich.

geo7 AG (2010). Oberflächenabfluss. Methodenevaluation. Bundesamt für Umwelt. Bern.

Loat R., Meier E. (2003). Wörterbuch Hochwasserschutz. Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern.

Geotest AG, Hunziker, Zarn & Partner AG (2005). Busswil b.B., Grossaffoltern, Lyss, Rapperswil / BE, Schüpfen, Seedorf – Gefahrenkarte. Bericht zur Gefahrenkarte und Kartenbeilagen. Oberingenieurkreis III, Einwohnergemeinden Busswil b.B., Grossaffoltern, Lyss, Rapperswil / BE, Schüpfen, Seedorf.

Geotest AG, Scherrer Hydrologie AG (2008). Gesamtbericht Unwetter Lyssbach Sommer 2007 und Kartenbeilagen. Gemeindeverband Lyssbach, Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis III, Biel.

Kanton Zürich (2006). Dominante Abflussprozesse des Kantons Zürich. Datendokumentation. Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich.

Pöyry Energy AG (2008). Haselbach in Knonau. Analyse der Hochwasser vom 8. August 2007 und 10. Juni 2008. Baudirektion Kanton Zürich, AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich.