

# Gefahrenhinweiskarte Überflutung des Kantons Bern

Autor(en): **Mani, Peter / Liener, Serena / Caduff, Ursin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **105 (2013)**

Heft 3

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941557>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Gefahrenhinweiskarte Überflutung des Kantons Bern

Peter Mani, Serena Liener, Ursin Caduff, Heinz P. Roth

## Zusammenfassung

Die Gefahrenkarte Wasser, welche in den meisten Gemeinden der Schweiz vorliegt, enthält detaillierte Informationen zur Überflutungsgefährdung. Die Gefahrenbeurteilung beschränkt sich jedoch auf die Bauzonen oder die Siedlungsräume. Werden Informationen zur Gefährdungslage ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters benötigt, sei das für Baugesuche ausserhalb der Bauzone, für Umzonungen oder zur Gefahrenbeurteilung wichtiger Infrastrukturen, fehlen detaillierte Aussagen über die Überflutungsgefahr. Die GHK Überflutung, wie sie für den Kanton Bern erstellt wurde, füllt diese Lücke. Mit detaillierten Höhenmodellen und effizienten Modellen können Überflutungsflächen heute grossräumig und detailliert ausgeschieden werden.

Wir widmen den Artikel unserem Co-Autor Heinz P. Roth, der uns überraschend und viel zu früh für immer verlassen hat.

## 1. Einleitung

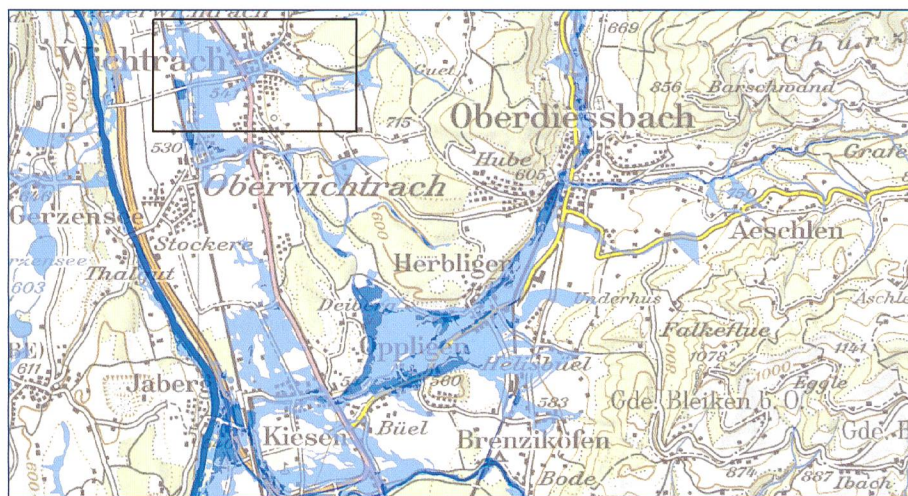
Die Überschwemmungen der vergangenen Jahre (1999, 2005, 2007) haben deutlich gezeigt, dass Ausuferungen von kleineren und grossen Flüssen zu massiven Schäden führen können. Im Nachgang zu diesen Ereignissen wurden einerseits Verbauungsmassnahmen ergriffen und andererseits konzeptionelle Projekte in Angriff genommen (Aufbau eines Unwetter-Warnsystems, Revision des Wasserbaugesetzes). Dabei werden Grundlagen zur Gefahrensituation, insbesondere im Zusammenhang mit Wassergefahren, benötigt.

Für weite Teile des Kantonsgebietes liegen heute Gefahrenkarten vor, die auch die Überflutungsgefährdung zeigen. Diese beschränken sich jedoch normalerweise auf die Siedlungsgebiete. Für die übrigen Gebiete und somit bedeutende Teile des Kantonsgebietes liegen keine Angaben zur Gefährdungssituation durch Überflutung vor.

In den 90er-Jahren wurde im Kanton Bern eine Gefahrenhinweiskarte für gravitative Prozesse und Wildbachprozesse erstellt. Auf die Ausarbeitung einer Gefahrenhinweiskarte für flachere Gewässer wurde verzichtet, da einige Jahre zuvor die Überflutungsgefährdungskarte des Kantons Bern erarbeitet wurde. Ebenso war die technische Machbarkeit damals noch nicht gegeben. Die Überflutungsgefährdungskarte zeigt mit Symbolen Schwachstellen im Gerinnebereich und mögliche Folgen von Überflutungen auf,

ohne jedoch die Überflutungsflächen flächenhaft darzustellen.

Ende 2008 wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) die Überflutungskarte, die im Rahmen des Projektes Aquaproject ausgearbeitet wurde, veröffentlicht. Sie zeigt schweizweit die Überflutungsgefährdung bei 50-, 100-, 250- und 500-jährlichen Ereignissen. Die Karte dient dem Zweck, die Verteilung der Bundesmittel für den Wasserbau auf eine objektive Basis abzustützen. Sie kann jedoch nach Aussagen des BAFU eine Gefahrenhinweiskarte nicht ersetzen. Erste eigene Analysen, aber auch Reaktionen aus anderen Kantonen, bestätigen diese Aussage.



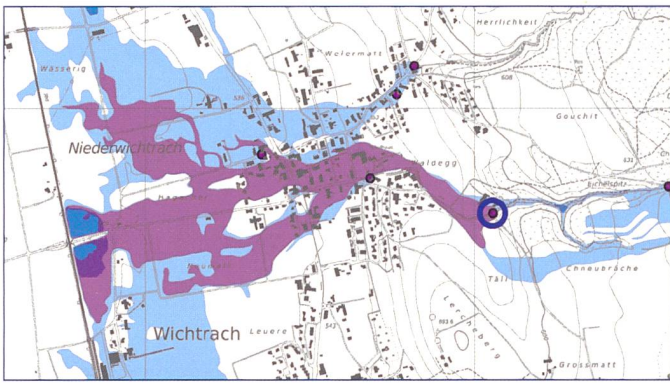
**Bild 1. Ausschnitt aus der GHK Überflutung des Kantons Bern im Bereich von Wichtrach und Kiesen. Die unterschiedlichen Blautöne symbolisieren die Wassertiefenklassen. Das Rechteck symbolisiert den Ausschnitt, welcher in Bild 2 vergrössert dargestellt ist. Karte: Bundesamt für Landestopografie (BA130166).**

Aus diesen Gründen hat sich der Kanton Bern entschieden, eine Gefahrenhinweiskarte Überflutung auszuarbeiten. Die geo7 AG hat die beschriebenen Arbeiten durchgeführt.

## 2. Die Gefahrenhinweiskarte (GHK) Überflutung Bern

Die GHK Überflutung ist eine einheitliche kantonsweite Übersichtskarte der Überflutungsgefahren im Massstab 1:25000. Die auf der Karte dargestellten Überflutungsflächen bilden die Umhüllende aller möglichen, seltenen Überflutungsereignisse. Schutzbauten sind berücksichtigt, soweit sie im digitalen Höhenmodell (DTM) integriert sind. Die dargestellten Überflutungstiefen sind analog zu den Intensitätskarten der Gefahrenkarten in drei Klassen unterteilt, Überflutungstiefen kleiner als 0.5 m in Hellblau, Tiefen von 0.5–2 m in Mittelblau und Überflutungstiefen grösser als 2 m in Dunkelblau (vgl. Bild 1).

Neben der Version als PDF-Karten steht die GHK Überflutung auch in digitaler Form als Shapefile zur Verfügung. In der digitalen Karte sind die Überflutungsflächen für jede verantwortliche Schwachstelle und somit für jede Prozessquelle separat erfasst (vgl. Bild 2).



**Bild 2. Ausschnitt der GHK Überflutung auf dem Gebiet der Gemeinde Wichtrach. Um den Bezug von Überflutungsflächen und Schwachstellen darzustellen, wurde die Überflutungsfläche, welche aus der violett umkreisten Schwachstelle resultiert, Rot eingefärbt. Karte: UP5, Kanton Bern.**

### 3. DTM Aufbereitung

Eine wichtige Grundlage für die Gefahrenhinweiskarte Überflutung bildet das Höhenmodell DTM-AV 2m. Fehler und Ungenauigkeiten im DTM wirken sich direkt auf die Modellergebnisse aus. Insbesondere im Bereich von Flüssen weist das DTM-AV teilweise grosse Fehler auf. Mit Hilfe von Gerinnequerprofil-Daten des BAFU und des Kantons Bern konnte die Qualität des DTM im Gerinnebereich wesentlich verbessert werden. Aus den Querprofildaten wurden automatisch Bruchkanten entlang des Gerinnebettes und der Dammkronen generiert, welche in das DTM integriert wurden.

Weitere Korrekturen betrafen Schluchtstrecken, bei denen das Höhenmodell keinen durchgängigen Abflussweg aufweist. Das korrigierte DTM-AV wurde zudem geglättet, um das im DTM vorhandene Rauschen zu eliminieren. Bei der Glättung wurde darauf geachtet, dass für die Simulation relevante Strukturen wie z.B. Strassen nicht verloren gehen. Als weitere Korrektur wurden unerwünschte Strukturen von Ackerkulturen, welche im DTM sichtbar sind, lokalisiert und aus dem DTM entfernt.

Ein Einbrennen der verschiedenen Korrekturen in das bestehende DTM-AV würde in den Übergangsbereichen zu nicht erwünschten Artefakten führen. Deshalb wurde auf Basis der relevanten Punkte des DTM-AV, der Korrekturdaten und der Gerinne-Bruchkanten ein neues DTM berechnet (vgl. Bild 3).

### 4. Simulationsmodell

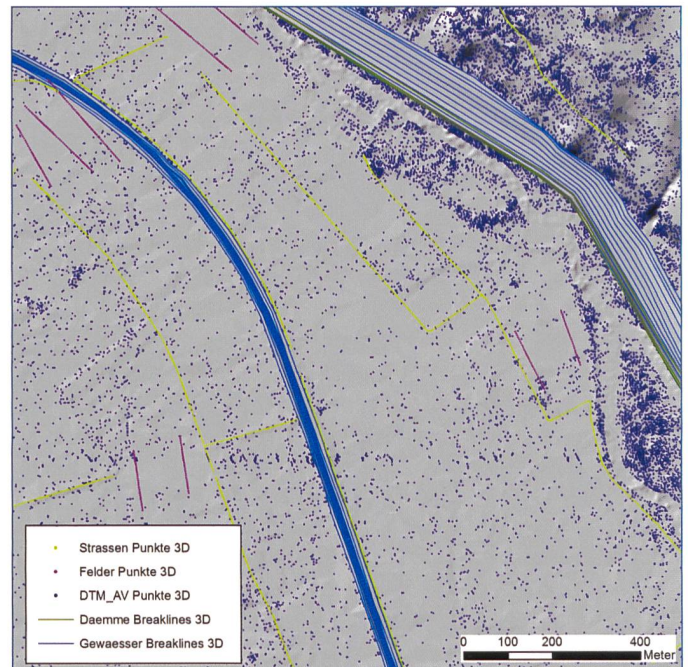
Für die Berechnung der Überflutungsflächen wurde das Simulationsmodell FloodArea der Firma geomer GmbH eingesetzt. Die Berechnung der Überschwemmungs-

bereiche basiert in diesem Modell auf einem hydrodynamischen Ansatz. Betrachtet werden jeweils die acht Nachbarn einer Rasterzelle. Das Abflussvolumen zu den Nachbarn wird mit Hilfe der Fliessformel nach Manning-Strickler errechnet.

Als Input für die Überflutungsmodellierung erlaubt das Modell entweder die Wasserspiegellage im Gerinne oder die Ganglinie an bestimmten Ausbruchstellen. Ausgehend von den Ausbruchstellen wird in einem iterativen Verfahren das Gefälle des Wasserspiegels berechnet. Das grösste Gefälle des Wasserspiegels fliesst in die Manning-Strickler-Formel ein. Die errechnete Fliessgeschwindigkeit wird mit dem Fliessquerschnitt multipliziert und ergibt die Austauschwassermenge für den aktuellen Rechenschritt. Nach jedem Rechenschritt wird die Volumenbilanz berechnet. In wählbaren Zeitschritten können die Überflutungsflächen in ein Raster hinaus geschrieben werden. FloodArea liefert dabei nicht nur die Überflutungsfläche, sondern auch Informationen zur Überflutungstiefe.

### 5. Definition von Schwachstellen

Den Ursprung für jede Überflutungsfläche in der Karte bildet eine Schwachstelle. Da die Datengrundlage je nach Gewässergrösse variiert, wurden zwei verschiedene Verfahren zur Detektion der Schwachstellen eingesetzt. Für die meisten grösseren Gewässer des Kantons Bern existieren Staukurvenberechnungen. In diesen Fällen resultieren die Schwachstellen aus der



**Bild 3. Zur Neuberechnung des DTM werden die relevanten Punkte des DTM-AV (violett) und die Daten, die aus den DTM-Korrekturen stammen, miteinander kombiniert (Hintergrund: Hillshade des aufbereiteten DTM-AV, Kanton Bern).**

Höhe der Wasserpegel der entlasteten Staukurven und der Höhe der Dämme. Gerade an grösseren Gewässern muss auch von Dammbrochenen ausgegangen werden. Dammbroschenszenarien wurden in der GHK Überflutung ebenfalls berücksichtigt und simuliert. Grundlage für die Dammbroschensimulationen bilden der Hochwasserpegel sowie die Dammbroschenlänge. An Gewässern ohne Staukurvensimulation wurde das Verfahren zur Detektion der Schwachstellen angepasst: Als Schwachstellen gelten an diesen Gewässern Brücken, der Beginn von eingedolten Gewässerabschnitten sowie reliefbedingte Schwachstellen. Letztere werden mittels DTM-Analyse ausgeschieden. Alle 50 Meter wird dafür die Höhendifferenz zwischen dem Gewässer und dem Umland analysiert (vgl. Bild 4). Sämtliche Schwachstellen wurden von den Wasserbauingenieuren des Kantons plausibilisiert.

### 6. Einfache Hydrologie für Schwachstellen

Im Gegensatz zu den Gewässern mit Staukurvenberechnungen müssen für die Simulation der übrigen Schwachstellen die hydrologischen Parameter berechnet werden. Als Grundlage zur Bestimmung der Hydrologie dient das Modell von Kürsteiner (Bundesamt für Wasser und Geologie, 2003). Der c-Wert wird jedoch nicht aus Gebiets-eigenschaften (Hangneigung) abgeleitet, sondern anhand beobachteter Hochwas-

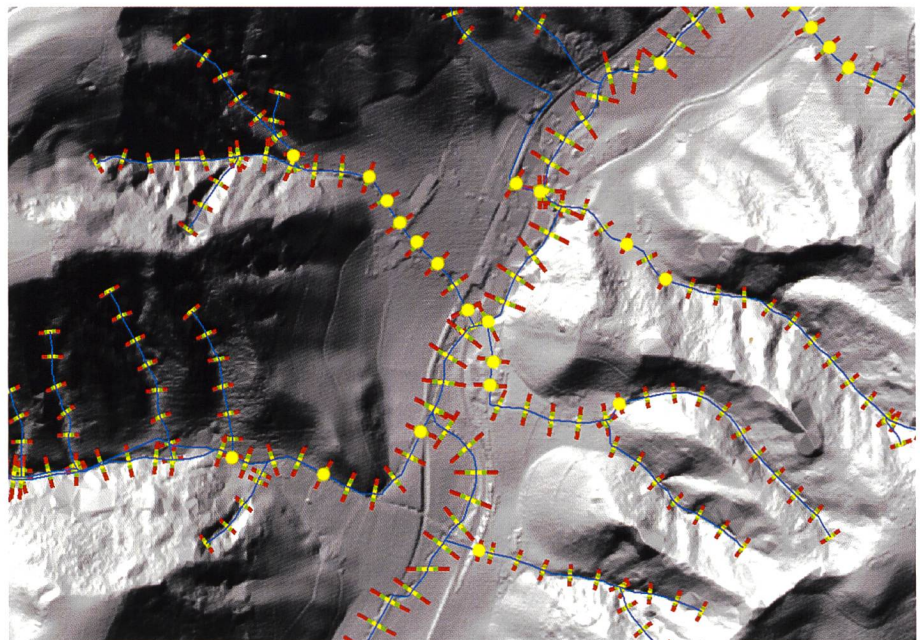
serereignisse bestimmt. An Abflussmessstationen kann mittels Extremwertstatistik die Abflussmenge für den 300-jährlichen Abfluss ermittelt werden. Setzt man diesen Wert als Abflussspitze in die Gleichung von Kürsteiner ein, kann für jede Abflussmessstation ein c-Wert ermittelt werden, welcher für das Einzugsgebiet oberhalb der Messstation repräsentativ ist. Mittels Interpolation (IDW-Interpolation) der c-Werte wird eine c-Wertkarte erstellt. Bei grossen Einzugsgebieten führt der Umstand, dass der c-Wert das Einzugsgebiet oberhalb der Messstation repräsentiert dazu, dass der c-Wert im Bereich der Messstation die lokalen Eigenheiten der Abflussbildung zu wenig oder gar nicht mehr abbildet. Deshalb werden für die Erstellung der c-Wertkarte Messstellen an Unterläufen grosser Flüsse nicht berücksichtigt. Als Beispiel ist hier die Emme bei der Station Wiler zu nennen. Ebenfalls werden Messstationen unterhalb von grösseren Seen nicht berücksichtigt, da das Abflussverhalten und somit auch der c-Wert dieser Messstationen von der Speicherwirkung des Sees stark beeinflusst ist.

Die c-Wertkarte dient dazu, für jeden beliebigen Punkt im Kanton Bern einen c-Wert zu erhalten, mit welchem man unter Einbezug der Einzugsgebietsgrösse den Hochwasserabfluss für ein sehr seltenes Ereignis abschätzen kann. Ein Vergleich der für die GHK Überflutung Bern berechneten Abflussspitzen mit den Abflussspitzen der Gefahrenkarten des Kantons Bern ( $HQ_{300}$ ) zeigt, dass die erwarteten Abflussspitzen in derselben Grössenordnung liegen (vgl. Bild 5).

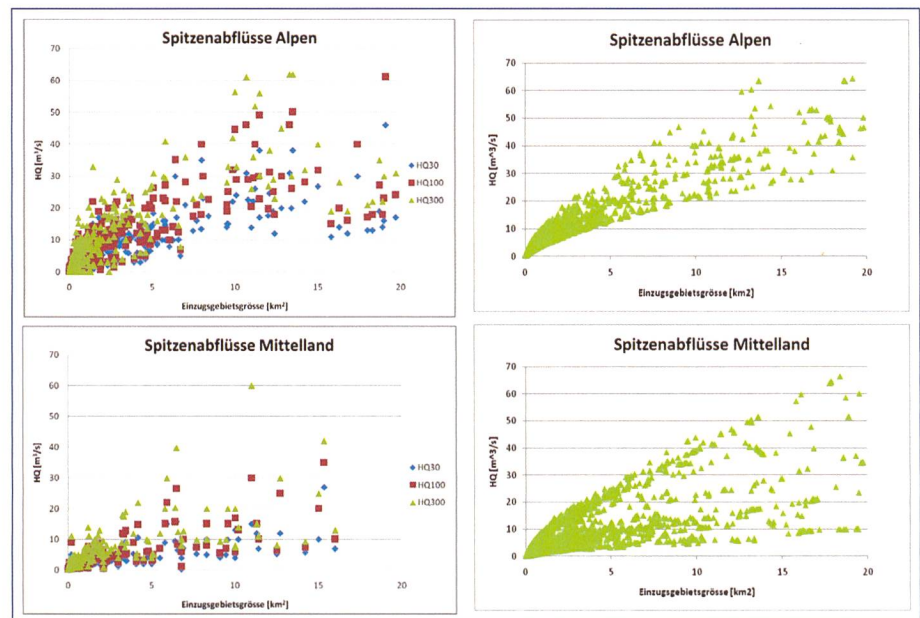
Für die Simulation wird nicht der Spitzenabfluss, sondern die Ganglinie der Ausbruchwassermenge benötigt. Um diese zu erhalten, wird für jede Schwachstelle eine Dreiecksabflussganglinie aus dem Spitzenabfluss und der Ereignisdauer erstellt. Die Ereignisdauer wird in Abhängigkeit zur Einzugsgebietsgrösse bestimmt und basiert auf Erfahrungswerten. Aus der Dreiecksabflussganglinie lässt sich das Gesamtabflussvolumen bestimmen. Die Ausbruchwassermenge ist die Differenz zwischen dem Abfluss und der Gerinnekapazität. Da die Gerinnekapazität der einzelnen Schwachstellen nicht bestimmbar ist, wird die Ausbruchwassermenge vereinfacht als Funktion vom Gesamtabflussvolumen und der Einzugsgebietsgrösse angesehen.

## 7. Simulationsstrategie

Die Simulationsstrategie verfolgt das Ziel, für die über 11 000 Schwachstellen des



**Bild 4. Querprofilanalyse zur Detektion von reliefbedingten Schwachstellen. In Abhängigkeit des Gerinnegefälles werden die sechs Abtastpunkte (gelb, grün, rot) in unterschiedlichen Abständen gesetzt. Die gelben Punkte zeigen detektierte reliefbedingte Schwachstellen (Hillshade DTM-AV, Kanton Bern).**

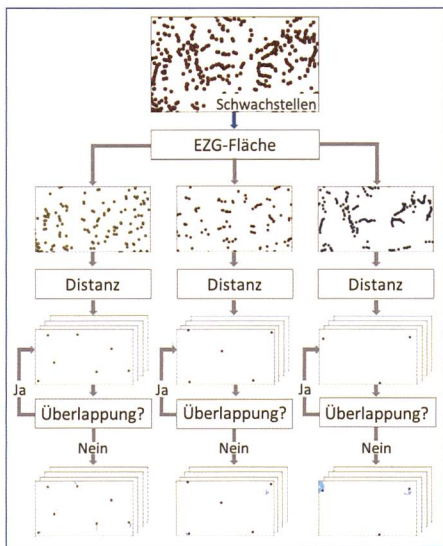


**Bild 5. Vergleich von Spitzenabflüssen. Linke Spalte Spitzenabflüsse aus den Gefahrenkarten (Stalder S., 2010), rechte Spalte Spitzenabflüsse für Schwachstellen der GHK Überflutung.**

Kantons Bern Überflutungsflächen zu generieren, welche voneinander unabhängig sind. Das heisst, es muss eine Simulationsstrategie verfolgt werden, die verhindert, dass Wasser von zwei verschiedenen Überflutungsflächen zusammenfliessen kann.

Um die Unabhängigkeit der Überflutungsflächen zu erreichen, wurde die Anzahl der Simulationsdurchgänge erhöht, so dass pro Simulationsdurchgang weniger Schwachstellen miteinander simuliert wurden. Eine erste Aufteilung der Einspeisepunkte in verschiedene Simulationsläufe erfolgte über die Einzugsge-

bietsgrösse. Dank dieser Aufteilung ist es möglich, die Simulationsdauer auf die Einzugsgebietsgrösse abzustimmen. Weiter wurde eine Mindestdistanz zwischen den Schwachstellen jedes Simulationsdurchganges vorgegeben. In der Nachbearbeitung wurden die Überflutungsflächen zusätzlich auf Unabhängigkeit kontrolliert. Falls eine Überschneidung von zwei Überflutungsflächen gefunden wurde, wurden die beiden Überflutungsflächen eliminiert und die beiden Schwachstellen nochmals simuliert. Die Simulationsstrategie ist in Abbildung 6 schematisch dargestellt.



**Bild 6. Darstellung der Simulationsstrategie. Das Auftrennen der Schwachstellen erfolgt aufgrund der EZG-Fläche. In einem weiteren Schritt ist eine Mindestdistanz zwischen den Schwachstellen für die weitere Auftrennung massgebend.**

In der Nachbearbeitung wurden die Simulationsergebnisse generalisiert, die Überflutungstiefen klassiert und die verschiedenen Überflutungsflächen zu einer Karte aggregiert.

Die unabhängige Simulation der Punktausbruchstellen bietet verschiedene Vorteile:

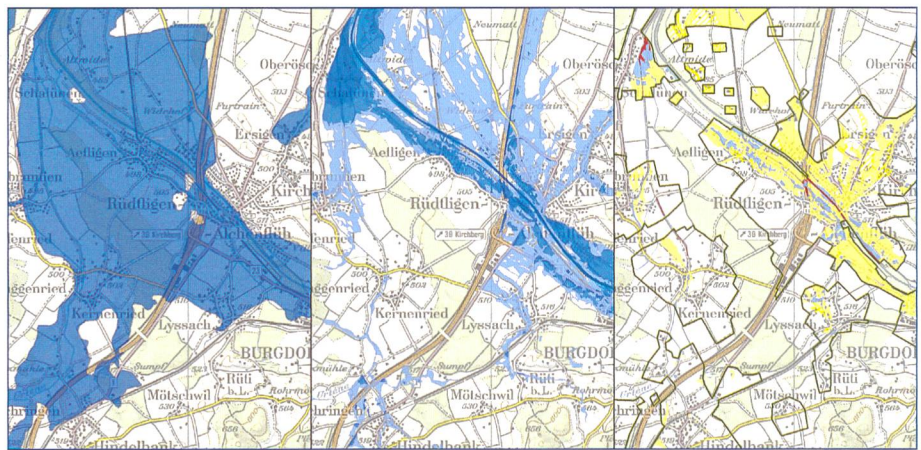
- Die Auswirkung einer einzelnen Schwachstelle ist genau definiert.
- Überflutungsflächen können nach Prozessquellen unterschieden werden (z.B. Überflutungsflächen nur vom Seitenbach).
- Für jede Überflutungsfläche können die dafür verantwortlichen Schwachstellen eruiert werden.

Zur Erstellung der GHK Überflutung Bern wurden gesamthaft 277 Simulationen durchgeführt, das heisst pro Simulationdurchgang wurden gleichzeitig durchschnittlich 40 Schwachstellen simuliert, verteilt über den ganzen Kanton Bern.

### 8. Qualität der Simulation

Die GHK Überflutung ist wesentlich genauer und vollständiger als Aquaprotect. Ebenfalls ist sie genauer als die GHK für gravitative Gefahren. Tendenziell liegen die Resultate näher bei der Gefahrenkarte. Sie haben jedoch nicht deren Aussagegenauigkeit, da z.B. die Jährlichkeit fehlt und Detailstrukturen sowie Schutzmassnahmen, die nicht im DTM-AV erfasst sind, nicht berücksichtigt werden.

In Bild 7 sind die GHK Überflutung, Aquaprotect und die Gefahrenkarte Wasser einander gegenübergestellt, dies im



**Bild 7. Vergleich der verschiedenen Produkte. Links Aquaprotect W 250 Jahre (Quelle: Swiss Re/BAFU, 2008), in der Mitte die GHK Überflutung und rechts die GK Wasser (Geoportal Kanton Bern, Stand April 2013) im Bereich von Kirchberg BE. Karte: Bundesamt für Landestopografie (BA130166).**

Bereich von Kirchberg BE. Die Gegenüberstellung zeigt die Nähe der GHK Überflutung zur Gefahrenkarte Wasser. Deutlich ersichtlich sind auch die Unterschiede zu Aquaprotect. Bei der GHK Überflutung sind im Unterschied zu Aquaprotect auch sehr kleine Gewässer berücksichtigt. Zudem ist die der Karte zugrunde liegende Methodik unterschiedlich: Aquaprotect generiert die Überflutungszone aus drei Parametern, der horizontalen und vertikalen Distanz eines Punktes zum Gewässer sowie der Grösse des Teileinzugsgebietes. Bei der GHK Überflutung sind es Simulationen, ausgehend von eruierten Schwachstellen.

### 9. Einsatzmöglichkeiten

Dank der Simulationsstrategie und des Datenmodelles, bei dem sich jede Überflutungsfläche einer Schwachstelle zuweisen lässt, bietet das Produkt «Gefahrenhinweiskarte Überflutung» vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, ohne dass spezifische Neu-Simulationen durchgeführt werden müssen.

- In Gebieten ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters gibt die GHK Überflutung einen detaillierten Hinweis auf eine potenzielle Überschwemmungsgefahr. Somit ermöglicht sie die Beurteilung von Baugesuchen ausserhalb des Siedlungsgebietes.
- Die GHK Überflutung dient als Grundlage für die Definition des Überlastfalles.
- Dank der Zuordnung der Überflutungsflächen zu Schwachstellen ist eine erste Grobabschätzung der Wirkung von Massnahmen möglich.
- Die GHK Überflutung bietet die Grundlage für grossräumige Risikoabschätzungen und Hotspot-Analysen.

Im Geodatenportal des Kantons Bern wird die Umhüllende der GHK Überflutung zudem einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

### Literatur

Bundesamt für Wasser und Geologie (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten, Berichte des BWG, Serie Wasser, Bern. 118 S.

Geoportal Kanton Bern (Zugriff 17.04.2013): Naturgefahrenkarten 1:5000. ([http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com\\_easysdi\\_catalog&Itemid=2&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=2fd935ef-91d7-436fa17e-85f0db350705&lang=de](http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com_easysdi_catalog&Itemid=2&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=2fd935ef-91d7-436fa17e-85f0db350705&lang=de))

Stalder, S. (2010): Analyse von Gefahrenkarten. Am Beispiel der Hochwasserabschätzungen im Kanton Bern. Masterarbeit, Geogr. Inst. Universität Bern. 127 S.

### Anschrift der Verfasser

Peter Mani, Dr. Serena Liener, Ursin Caduff, geo7 AG, Neufeldstr. 5–9, CH-3012 Bern [naturgefahren@geo7.ch](mailto:naturgefahren@geo7.ch)

Heinz P. Roth, ehem. TBA, Fachstelle Hochwasserschutz, Reiterstrasse 11, CH-3011 Bern