



Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare

S. Liener, P. Mani, P. Billeter, M. Schilling, G. Lauber, H. Roth, B. Schudel

1 Ausgangslage

Nach den Hochwasserereignissen vom Mai 1999 im Berner Oberland und den verheerenden Überschwemmungen entlang der Elbe im August 2002 stellte man sich im Kanton Bern die Frage, ob auch im Einzugsgebiet der Aare extreme Hochwasserereignisse, die deutlich ausserhalb des statistischen Bereichs liegen, auftreten könnten und welche Folgen diese haben würden. In einer Vorstudie (geo7 2003) wurde aufgezeigt, dass das Einzugsgebiet der Aare bisher noch nie grösstmöglich belastet wurde und dass damit grössere Ereignisse als bisher erlebt nicht ausgeschlossen werden können. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden die Zielsetzungen der Hauptstudie definiert.

2 Zielsetzung

Im Kanton Bern sollen im Hinblick auf die Katastrophen-Vorsorge bessere Kenntnisse über grossräumige Extremereignisse, die das Ausmass bisheriger Ereignisse deutlich übersteigen, gewonnen werden. Wichtig sind insbesondere Kenntnisse über die Entstehungsweise und das Ausmass von extremen Abflussereignissen sowie Angaben über die Auswirkungen von Extremhochwassern auf besiedelte Räume und wichtige Infrastrukturanlagen (geo7 et al. 2007).

Der Untersuchungsperimeter bildet das Einzugsgebiet der Aare bis Murgenthal einschliesslich ihrer wichtigsten Zuflüsse. Für dieses Gebiet sollen verschiedene hydrometeorologische Szenarien definiert werden. Basierend auf diesen Szenarien sollen die Abflüsse in den Hauptgewässern ermittelt und Überflutungsflächen ausgedehnt werden. Für die Überflutungsflächen soll aufgezeigt werden, welches Schadenpotenzial vorhanden ist, wobei auch wichtige Infrastrukturanlagen berücksichtigt werden müssen.

Die Hauptstudie sollen zusätzlich Schutzdefizite aufzeigen, als Grundlage für die Ausarbeitung von Gefahrenkarten dienen (v.a. Abschätzung Restrisiko) und Grundlagen für die Seestands-Regulierungen liefern.

Es war nicht das Ziel der Studie, mögliche lokale Grossschadenereignisse, bei denen nur einzelne Bäche oder Flüsse aktiv sind, zu analysieren. Daher ist es durchaus möglich, dass in lokalen Analysen beispielsweise grössere Abflüsse

resultieren als beim vorliegenden grossräumigen Ansatz. Weiter wird auch keine statistische Einordnung der angewendeten Szenarien und der daraus resultierenden Abflüsse vorgenommen – dies schliesst die Zieldefinition explizit aus. In einer weiteren Studie sollen jedoch in Kenntnis der Ergebnisse der Extremhochwasserstudie statistische Grundlagen für die Dimensionierung von Massnahmen bereitgestellt werden.

3 Vorgehen

Das Hauptgewicht der Studie liegt zum einen bei der Analyse von Prozessabläufen, die zu extremen Hochwasserereignissen führen können, zum andern bei der Untersuchung der Auswirkungen von solchen Hochwassern. Mit einem systemanalytischen Ansatz wurden verschiedene Szenarien für die Entstehung von extremen Hochwassern untersucht. Dazu wurden in einem ersten Schritt, basierend auf früher abgelaufenen Ereignissen, verschiedene hydrometeorologische Szenarien definiert.

Für die hydrologische Simulation von extremen Abflüssen wurde ein dynamisches Systemmodell erstellt. Im Modell sind die wichtigsten Teileinzugsgebiete sowie die Seen des Untersuchungsgebiets als Teilmodelle abgebildet. Das Untersuchungsgebiet Aare Murgenthal wurde dazu in insgesamt 36 Teileinzugsgebiete (TEG) unterteilt. Für jedes TEG erfolgte die Simulation einer Abflussganglinie. Für die Oberland- und Juraseen können zusätzlich die Seepegel sowie die Seeausflüsse simuliert werden.

Im hydraulischen System des Untersuchungsgebiets existieren Schlüsselstellen, d.h. Stellen mit im Vergleich zum oberhalb liegenden System reduzierter maximaler Durchflusskapazität. Solche Schlüsselstellen limitieren den Abfluss in den unterliegenden Gerinneabschnitten und stellen eine wichtige Grundlage für die Abflussmodellierung dar. Die Schlüsselstellen bilden auch die potentiellen Ausbruchstellen.

Um Schlüsselstellen auszuscheiden, wurden die Abflusskapazitäten der Aare und ihrer Zuflüsse ermittelt und mit den bestehenden Hochwasserstatistiken verglichen. Die Ermittlung der Abflusskapazitäten erfolgte entweder mit bestehenden Grundlagen (Geschiebehaushaltsstudien, Gefahrenkarten, Wasserbaupläne) oder es wurden neue Berechnungen durchgeführt.

In Gebieten, in welchen grossflächige Überflutungen zu erwarten sind, wurde mittels einer instationären zweidimensionalen Abflusssimulation untersucht, welche Flächen überflutet werden und wie gross die daraus resultierende Dämpfungswirkung auf die Hochwasserspitzen ist. Dabei wurde eine Zuflussganglinie, die aus den Simulationen zum Gesamtsystem bestimmt wurde, am

oberen Modellrand als Eingabegrösse definiert und eine Ausflussganglinie am unteren Modellende berechnet.

Die Extremhochwasser-Studie legt den Schwerpunkt auf den „globalen“ Aspekt. Dammbürche und Verkläunngen an Brücken werden daher nur sehr zurückhaltend berücksichtigt. Mit diesem Vorgehen ist einerseits gewährleistet, dass die Ganglinie nicht durch unwahrscheinliche Prozesse im Oberlauf verkleinert wird. Andererseits wird die Überflutungsgefahr lokal möglicherweise zu günstig dargestellt.

4 Meteoszenarien

Die Analyse vergangener Ereignisse im Rahmen der Vorstudie hat gezeigt, dass grossräumige Hochwassersituationen meistens auf ähnliche hydrometeorologische Situationen zurückzuführen sind:

- Intensive Schneeschmelze in den Voralpen und Alpen im Frühling/ Fröhsummer kombiniert mit intensiveren Niederschlägen führen zu hohen Seeständen in Thuner- und Brienersee. Der hohe Seestand im Thunersee führt zu einem hohen Abfluss in der Aare. Je nach Niederschlagsverteilung können auch in der Saane hohe Abflüsse auftreten, was zu hohen Seeständen in den Juraseen führen kann.
- Schneeschmelze im Mittelland im Spätherbst oder im Winter, die durch einen Warmlufteinbruch zusammen mit intensiverem Regen ausgelöst wird, führt zu einem sehr grossen Wasseranfall aus dem Mittelland. Vom Hochwasser hauptsächlich betroffen sind die Unterläufe der Aare und der Saane sowie die Broje, die Orbe und die Menthue. Die Folge sind hohe Seestände in den Juraseen.
- Abfolge von mehreren mehrtägigen grossräumigen Niederschlagsereignissen hoher Intensität. Einzelne grossräumige Niederschlagsereignisse mit höherer Intensität führen zwar zu hohen Abflüssen in den Flüssen, sind aber bezüglich Volumina nicht problematisch. Eine Abfolge von solchen Ereignissen in kurzer Zeit führt jedoch auch in Bezug auf die Volumina in den Juraseen und in Thuner- und Brienersee zu Problemen.

Das Ereignis vom August 2005 hat gezeigt, dass auch grossflächige Intensivniederschläge im Sommer zu Hochwasser in den Oberland- und Jurarandseen sowie entlang der Aare führen können.

Die Auswertung der bisherigen Ereignisse inklusive August 2005 zeigt, dass auch ungünstigere Ereignisverläufe möglich gewesen wären. Deshalb muss grundsätzlich mit grösseren Ereignissen als die bisher bekannten gerechnet werden. Da es jedoch sehr unwahrscheinlich ist, dass zukünftig bisher vollstän-

dig unbekannte Witterungsverläufe auftreten werden, wurde bei der Definition der Szenarien von den drei bekannten hydrometeorologischen Situationen ausgegangen.

Für die Szenarienbildung mussten in einem ersten Schritt die niederschlagsreichsten Ereignisse im Untersuchungsgebiet in der Referenzperiode 1901 bis 2004 herausgesucht werden. Betrachtet wurden Dauerstufen von 1 bis 3 Tagen, 7, 10, 15, 20, 25 und 30 Tagen. Für diese Ereignisse wurden die Niederschlagsfelder bestimmt. Zur szenarischen Verstärkung kamen zwei Verfahren zur Anwendung:

- Räumliche Verschiebung der Niederschlagsfelder unter Berücksichtigung der Wetterlage.
- Ereignisspezifisches Anheben von wesentlichen Niederschlagsparametern sowie Verschiebung des Maximums im zeitlichen Verlauf.

Für diese Szenarien wurden Varianten bezüglich Schneelage, Füllungsgrad der Kraftwerkspeicher und Seestände definiert. Bei diesen Arbeiten wurde immer darauf geachtet, dass die Szenarien physikalisch plausibel und in sich konsistent sind.

5 Ergebnisse

5.1 Massgebende Ereignistypen

Ausgehend von den im Rahmen der Systemanalyse durchgeführten Simulationen wurden 7 massgebende Szenarien, die zu 3 Ereignistypen zusammengefasst werden können, ausgeschieden.

- Typ A: Intensiver Niederschlag von 2 – 3 Tagen, kombiniert mit hohem Seestand im Berner Oberland
- Typ B: Abfolgen von Niederschlagswellen während 14 – 30 Tagen
- Typ C: Ereignisse mit Schnee bis in tiefe Lagen, kombiniert mit Niederschlag bei gleichzeitiger Erwärmung

Da als Niederschlagsinput Tagesniederschläge eingesetzt wurden, entsprechen die simulierten Abflussspitzen in etwa dem maximalen gleitenden 24 h-Mittel. Die simulierten maximalen Abflüsse können deshalb je nach Gebietscharakteristik deutlich unter den maximal möglichen Stundenwerten liegen.

5.2 Ereignistyp A

Der Ereignistyp A zeigt eine ähnliche Hochwassersituation, wie sie im August 2005 aufgetreten ist. Der massgebende Niederschlag fällt innerhalb von 3 Tagen. Der Niederschlagsschwerpunkt liegt in den Alpen und Voralpen.

Hochwasser können in den Hauptgewässern Aare, Lütschine, Kander und Simme sowie an Briener- und Thunersee auftreten. In den Zuflüssen zu den beiden Seen können die Abflüsse zum Teil mehr als 50% über den Werten von August 2005 liegen. Entsprechend kann der Seespiegel des Brienersees um knapp 1.5 m, der Seespiegel des Thunersees um 0.75 m über den Stand von August 2005 ansteigen. An der Aare treten auch unterhalb von Thun bis Hagneck extreme Abflüsse auf.

Der Ereignistyp A führt durch den hohen Abfluss an der Aare bei Hagneck zu einem deutlich höheren Anstieg im Bielersee als in den anderen Juraseen. Die Hochwassergrenze wird deshalb nur am Bielersee um gut einen halben Meter überschritten, während in Neuenburger- und Murtensee ungefähr die Hochwassergrenze erreicht wird.

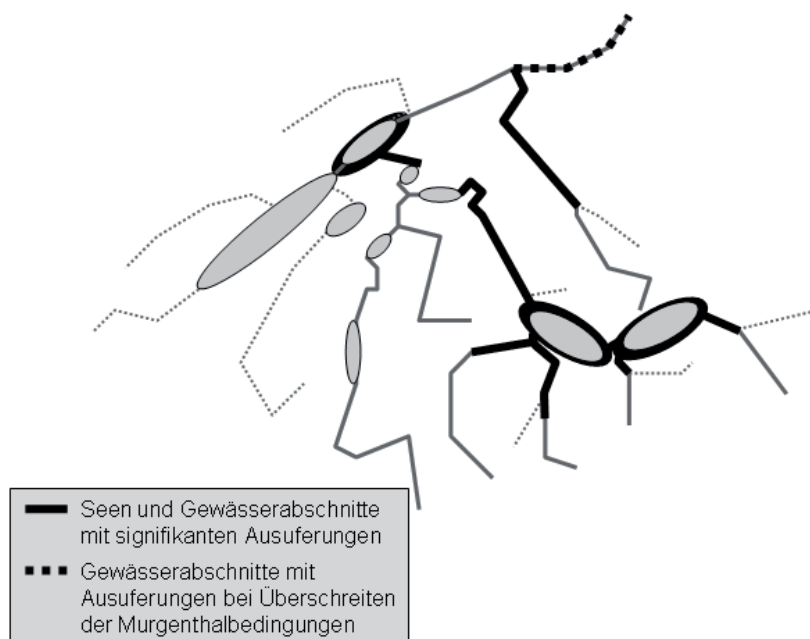


Abb. 1: Hochwassergebiete Ereignistyp A (2 – 3-tägiger Starkniederschlag)

Bei den Seen wird die Hochwassergrenze während 5 (Brienersee) – 10 Tagen (Thuner- und Bielersee) überschritten. Obwohl das Niederschlagsereignis mit 2 – 3 Tagen relativ kurz ist, bleiben die Seepiegel doch deutlich länger im Hochwasserbereich.

An der Emme können hauptsächlich im Unterlauf Hochwasser auftreten, welche das Ausmass von 2005 deutlich übersteigen. Dies führt im Raum Kirchberg zu

grossräumigen Überflutungen, die grössere Siedlungsgebiete sowie möglicherweise die Neubaustrecke der SBB betreffen können.

5.3 Ereignistyp B

Der Ereignistyp B ist charakterisiert durch Niederschläge und Niederschlagsabfolgen von 14 – 30 Tagen Dauer. Beim massgebenden Szenario werden 3 Niederschlagswellen simuliert, von denen die letzte die intensivste ist. Das Niederschlagszentrum liegt in den Alpen und im Jura.

Die Abflussspitzen sind in den Zuflüssen zu Thuner- und Brienersee generell etwas tiefer als beim Ereignistyp A. Durch die lange Dauer resultiert jedoch bei diesem Szenario für den Thunersee mit einer Kote von 560.3 m der höchste simulierte Seestand. Entsprechend hoch sind die Abflüsse in der Aare unterhalb des Thunersees. Für die Aare in Bern wird ein Abfluss von knapp 780 m³/s simuliert.

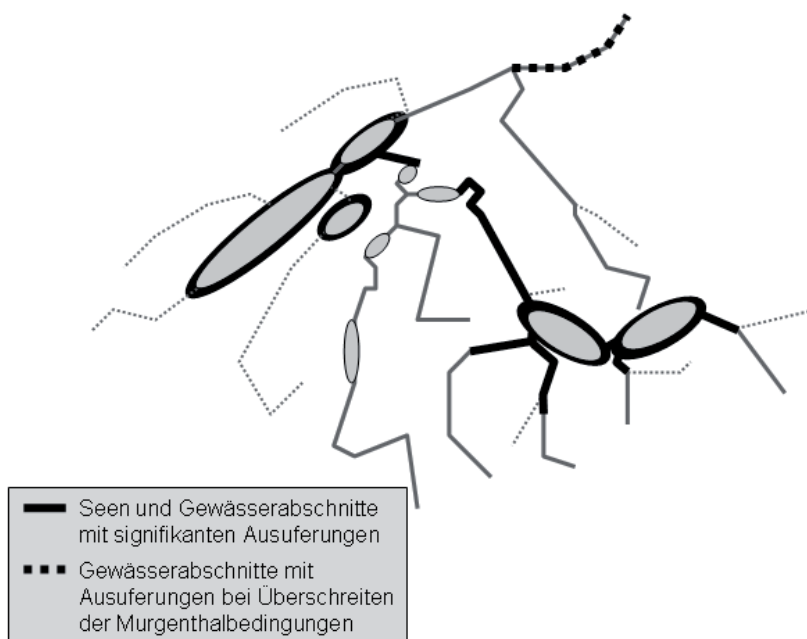


Abb. 2: Hochwassergebiete Ereignistyp B (14 – 30-tägiger Niederschlag)

Im Gebiet zwischen Thun und Bern kommt es bei diesem Ereignistyp zu grossflächigen Ausuferungen. Trotz der grossflächigen Überflutung ist die Reduktion der Hochwasserspitze bescheiden. Sie wird von etwa 780 m³/s auf etwa 760 m³/s reduziert. Die Spitze wird nur um etwa 6 Stunden verzögert. Der Grund für die geringe Abflussschwächung liegt in der Tatsache, dass die Zuflussganglinie unterhalb des Thunersees eine lange, „träge“ Spitze aufweist; zudem handelt es sich um eine fließende und nicht um eine stehende Retention.

In den Jurarandseen werden beim Typ B die höchsten Seestände simuliert. Aufgrund der langen Niederschlagsdauer können die Seepiegel die höchsten seit der zweiten Juragewässerkorrektur aufgetretenen Seepiegel massiv übersteigen, beim massgebenden Szenario um bis zu 3 m. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass der Abfluss am Wehr Biel Port strikt gemäss den Seestands-Abflusskurven des Wehrrreglements erfolgt. Zudem wird der Abfluss auf 650 m³/s beschränkt, und ein Umfliessen des Wehrs ist ebenfalls nicht berücksichtigt. Eine vorsorgliche Absenkung mit erhöhtem Abfluss, wie sie bei einem längeren Ereignis möglich wäre, wurde nicht berücksichtigt. Die simulierten maximalen Seepiegel stellen daher Maxima dar, welche nur unter ungünstigsten Voraussetzungen auftreten können.

Auch die Dauer, während welcher die Hochwassergrenzen an den Seen überschritten sind, nimmt flussabwärts zu. Am Bielersee dauert das Hochwasserereignis mit 25 Tagen am längsten.

5.4 Ereignistyp C

Beim Ereignistyp C können Niederschlagsereignisse von 7 oder von 30 Tagen Dauer in Kombination mit intensiver Schneeschmelze im Mittelland auftreten. Der Niederschlag führt zusammen mit der Schneeschmelze zu hohen Abflussvolumina. Ohne Schneeschmelze kommt es höchstens lokal zu Hochwasserabflüssen.

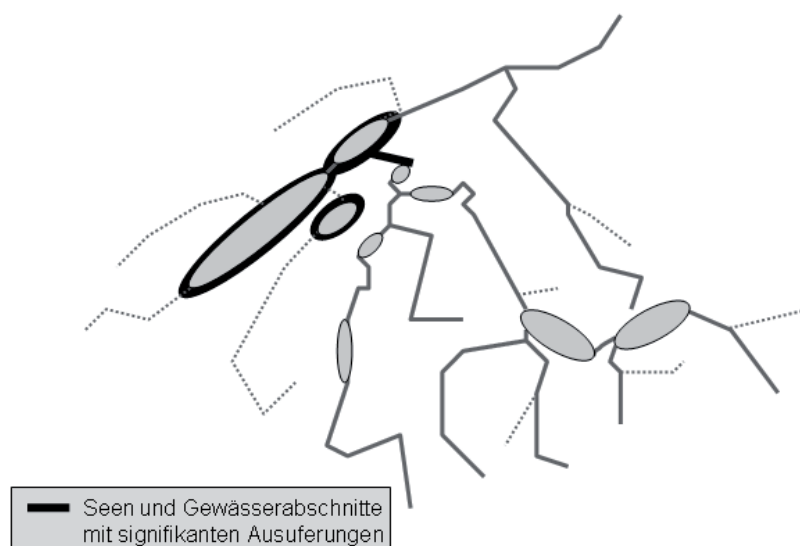


Abb. 3: Hochwassergebiete Ereignistyp C (Niederschlag und Schneeschmelze)

Bei diesem Ereignistyp sind in erster Linie die Juraseen sowie die Zuflüsse in die Juraseen durch Hochwasser betroffen. Die Hochwassergrenzen werden im Maximum um ca. 1.5 m übertroffen. Da im Szenario mit einer intensiven Schneeschmelze in mittleren und tiefen, nicht aber in erhöhten Lagen gerech-

net wird, ist im Oberland die Gefährdung durch Hochwasser geringer. Hohe Spitzenabflüsse sind vor allem aus der Saane und aus den Einzugsgebieten des Mittellandes und des Juras zu erwarten. Am Bielersee wird die Hochwassergrenze während insgesamt 30 Tagen überschritten, während an den Oberlandseen keine Hochstände zu erwarten sind.

5.5 Einordnung der Ergebnisse

Die ausgewählten Szenarien zeigen in erster Linie mögliche Extremereignisse für die Aare und die Juraseen auf. In den einzelnen Teileinzugsgebieten können ebenfalls extreme Abflussspitzen simuliert werden. Die Szenarien sind aber nicht darauf ausgelegt, dass in sämtlichen Gerinneabschnitten maximale Abflüsse auftreten. Insbesondere in kleineren Teileinzugsgebieten, die eher auf gewittrige Niederschläge reagieren, können die maximal simulierten Abflüsse deutlich unter den maximal gemessenen Werten liegen (z.B. Sense, Ifis).

Ein Vergleich der Szenarienzuflüsse zum Thunersee mit den statistisch bestimmten Zuflüssen zeigt, dass mehrere Szenarien bei sämtlichen Dauern (1, 3, 5 und 10 Tage) deutlich über den 1000-jährlichen Zuflüssen liegen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich die grössten gemessenen Zuflüsse ebenfalls im Bereich der 1000-jährlichen Zuflüsse befinden und damit sehr hoch sind. Die simulierten Zuflüsse der massgebenden Szenarien liegen etwa 10 – 20% über den maximal gemessenen Werten. Bei den Jurarandseen liegen die simulierten Zuflüsse beim Typ B im Bereich der 1000-jährlichen Zuflüsse oder darüber, bei den anderen Typen mehrheitlich darunter.

6 Auswirkungen

Grossräumige Überflutungen sowie lokale Erosionsprozesse können wichtige Verkehrswege beeinträchtigen und ganze Talschaften von der Umwelt abschneiden. Bei den Ereignistypen A und B können im Berner Oberland wichtige Bahnlinien und Strassen unterbrochen sein. Die Zufahrten in die Lütchinentäler oder ins obere Simmental können durch Seitenerosion unterbrochen werden. Die wichtige Alpentransitlinie durch den Lötschberg verläuft auf längerer Strecke entlang der Kander. Im Falle von Seitenerosionen sind längere Linienunterbrüche möglich. Im Gebiet Bördeli Interlaken können wichtige lokale, regionale und überregionale Verkehrslinien überflutet werden. Das Bördeli wäre auf dem Landweg praktisch unpassierbar.

Unterhalb des Thunersees können die Eisenbahnlinie Thun – Bern sowie die Autobahn bei Münsingen überflutet werden. Dadurch würde der regionale und überregionale Verkehr stark betroffen. Zusätzlich wären zwischen Steffisburg

und Bern sämtliche Aarebrücken nicht mehr zugänglich (Zufahrten unter Wasser).

Beim Ereignistyp A können zusätzlich Verkehrswege an der Emme beeinträchtigt werden. Eine Gefährdung von wichtigen Verkehrsträgern wie die A1 Bern-Zürich und die Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist (Emmeunterquerung) lässt sich bei einer grossflächigen Überflutung nicht ganz ausschliessen. Dies würde den nationalen Verkehr massiv beeinträchtigen.

Im Raum Bielersee können die Verkehrswege vor allem bei den Ereignistypen B und C durch Überflutungen stark tangiert werden. Entlang des nördlichen Seeufers wären die Seestrasse, die Autostrasse und auch die Bahnlinie auf mehreren Abschnitten unterbrochen. Auch die Überquerung des Zihlkanals wäre auf der ganzen Länge zwischen Neuenburger- und Bielersee durch die überfluteten Strassen nicht mehr möglich.

Aus der Überlagerung der simulierten Überflutungsflächen mit dem Schadenpotenzial geht hervor, dass bei den Ereignistypen A und B allein entlang der untersuchten Hauptgewässer und der Seen gut 5000 Wohngebäude im Überflutungsbereich liegen. In der Studie nicht berücksichtigt sind kleinere Gewässer, z.B. Wildflüsse wie Chirel und Zulg sowie Murgänge und Hangmuren. Diese Prozesse erhöhen bei den betrachteten Szenarien das Schadenpotenzial auf mindestens 7500 – 8000 Wohngebäude erhöhen. Geht man von 10 Bewohnern pro Haus (Ein- und Mehrfamilienhäuser) aus, bedeutet dies, dass knapp 80'000 Personen von einem solchen Ereignis direkt betroffen wären.

Die Auswertung bezüglich Sonderobjekten und Infrastrukturanlagen zeigt, dass bei den Ereignistypen A und B insgesamt ca. 130 Objekte überflutet werden können. Speziell zu erwähnen sind hier einerseits verschiedene Spitäler und Altersheime, andererseits mehrere Betriebe aus dem Risikokataster, wie beispielsweise die Raffinerie in Cressier. Grössere Folgeschäden für die Umwelt können deshalb nicht ausgeschlossen werden.

7 Schlussfolgerungen

Auch wenn die Szenarien deutlich über den Bemessungsgrundsätzen für Wasserbauten liegen, wird die Notwendigkeit der wasserbaulichen Anstrengungen bestätigt. Nebst den aufgedeckten Schwachstellen können die Extremhochwasser-Abflüsse auf weiten Strecken in den bestehenden Flussquerschnitten abgeführt werden. Die Überlastbarkeit von Bauwerken ist jedoch zentral.

Wasserbau allein genügt aber nicht. Planerische und organisatorische Massnahmen sind notwendig, um die Schäden bei solchen Ereignissen zu minimieren. Bei der Regulierung der Seen (Oberlandseen und Jurarandseen, JGK) sind

die Optimierungspotenziale zu prüfen. Dem Raumbedarf der Gewässer ist in der Planung vermehrt Beachtung zu schenken. Für die Erarbeitung von Gefahrenkarten liegen nun Grundlagen für die Restrisiko-Beurteilung vor.

Grosse Anforderungen stellen solche Extremereignisse im Bereich Katastrophenmanagement. Beim Ereignistyp A (2 – 3-tägiger Starkniederschlag) können die Abflüsse und Seepiegel sehr rasch ansteigen. Das Hochwasser vom August 2007 zeigte dies exemplarisch auf. Dies erfordert ein optimales Warnsystem und ein rasches Reagieren der Behörden. Bei den Ereignistypen B (14 – 30-tägiger Niederschlag) und C (Niederschlag und Schneeschmelze) stellen einerseits die hohen Abflüsse und Seepiegel, andererseits die lange Dauer eines Ereignisses hohe Anforderungen an die Ereignisbewältigung. Die lange Ereignisdauer verschärft die Probleme massiv. Wenn beispielsweise im Gebiet Bielersee eine Raffinerie, Wasserfassungen oder Abwasserreinigungsanlagen während 25 – 30 Tagen unter Wasser stehen, hat dies enorme Auswirkungen.

Die Anzahl der direkt betroffenen Personen wird Evakuierungen in grösserem Stil erfordern. Vor allem bei länger andauernden Ereignissen werden aber noch weit grössere Personenkreise wegen defekten Infrastrukturanlagen (Wasser- und Energieversorgung, Abwasserentsorgung) auf Unterstützung durch den Bevölkerungsschutz angewiesen sein.

Vor allem im Berner Oberland können unterbrochene Verkehrsverbindungen dazu führen, dass ganze Talschaften nicht mehr auf dem Landweg erreichbar sind. Hier müssen alternative Versorgungssysteme aufgebaut werden.

Extremereignisse, wie sie in der Extremhochwasserstudie beschrieben werden, stellen sehr hohe Anforderungen an das Risikomanagement und an die Katastrophenorganisation. Wenn man die Entwicklung der letzten Jahre, aber auch die Häufung der Katastrophenhochwasser im 19. Jh. anschaut und die Prognosen zur Klimaerwärmung berücksichtigt, muss man davon ausgehen, dass solche Ereignisse wahrscheinlicher werden.

Damit solche Situationen gemeistert werden können, müssen entsprechende Handlungsstrategien, z.B. für den Bevölkerungsschutz oder den Regulierdienst, entwickelt werden. Mit der vorliegenden Studie werden Grundlagen für die Ausarbeitung solcher Strategien zur Verfügung gestellt. So kann verhindert werden, dass ein Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare den Kanton unvorbereitet trifft.

Für den Kanton Bern bedeutet dies, dass für die Bewältigung von extremen Ereignissen eine Katastrophenorganisation vorhanden sein muss, die während Wochen einsatzfähig und in der Lage ist, eine fortlaufende Lagebeurteilung über das ganze Kantonsgebiet vorzunehmen. Dies erfordert entsprechende

personelle Ressourcen und Kommunikationsverbindungen, die auch im Katastrophenfall intakt sind und eine genügend grosse Übermittlungskapazität bieten.

8 Zusammenfassung

In der vorgestellten Studie wurde analysiert, welche meteorologischen Situationen im Kanton Bern zu extremen Hochwasserereignissen führen können und welche Auswirkungen solche Ereignisse haben. Damit werden primär bessere Kenntnisse für die Katastrophenvorsorge zur Verfügung gestellt werden. Weiter soll die Studie Hinweise auf Schutzdefizite, Grundlagen für die Ausarbeitung von Gefahrenkarten sowie Angaben für die Seestands-Regulierung liefern.

Basierend auf diesen Meteoszenarien wurden die Abflussbildung und der Abfluss in den Gerinnen simuliert. Ausgehend von Stellen mit ungenügender Gerinnekapazität oder möglichen Dammbürchen wurden in einem weiteren Schritt mit Hilfe eines 2D-Modells die Überflutungsflächen und deren Retentionswirkung ermittelt. Anschliessend wurden die Überflutungsflächen mit dem Schadenpotenzial überlagert.

Die Auswertungen zeigen, dass bei einzelnen Szenarien grosse Teile des Kantons Bern von Hochwasser betroffen sind. Beim Typ C beschränken sich die Schäden auf das Gebiet rund um den Bielersee. Durch Überflutungsprozesse entlang der Hauptgewässer und Seen sind über 5000 Gebäude betroffen. Überflutungen und lokale Erosionsprozesse können wichtige Strassen und Eisenbahnlinien an verschiedenen Stellen im Kanton Bern unterbrechen. Ganze Talschaften können auf dem Landweg nicht mehr erreicht werden.

Die Analysen zeigen, dass die Katastrophenorganisation des Kantons in weiten Teilen des Kantonsgebietes über längere Zeit einsatzfähig sein muss. Mit der Studie liegen nun Grundlagen vor, mit denen die verantwortlichen Stellen entsprechende Handlungsstrategien erarbeiten können.

Referenzen

geo7 AG (2003): Hochwassersicherheit im Kanton Bern, Vorstudie zuhanden des Tiefbauamtes des Kantons Bern.

geo7 AG, IUB Ingenieur-Unternehmung AG, Hunziker, Zarn & Partner, Emch+Berger AG (2007): Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare. EHW Aare. Bericht zuhanden des Tiefbauamtes des Kantons Bern und des Wasserwirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Adressen der Autoren

Dr. Serena Liener
Peter Mani
geo7 AG, geowissenschaftliches Büro
Neufeldstrasse 5 – 9
CH-3012 Bern
E-Mail: serena.liener@geo7.ch
peter.mani@geo7.ch

Peter Billeter
IUB Ingenieur Unternehmung AG
Thunstrasse 2
CH-3005 Bern
E-Mail: peter.billeter@iub-bern.ch

Michael Schilling
Hunziker, Zarn & Partner AG
Schachenallee 29
CH-5000 Aarau
E-Mail: mschilling@hzp.ch

Guido Lauber
Emch+Berger AG Bern
Seestrasse 7
CH-3700 Spiez
E-Mail: guido.lauber@emchberger.ch

Heinz Roth
Tiefbauamt des Kantons Bern
Reiterstrasse 11
CH-3011 Bern
E-Mail: heinz.roth@bve.be.ch

Bernhard Schudel
Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern
Reiterstrasse 11
CH-3011 Bern
E-Mail: bernhard.schudel@bve.be.ch