

## Gefahren- und Risikoanalyse entlang der Aare unter einem sich verändernden Klima

Matthias Pfäffli, Hunziker Zarn & Partner AG,  
[matthias.pfaeffli@hzp.ch](mailto:matthias.pfaeffli@hzp.ch)  
 Mattia Brughelli, GEOTEST AG,  
[mattia.brughelli@geotest.ch](mailto:mattia.brughelli@geotest.ch)

### Ausgangslage

Die hydrologischen Bedingungen in der Schweiz werden sich durch den Klimawandel verändern, was sich auf die Häufigkeit und Intensität der Hochwasserereignisse und auf die möglichen Schäden an der Infrastruktur und den Siedlungen auswirken kann. Anhand einer Risikoanalyse entlang der Aare zwischen Thun und der Mündung in den Rhein wurden die Auswirkungen des Klimawandels, aber auch der Einfluss der Siedlungsentwicklung für die Zeitschritte 2020, 2040 und 2100 untersucht und einander gegenübergestellt.

### Grundlagen Hydrologie und Klima

Unter Berücksichtigung der CH2018-Klimaszenarien [3] wurde die Veränderung von Hochwasserspitzen in mesoskaligen Einzugsgebieten bei einem HQ30 abgeschätzt (Szenario: Alle RCP's). Die erhaltene Klimasensitivität (+0% bis +20%, Median: +8%) wurde anschliessend auf die Hochwasserereignisse HQ100, HQ300 und EHQ übertragen. Diese basieren auf der EXAR-Hochwasserstatistik [2], welche für die heutigen klimatischen Verhältnisse Hochwasserwerte mit einer Wiederkehrperiode von bis zu 100'000 Jahren angibt.

Als Grundlage für die hydrodynamischen Modellierungen wurden auf Basis der EXAR-Hochwasserstatistik vereinfachte Ganglinien für die Wiederkehrperioden HQ<sub>100</sub> bis zu einem EHQ mit maximal erwarteter Klimasensitivität (EHQ EXAR + 20%) entlang der Aare von Thun bis zur Mündung in den Rhein ermittelt.

### Hydrodynamische Modellierung

Die Überflutungsmodellierungen basieren auf dem EXAR 2D-Modell [4], welches mit BASEMENT v3.0.2 betrieben wird. Im Modell wird das Gerinne vereinfacht mit einem Trapez dargestellt und die Stauanlagen werden mittels Pegel-Abfluss-Beziehungen abgebildet. Als Resultate der Simulationen wurden Intensitätskarten für verschiedene Abflüsse erstellt.

### Ermittlung des Schadenpotenzials

Entlang der Aare wurden acht Gebiete (sog. Hotspots) ausgeschieden, in denen potenzielle Überflutungsrisiken vorliegen. Das Schadenpotenzial (möglicher Schaden an Personen und Sachwerten) wurde für die drei Zeitstände mit verschiedenen Modellen ermittelt [1] und in einem Rastergitter aggregiert. Das Schadenpotenzial berücksichtigt zudem Objektschutzmassnahmen (nach [5]) und deren Schutzwirkung (Annahme: bis HQ<sub>300</sub> vollständig wirksam, zwischen HQ<sub>300</sub> und EHQ 50% wirksam, ab EHQ 10% wirksam).

## Resultate Schadenpotenzial

Das Schadenpotenzial nimmt im gesamten Untersuchungsgebiet bis 2040 um rund 14% (+ 4.9 Mia. CHF) zu. Zwischen 2040 und 2100 ist die Entwicklung des Schadenpotenzials abhängig von den Szenarien der Bevölkerungsentwicklung und bewegt sich zwischen +6% (Zunahme der Bevölkerung) und -7% (Abnahme der Bevölkerung).

### Entwicklung des Schadenausmasses mit und ohne Klimawandel 2020 – 2040

Die Entwicklung des Schadenausmasses und der Einfluss des Klimawandels wurden in den acht Hotspots bis 2040 quantifiziert (vgl. Tabelle 1). Die Veränderung bis 2100 weisen für eine konkrete Aussage aber zu grosse Unsicherheiten auf.

Tabelle 1: Entwicklung des Schadenausmasses mit und ohne Klimawandel 2020 – 2040 in 8 Hotspots entlang der Aare zwischen Thun und der Mündung in den Rhein

Siedlungsentwicklung	Zeitstand	Einfluss Klimawandel	Schadenausmass (Mio. CHF)		
			HQ100	HQ300	EHQ
	2020	ohne	350	770	1370
	2040	ohne	390	860	1580
	2040	mit (Median)	860	1530	2310

  

Szenario	Zunahme Schadenausmass		
2040 ohne Klimawandel	11%	12%	15%
2040 mit Klimawandel (Median)	146%	99%	69%

### Fazit

Die Berücksichtigung des Klimawandels auf die Spitzenabflüsse bei zukünftigen Hochwasserereignissen führt zu einer starken Zunahme des Schadenausmasses entlang der Aare. Die relative Zunahme des Schadenausmasses nimmt bei selteneren Ereignissen ab. Hauptgrund für die starke Zunahme ist, dass: a) sich die EXAR-Hydrologie von den Dimensionierungsgrössen der Hochwasserschutzprojekte unterscheidet (ein Teil des Freibords wird durch die höheren Abflüsse aufgebraucht) und b) wegen Wertsteigerung des bereits bebauten Siedlungsgebietes, welches noch nicht mit Objektschutzmassnahmen geschützt wurde.

### Literatur

- [1] BAFU, Pilotprojekt Anpassung Klimawandel 2018 – 2020, Technischer Bericht zur Gefahren- und Risikoanalyse entlang der Aare unter einem sich verändernden Klima, GEOTEST, HZP, Universität Zürich, 2022
- [2] Andres, N. et al. (2021): Extremhochwasser an der Aare. Hauptbericht EXAR. Methodik und Resultate. WSL Berichte, 104. 226 p.
- [3] CH2018, 2018. CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. National Centre for Climate Services, Zurich, ISBN 978-3-9525031-4-0.
- [4] Pfäffli, M., Baer P., Sutter A., Irniger, A., Hunziker, R. 2021: Extremhochwasser an der Aare. Detailbericht E Projekt EXAR. Hydraulische Modellierungen. ARGE GEOTEST-HZP-IUB. Zollikofen, Aarau, Bern: 106 S
- [5] Fehlmann A. (2019): Abschätzung Anteil baulicher Objektschutzmassnahmen an Gebäuden gegen Überschwemmung in den Hochwassergefahrenzonen.
- [6] IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. In Press.
- [7] Bundesamt für Statistik (BFS) (2020): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone 2020–2050.