

Projektbericht

Hochwasserrisiken verstehen und beeinflussen – Das Schweizer Mobiliar Lab für Naturrisiken

1 Präambel

Hochwasser, deren Gefahren und Risiken, gehen alle an: Gesellschaft, Wirtschaft und Politik. Dies bestätigt allein schon die Tatsache, dass in der Schweiz in den vergangenen vierzig Jahren vier von fünf Gemeinden von einer Überschwemmung betroffen waren. Der Praxisbezug der Hochwasser ist also sehr groß. Umso wichtiger ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse und Fortschritte für die Praxis aufzubereiten und verfügbar zu machen. An dieser Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis arbeitet das Mobiliar Lab für Naturrisiken an der Universität Bern. Es wurde vor nunmehr zehn Jahren durch das Oeschger Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern und die Mobiliar Versicherung initiiert und seither durch sie finanziert. Es gilt aber der strikte Grundsatz, dass die Forschungsprojekte und -methoden unabhängig vom Versicherungsgeschäft definiert werden. Die Forschungsfreiheit ist vollumfänglich garantiert. Im Rahmen dieses Brückenschlags zwischen Wissenschaft und Praxis hat das Mobiliar Lab einige praxisnahe und kostenlos zugängliche Werkzeuge vor allem im Bereich des Hochwasserrisikos erarbeitet. Sie bilden den Hintergrund des folgenden kurzen Berichts.

2 Einleitung

2.1 Hochwasserschutz zwischen Gefahr und Risiko

Die Verminderung des Hochwasserrisikos ist die Hauptaufgabe des zeitgemäßen Hochwasserschutzes. Das Hochwasserrisiko ist wie folgt definiert:

$$R = G \cdot E \cdot V$$

mit: R – Risiko; G – Gefahr; E – Exposition; V – Vulnerabilität

Die Gefahr stand lange Zeit im Mittelpunkt des Hochwasserschutzes. Sie beschreibt, wie häufig ein Hochwasser in welcher Intensität auftritt und welche Gebiete dabei überschwemmt werden. Die Exposition beziffert den Wert der von einer Überschwemmung betroffenen (exponierten) Gebäude, der Schaden genommen hat. Mit einem Simulationsexperiment an der Emme, einem voralpinen Fluss im Übergang zum Schweizer Mittelland mit starker Hochwasserreaktion, lässt sich die Interaktion dieser Faktoren aufzeigen, und zwar für einen 14 km langen Flussabschnitt im Bereich der Kleinstadt Burgdorf (Abb. 1 aus

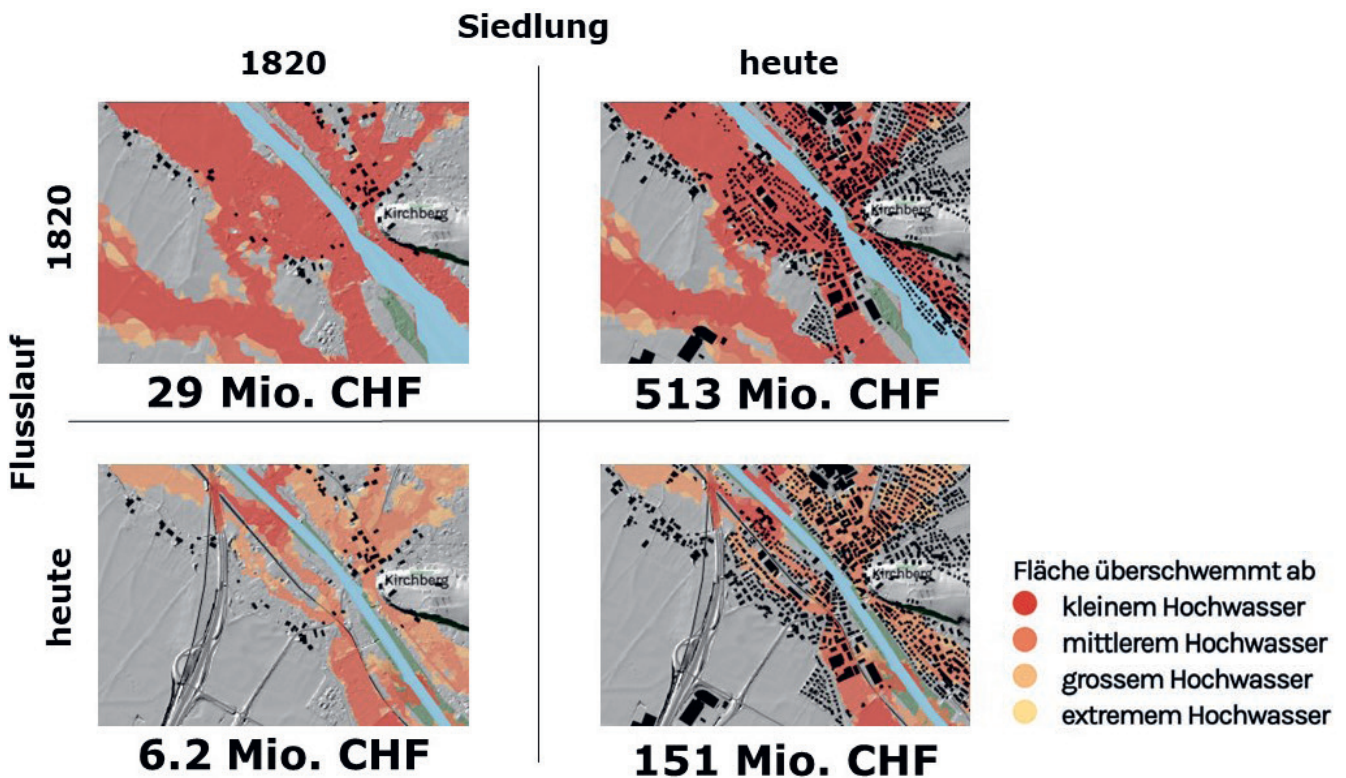
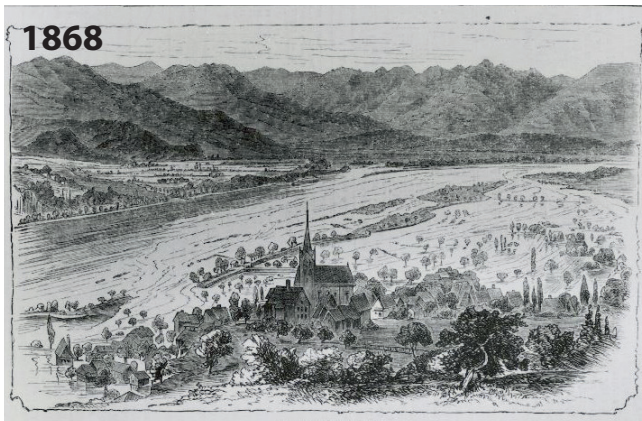


Abbildung 1

Simulation der Interaktion zwischen Siedlungsbestand im Überflutungsbereich und der Verbauung am Beispiel der Emme in Burgdorf. Der räumliche Simulationsperimeter ist größer als der dargestellte Kartenausschnitt. Die Zahlen beziffern das Schadensausmaß eines grossen Ereignisses. Sie beziehen sich auf den ganzen Perimeter entlang der Emme mit einer Flusslänge von 14 km.

**Abbildung 2**

Ausgewählte Bilder und Fotos aus dem "Überschwemmungsgedächtnis". 1868: Montlingen, St. Galler Rheintal (Staatsarchiv St. Gallen). 1987: Attinghausen, Kanton Uri (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv). 2005: Thun, Kanton Bern (Markus Zimmermann).

risikodynamik.hochwasserrisiko.ch/). Ausgehend von der heutigen Situation (Karte unten rechts) wurde die Situation um das Jahr 1820 rekonstruiert. Die vier Situationen wurden anschließend mit einem hydrodynamischen Modell simuliert und darauf basierend die Sachwerte der exponierten Gebäude bestimmt (E, auch oft als Schadenpotenzial bezeichnet). Aus den sich daraus ergebenden vier Situationen lässt sich die Wirkung der Risikotreiber separat ausweisen und quantifizieren.

In der Ausgangssituation um das Jahr 1820, bei der die unverbauete Emme große Flächen überflutete, kann ein großes Ereignis Schaden von bis zu CHF 29 Mio. verursachen. Mit der Eindämmung der Emme verkleinerte sich das mögliche Schadenausmaß bei gleichem Baubestand massiv (CHF 6,2 Mio.). In der Realität expandierten Siedlungsgebiet und der Baubestand sehr stark (Abb. 1, unten rechts), sodass sich das mögliche Schadenausmaß trotz des baulichen Hochwasserschutzes stark erhöhte (CHF 151 Mio.). Das Schadenpotenzial E wurde zum Treiber des Risikos, eine Tatsache, die sich schweizweit beobachten lässt. Aber auch der bauliche Hochwasserschutz hatte einen beachtlichen Effekt, reduzierte er doch das mögliche Schadenausmaß eines großen Ereignisses um rd. CHF 400 Mio., von CHF 513 Mio. auf CHF 151 Mio. Gemäß den Risikoberechnungen besitzen diese Maßnahmen ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis.

3 Vom gefahrenorientierten zum risikobasierten Hochwasserschutz – Kurzer Abriss der Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz

Seit der Gründung der Schweiz im Jahr 1848 haben drei große Hochwasserereignisse den Hochwasserschutz geprägt und zu grundsätzlichen Wechseln der Strategie geführt (Abb. 2, ueberschwemmungsgedaechtnis.hochwasserrisiko.ch/). Wieso führten gerade diese Hochwasser zu einem Paradigmenwechsel? Untersuchungen an der Universität Bern belegen, dass neue Paradigmen nicht über Nacht entstehen, sondern sich von langer Hand jenseits jeglichen politischen Handlungsdrucks als neue Lösungsansätze entwickeln (BRÖNNIMANN et al., 2016). "Sind solche Ansätze vorhanden, kann ein Hochwasserereignis als Katalysator des politischen Wandels einen Raum der Aufmerksamkeit schaffen, der es den verschiedenen Akteuren ermöglicht, ihre Anliegen politisch durchzusetzen", so die These der Forschenden.

3.1 Das Hochwasser vom Jahr 1868

Nach einem ohnehin bereits regenreichen September 1868 traten innerhalb einer Woche zwei sehr starke Niederschlagsereignisse auf. Betroffen waren vor allem die Alpensüdseite (Tessin) und die nordalpinen Kantone in der Nähe des Alpenhauptkamms (Wallis, Uri und Graubünden). Ereignisse, charakterisiert durch eine südliche Anströmung der Alpen mit warmer und

sehr feuchter Mittelmeerluft, gehören zu den katastrophalsten der Schweiz. Nie war der von einem Hochwasser verursachte Schaden – knapp CHF 1 Mrd.¹ zwischen 1800 und 1978 größer (BRÖNNIMANN et al., 2018). Es übertraf die Bewältigungs- und Regenerationsfähigkeit der lokalen Gemeinwesen, die damals vor allem für den Hochwasserschutz zuständig waren. Unter dem Schock des Ereignisses erarbeitete der Bundesstaat das erste Wasserbaupolizeigesetz, welches am 22. Juni 1877 – nur zehn Jahre nach dem Ereignis – in Kraft trat und den baulichen Hochwasserschutz in den Vordergrund stellte. Entscheidend für seine Umsetzung war die Ausschüttung von namhaften Subventionen an den Bau von Hochwasserschutzmaßnahmen. In der Folge wurden die Fließgewässer gesamtschweizerisch verbaut, was das Hochwasserrisiko entscheidend verminderte (Abb. 3, blaue Kurve). Die getroffenen Hochwasserschutzmaßnahmen – verstärkt durch die großflächigen Verbesserungsmaßnahmen in der Landwirtschaft mit Güterzusammenlegungen, Einbau von Drainagen und Eindolungen – veränderten die Ökomorphologie der Fließgewässer tiefgreifend: Heute sind noch 54 % der Fließgewässer natürlich/naturnah, 24 % wenig beeinträchtigt, 10 % stark beeinträchtigt, 5 % künstlich und 7 % eingedolt. Zudem stören im Mittel 1.6 künstliche Querverbauungen pro Laufkilometer die Längsvernetzung und behindern oder verunmöglichen die Fischdurchgängigkeit (ZEH et al., 2009).

In der breiten Öffentlichkeit wurde der bauliche Hochwasserschutz als Erfolgsgeschichte wahrgenommen. Vor allem auch wegen der sogenannten Katastrophenlücke zwischen den Jahren 1882 und 1976 auf der Alpennordseite (PFISTER, 2009), in der schadenbringende Hochwasserereignisse relativ selten waren, ging die Hochwassergefahr weitgehend vergessen. Zudem wurde der Unterhalt der Schutzbauten vernachlässigt. Der Wasserbauer Martin Jäggi brachte es im Jahr 1988 auf den Punkt (NZZ, 1988): *"Es scheint nun aber eine Diskrepanz zu geben zwischen der Beurteilung der Sachlage durch die Fachwelt und der durch die Öffentlichkeit. Jedermann versteht, dass bei einem unkorrigierten Fluss oder Wildbach Überschwemmungsrisiken zu akzeptieren sind. Sobald aber ein Fluss eingedämmt ist und das umliegende Land während einer gewissen Zeit von Überschwemmungen verschont geblieben ist, so gilt das Gebiet, das früher einmal dem Fluss gehört hat, als "sicher"."* Man wolle nichts mehr von einem Restrisiko wissen.

3.2 Das Hochwasser vom Jahr 1987

Aufgrund dieser Ausführung erstaunt es wenig, dass die beiden großen Hochwasser im August 1987 als solche aus dem Nichts wahrgenommen wurden. Entsprechend unvorbereitet war man, entsprechend groß waren die Schäden. Ursache war wie 1868 eine Südanströmung der Alpen, sodass mehr oder weniger die gleichen Regionen betroffen waren. Die Unwetter forderten acht Todesopfer und verursachten Schäden von CHF 1,2 Mrd. (BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1991). Dieses Hochwasser lenkte den Fokus vermehrt auf das Schadenpotenzial, das ab den 1950er Jahren entlang der als sicher eingestufteten Flüsse entstand. Wie in der Abbildung 1 am Beispiel der Emme dargestellt, wurde es zum eigentlichen Treiber des Hochwasserrisikos (Abb. 3, orange Kurve). Das Werkzeug "Schadenpotenzial Hochwasser" (schadenpotenzial.hochwasserrisiko.ch/) quantifiziert diesen Treiber aus aktueller Sicht. Es erlaubt Analysen für die gesamte Schweiz, Kantone sowie Gemeinden und Quar-

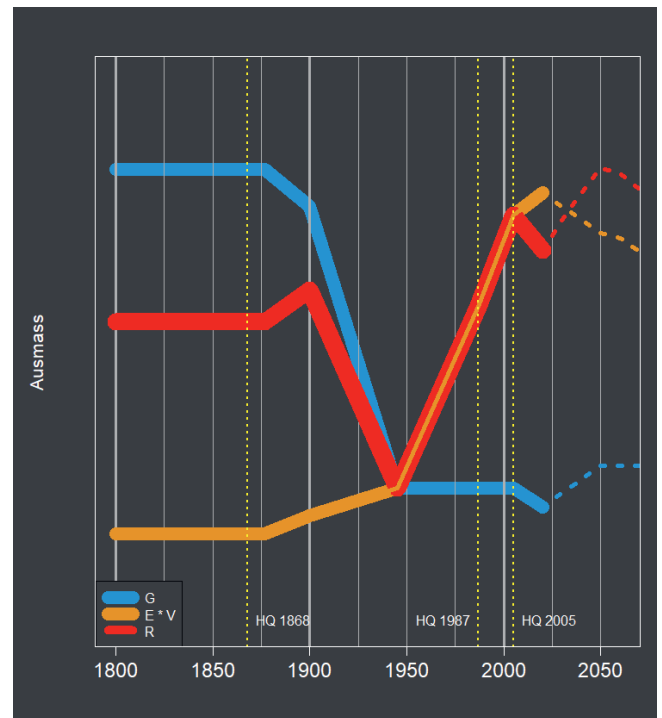


Abbildung 3
Gefahr und Risiko in ihrer zeitlichen Entwicklung

tiere. Schweizweit befinden sich rund 300.000 Gebäude mit einem Neuwert von CHF 500 Mrd. in hochwassergefährdeten Gebieten. Dort leben rd. 1/7 der Schweizer Bevölkerung. Betrachtet man die absoluten Werte, so sticht die Stadt Zürich hervor, wo 3.800 Gebäude, 86.000 Arbeitsplätze und 80.000 Einwohnerinnen und Einwohner durch Hochwasser gefährdet sind. Bei der Karte der Exposition in Abbildung 4 fällt z. B. Kandersteg in den Berner Alpen auf. Hier sind 60 % aller Wohngebäude hochwassergefährdet und drei Viertel aller Arbeitsplätze befinden sich in gefährdeten Gebäuden. Aber auch das einzige Alters- und Pflegeheim liegt in dieser Zone. Zürich und Kandersteg sind zwei charakteristische Stellvertreter für einen mittelländischen und einen alpinen Bezugsrahmen.

In der Rückschau trat das 1987er Hochwasser mit seinen gewaltigen Schäden zu einem geradezu "idealen" Zeitpunkt auf. Es verlieh dem Hochwasserschutz neuen Schub. Vor dem Hintergrund der Umweltschutzdebatte ab den 1960er Jahren entstand im Jahr 1975 der Wasserrechtsartikel, der erstmals das Wasser in seiner Gesamtheit als eigenes Politikfeld verstand (BRÖNNIMANN, 2018). Beim Hochwasserschutz wurde der Fokus auf die Umweltverträglichkeit der baulichen Maßnahmen und – besonders relevant – auf den Einbezug raumplanerischer Elemente gelegt, was einem eigentlichen Paradigmenwechsel gleichkam, indem man bei den Ursachen für das große Hochwasserrisiko, dem Schadenpotenzial, ansetzte. Unter dem Eindruck der Ereignisse des Jahres 1987 trat bereits im Jahr 1991 das Bundesgesetz über den Wasserbau in Kraft. Artikel 1 formuliert die neue Stoßrichtung: *"Die Kantone gewährleisten Hochwasserschutz in erster Linie durch den Unterhalt der Gewässer und durch raumplanerische Maßnahmen."* Neben der Raumplanung steht also auch der Unterhalt der Gewässer, der vor dem Hintergrund der Katastrophenlücke sträflich vernachlässigt wurde, im Vordergrund.

¹ umgerechnet auf das Jahr 2000

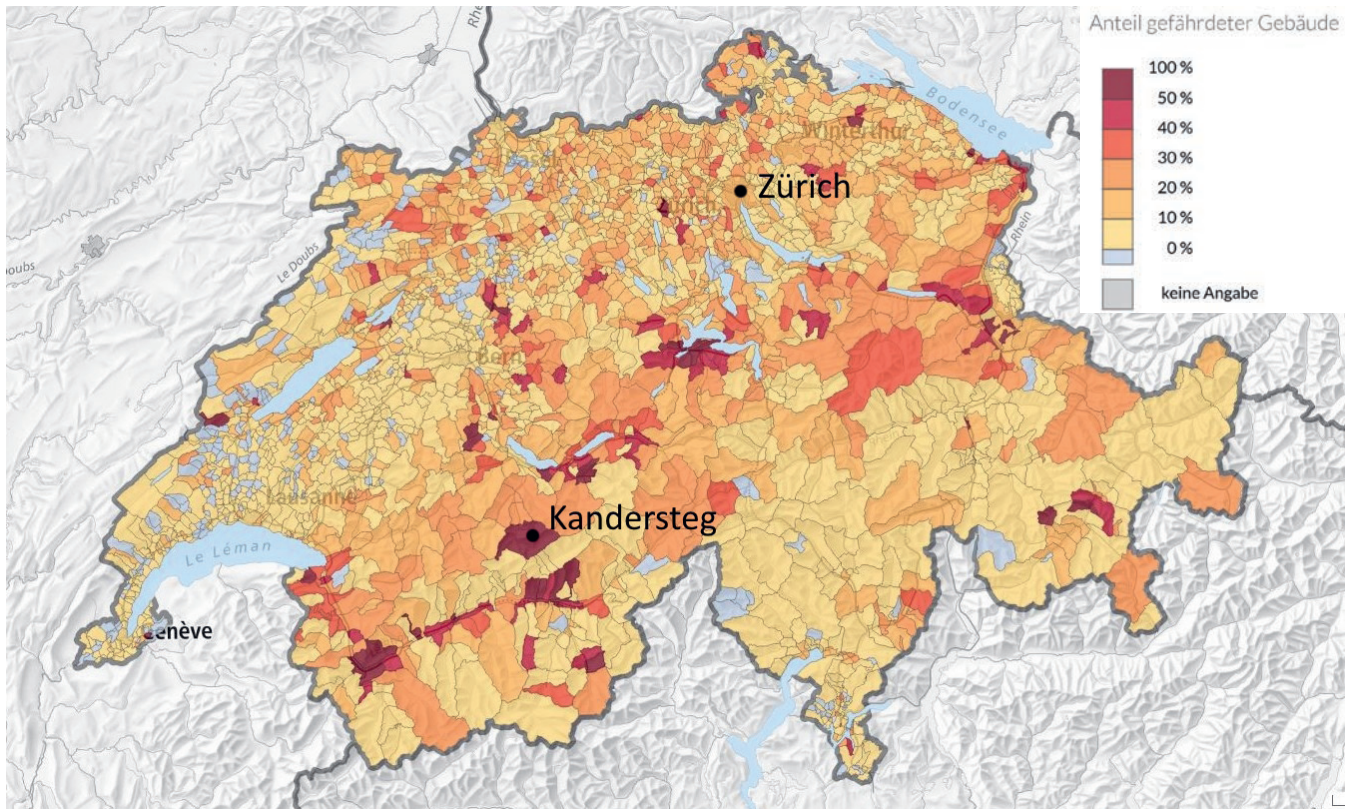


Abbildung 4
Schadenpotenzial Hochwasser

Das raumplanerische Instrument der sogenannten Gefahrenkarten, welche für die Siedlungsgebiete jeder Schweizer Gemeinde zu erstellen waren, bilden das zentrale Element der neuen Hochwasserschutzstrategie. Aufgrund von Intensität und Wiederkehrperiode eines Hochwassers (30, 100 und 300 Jahre) werden die von Überschwemmungen betroffenen Siedlungsgebiete in drei Zonen unterteilt. In der am stärksten gefährdeten roten Zone besteht ein Bauverbot. In der blauen Zone mit einer mittleren Gefährdung werden bei Neubauten Objektschutzmaßnahmen verlangt, während für die gelbe Zone mit der geringsten Gefährdung keine Objektschutzmaßnahmen gefordert sind. Etwa 13 % des Baubestands der Schweiz liegt in einer dieser Gefahrenzonen. Dank der in der roten und blauen Zone geforderten Maßnahmen sind gewisse Erfolge beim Hochwasserschutz zu verzeichnen. Von einem eigentlichen Durchbruch ist man vor allem aus drei Gründen aber noch weit entfernt.

1. Wäre das Bundesgesetz über den Wasserbau 30 bis 40 Jahre früher in Kraft getreten, also zu Beginn der stark expandierenden Siedlungs- und Industrieflächen, hätte das Instrument seine volle Wirksamkeit entfalten können. Dann hätte man von einer eigentlichen Ursachenbekämpfung des Hochwasserrisikos sprechen können.
2. Weil Bauland in der Schweiz ein rares Gut ist und gleichzeitig die flachen flussnahen Gebiete attraktives Bauland darstellen, wurden auch in der Zeit nach dem Erlass des Wasserbaugesetzes in der blauen und gelben Hochwasserzone gebaut, was die Hochwasserschäden weiter ansteigen ließ und die

beschränkte Wirksamkeit der raumplanerischen Ausrichtung des Gesetzes unterstreicht (Abb. 5).

3. In den blauen und gelben Zonen bestehen nach wie vor große Maßnahmendefizite: In der blauen Zone werden Objektschutzmaßnahmen nur bei Neubauten verlangt. Im gesamtschweizerischen Mittel sind das 13 % aller Gebäude in dieser Gefahrenzone. Mit dem Werkzeug "Schadensimula-

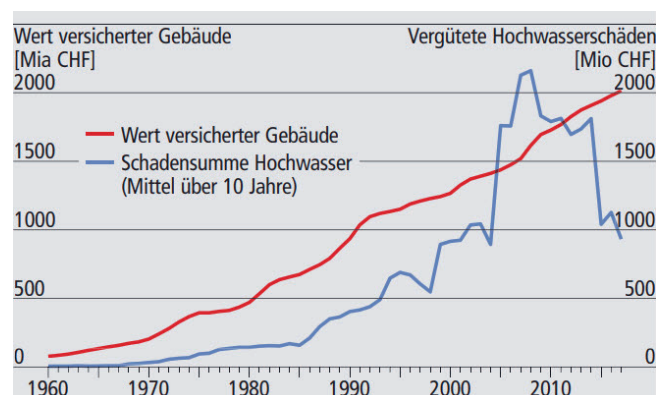


Abbildung 5
Wert versicherter Gebäude (in Mio. CHF, linke Achse) und vergütete Hochwasserschäden (Mittel über die jeweils letzten 10 Jahre in Mio. CHF, rechte Achse) der Jahre 1960 bis 2017 in 18 von 26 Kantonen (aus: BRÖNNIMANN, 2018).

tor" (schadensimulator.hochwasserrisiko.ch/) kann errechnet werden, wie weit sich das Risiko durch die Ausweitung der Objektschutzmaßnahmen auf die bestehenden Gebäude reduzieren ließe. Abbildung 6 beziffert den bestehenden Grad der Risikominderung, wenn ein Drittel aller Gebäude über Objektschutzmaßnahmen verfügten. Bereits diese bescheidene Verbesserung entfaltet ihre Wirkung und belegt, dass Hochwasserschutz nur erfolgreich sein kann, wenn er auch die individuelle Ebene mit Objektschutz einschließt.

Erstaunlich ist, dass der Gesetzgeber für die gelbe Gefahrenzone keine Maßnahmen vorsieht, weil er davon ausgeht, dass die geringen Fließtiefen, die im Hochwasserfall hier auftreten, nicht problematisch sind. Die Realität widerspricht dieser Annahme, werden doch beispielsweise Tiefgaragen oder ebenerdige Bauten schon bei kleinsten Fließtiefen beeinträchtigt. Hinzu kommt, dass die Dynamik des Bauens in dieser Zone am größten war und ist. Heute sind nur etwa 2 % der Gebäude in der gelben Zone mit Objektschutzmaßnahmen geschützt, wie Analysen bei der Entwicklung des "Schadensimulators" zeigen.

3.3 Das Hochwasser vom Jahr 2005

Das Wasserbaugesetz von 1991 muss in der Rückschau als entscheidender, aber letztlich ungenügender Strategiewechsel im schweizerischen Hochwasserschutz angesehen werden. Zwar war die Integration des Raumes ein Schritt in die richtige Richtung, aber es orientierte zu stark nur an der Gefahrenprävention,

die zudem zu wenig konsequent angewandt wurde. Es gelang nicht, das Schadenpotenzial, dem seit den 1950er Jahren in den meisten Regionen wichtigsten Treiber des Risikos, maßgeblich zu reduzieren.

Das "Jahrhunderthochwasser" im August 2005, das die Alpennordseite betraf und zu nie dagewesen Schäden von CHF 3 Mrd. führte, verhalf der im Hintergrund schlummernden Risikokultur und dem damit verbundenen Integralen Risikomanagement zum Durchbruch. Risikokultur erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit, Partizipation, Diskurs und Kommunikation und bedeutet, gemeinsam Verantwortung zu übernehmen und gemeinsam zu handeln. Das Restrisiko, dem bisher zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde, rückte vermehrt in den Fokus. Dies führte in der Folge zu einem Ausbau der Warnung und Alarmierung und zur Erarbeitung von Notfallplänen der Einsatzkräfte. Das extreme und katastrophale Sommerhochwasser des Jahres 2021 in Deutschland ist geradezu ein Aufruf dazu, im Risikomanagement konsequent das Restrisiko mit einzubeziehen. Hierzu leisten neuere Arbeiten am Mobiliar Lab einen substantiellen Beitrag. Sie geben dem Restrisiko ein Bild und unterstützen den Bevölkerungsschutz, sich auf solche Extremereignisse vorzubereiten. Das Werkzeug "Hochwasserdynamik" (hochwasserdynamik.hochwasserrisiko.ch/) visualisiert extreme Hochwasser in ihrem räumlichen und zeitlichen Ablauf. Eine Zoom-Funktion ermöglicht es, diese Extremereignisse sowohl im nationalen Kontext wie auch auf lokaler Ebene z. B. aus der Sicht einzelner Häuser und Wohnquartiere zu betrachten (Abb. 7).

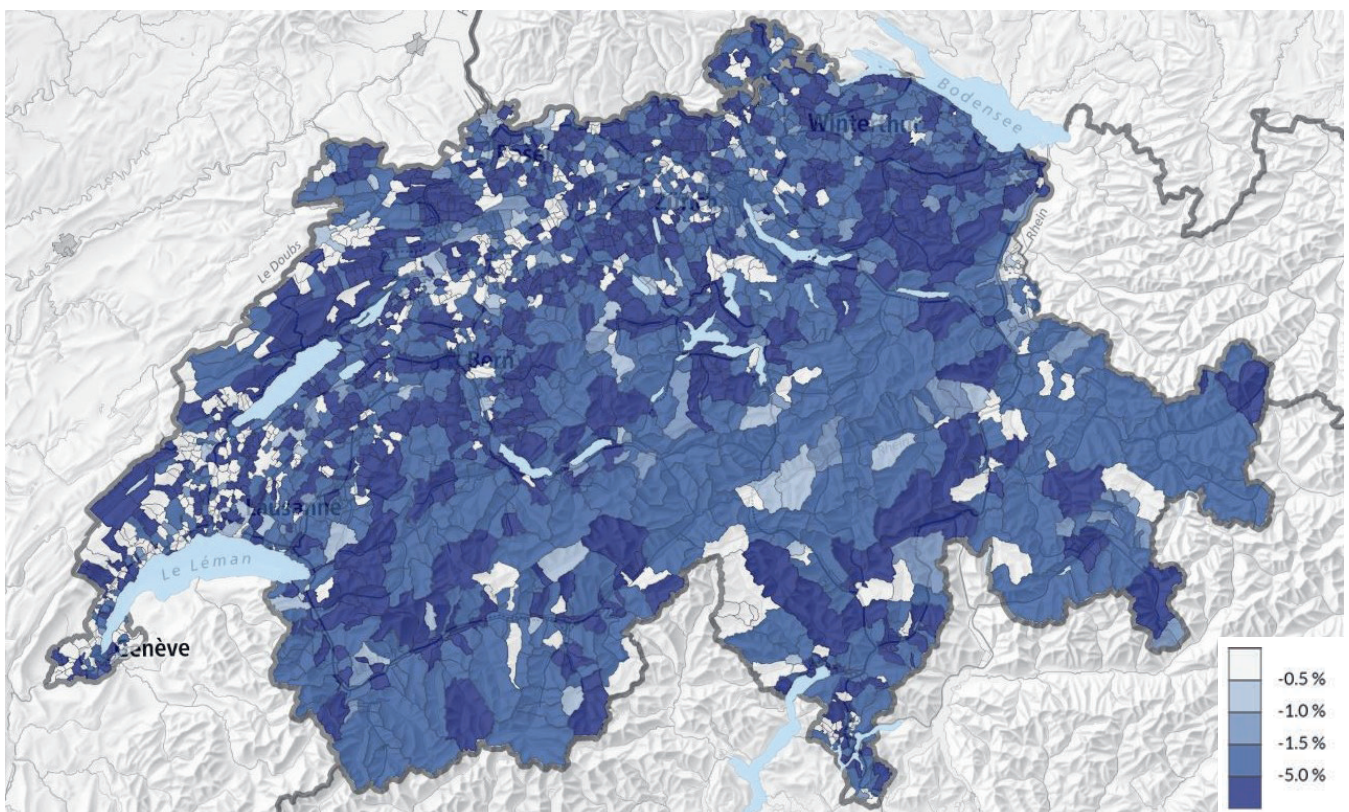
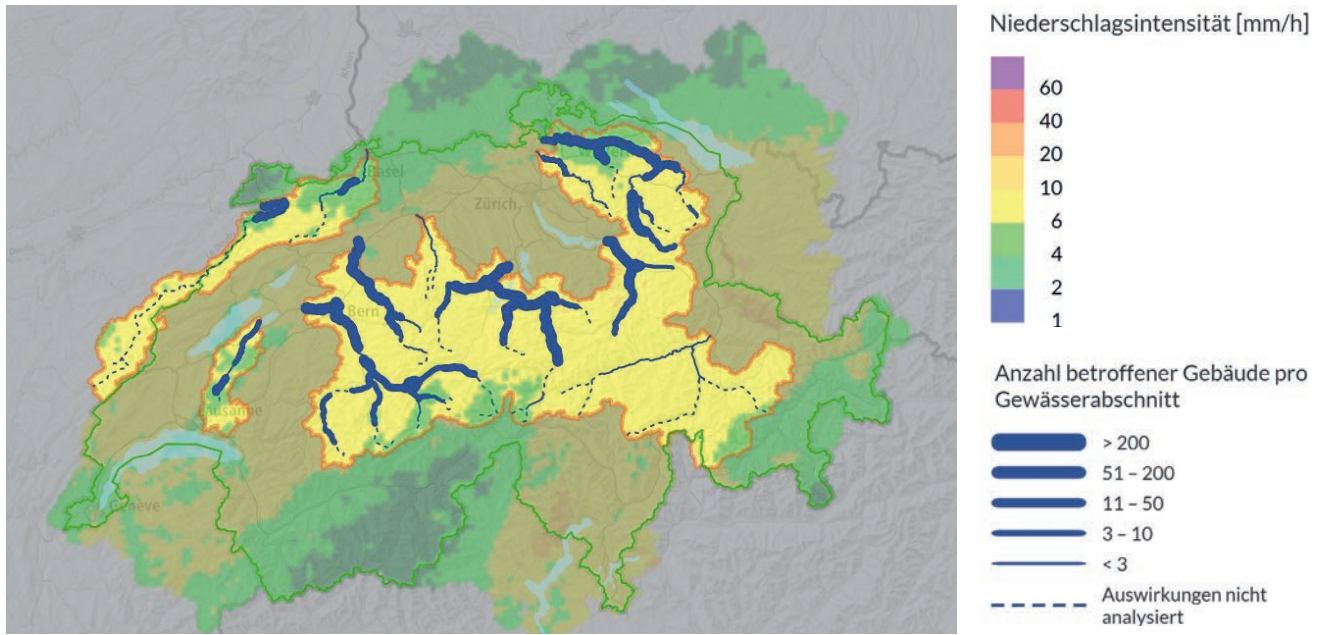
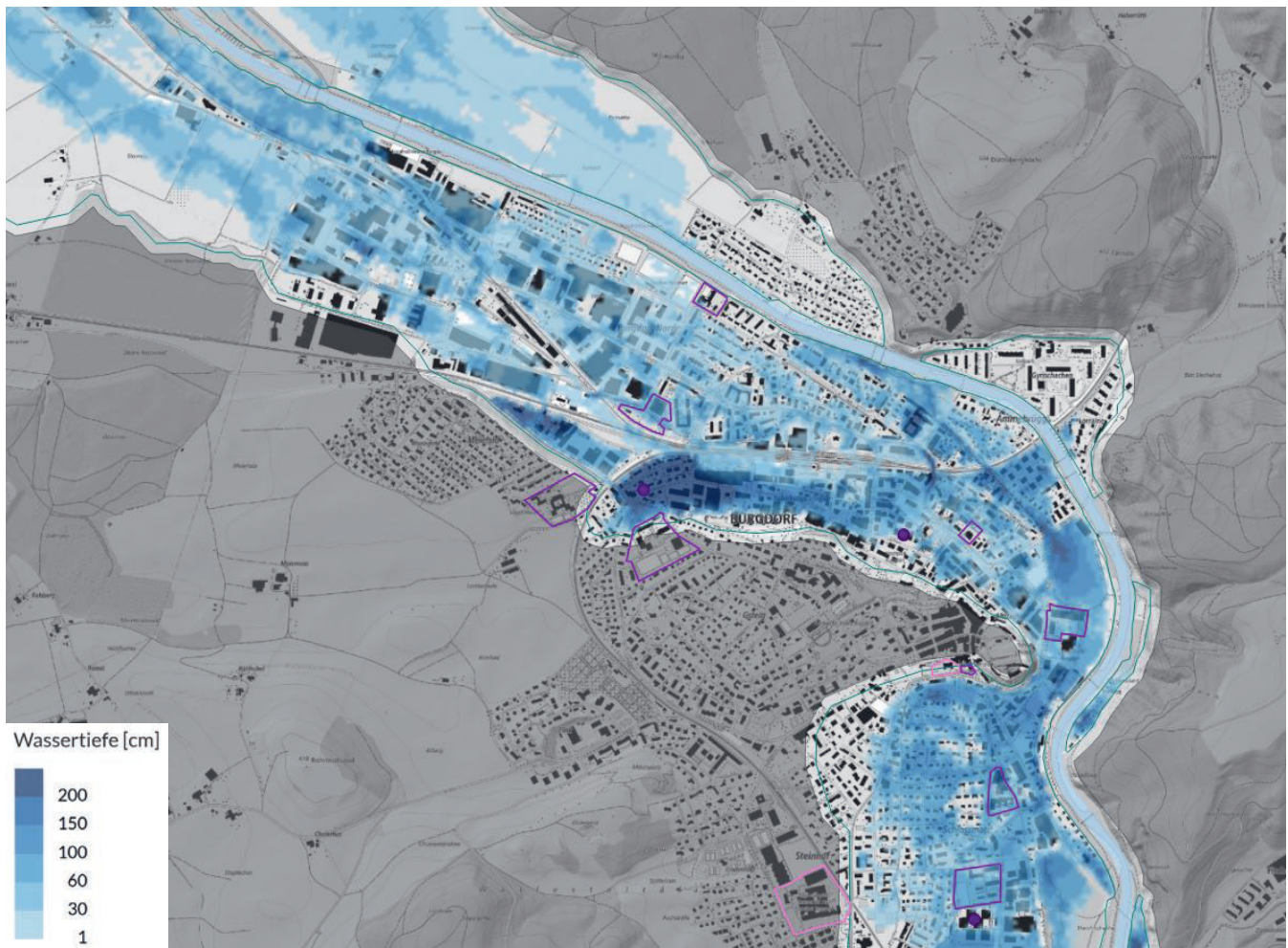


Abbildung 6

Verminderung des Schadenpotenzials in der blauen Zone in einer Situation, in der ein Drittel der Gebäude über einen Objektschutz verfügen und die Hochwassergefahr unverändert bleibt.



Karte: Schlimmstmögliches Szenario in der nationalen Dimension.



Karte: Schlimmstmögliches Ereignis auf lokaler Ebene.

Abbildung 7
Worstcase-Szenarien auf nationaler und lokaler Skala.

Als extreme Hochwasser werden jene betrachtet, die von Niederschlagsereignissen kleiner Wahrscheinlichkeit ausgelöst werden, welche die Schweiz mit ihren großen Niederschlagsmengen großflächig erfassen. Um solche physikalisch plausible Niederschlagsereignisse zu generieren, wurde die "reforecast pooling" – Methode UNSEEN (UNprecedented Simulated Extreme Ensemble; THOMPSON et al., 2017) angewandt, d. h. es wurden extreme Niederschlagszenarien aus einem großen Wetter-Hindcast-Archiv ausgewählt.

Wie die Simulationen aufzeigen, könnten beim schlimmstmöglichen Ereignis Gebäudeschäden zwischen CHF 5 und 6 Mrd. auftreten, was die gesamten ökonomischen Schäden des Jahrhunderthochwassers des Jahres 2005 bei weitem übertrifft (MUNZ et al., 2023).

4 Unterschätzter Oberflächenabfluss

Der klassische Hochwasserschutz konzentrierte sich primär auf die fluvialen Hochwasser. Hingegen stellt der Oberflächenabfluss eine bisher unterschätzte Gefahr dar. Er entsteht, wenn die Niederschlagsintensität die Infiltrationskapazität des Bodens übersteigt (Abb. 8).

Obwohl mehr als die Hälfte der Überschwemmungsschäden auf Oberflächenabfluss zurückzuführen ist, schreiben nur wenige Kantone Objektschutzmaßnahmen vor, um Schäden durch Ober-

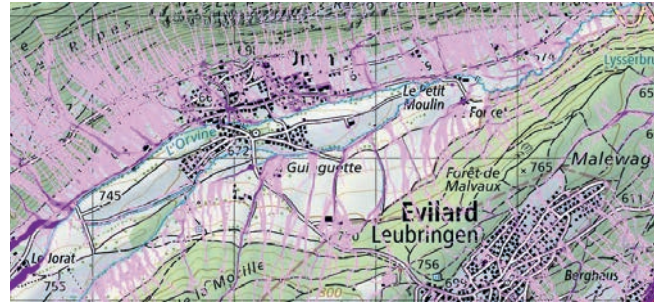


Abbildung 8
Auszug aus der Gefährdungskarte "Gefährdungskarte Oberflächenabfluss", Orvin im Kanton Bern (Quelle: map.geo.admin.ch).

flächenabfluss zu reduzieren (BERNET et al., 2017). Aus Sicht der Fallzahlen ist der Oberflächenabfluss demnach bedeutender als fluviale Überschwemmungen. Zu den monetären Schäden tragen letztere hingegen zu rd. 75 % bei (BERNET et al., 2017).

Aus dem Werkzeug "Schadenpotenzial Oberflächenabfluss" lässt sich ableiten, dass 62 %, also rd. 1,3 Mio. Gebäude mit einem Neuwert von CHF 2,3 Bill. Franken in der Schweiz durch Oberflächenabfluss gefährdet sind. In diesen Gebäuden wohnt 76 % der Bevölkerung und arbeitet 89 % der Beschäftigten (oberflaechenabfluss.hochwasserrisiko.ch/).

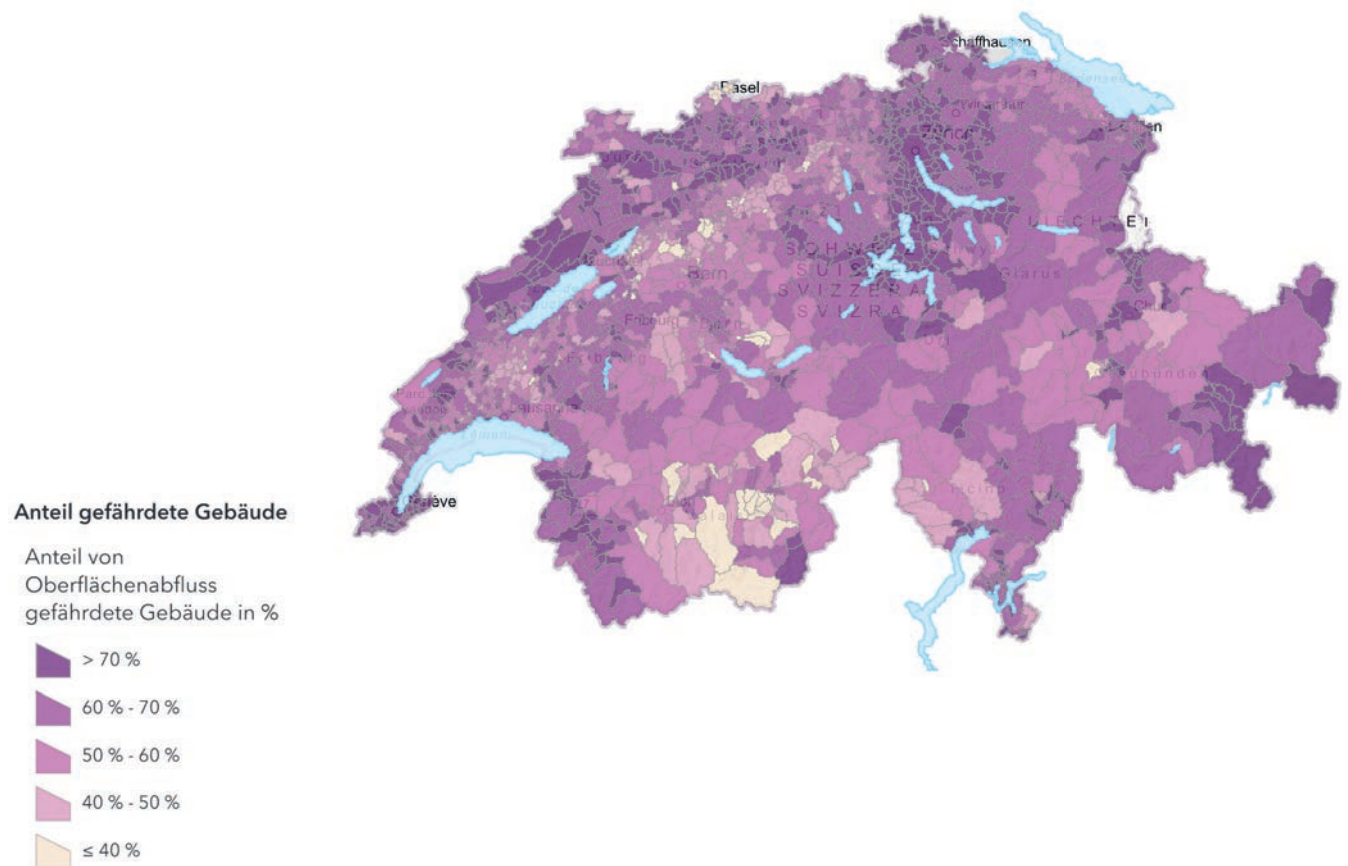


Abbildung 9
Betroffenheit der Schweizer Gemeinden durch Oberflächenabfluss.

Der Oberflächenabfluss wird uns auch in Zukunft fordern: Einerseits ist als Folge des Klimawandels mit heftigeren und häufigeren Niederschlägen zu rechnen und somit auch mit mehr Oberflächenabfluss. Verstärkt wird dieser Prozess durch eine zunehmende Versiegelung und hydrophobe Böden bei langen Trockenphasen. Andererseits sind ein Viertel aller potenziellen Baulandreserven der Schweiz durch Oberflächenabfluss gefährdet.

Häufig überlagern sich die Gefährdung durch Oberflächenabfluss und Hochwasser. So sind in der gelben Hochwassergefahrenzone auch rd. 73 % der Gebäude durch Oberflächenabfluss gefährdet. Die Analysen mit dem Werkzeug "Schadenpotenzial Oberflächenabfluss" dokumentieren den dringenden Handlungsbedarf beim Oberflächenabfluss und die Notwendigkeit, die beiden

Gefahrenprozesse Oberflächenabfluss und fluviale Überschwemmungen beim Risikomanagement integral zu betrachten.

5 Das Hochwasserrisiko beeinflussen

Im Rückblick auf den Hochwasserschutz in der Schweiz erkennt man die zentrale Bedeutung des Schadenpotenzials (Abb. 3), wodurch das Risiko und sein Management, das sich unter anderem am Risikokreis in Abbildung 10 orientiert, immer stärker in den Fokus rücken. Er basiert auf dem Grundsatz "nach dem Hochwasser ist vor dem Hochwasser", macht damit das Risikomanagement zur Daueraufgabe und rückt die aus den abgelaufenen Ereignissen lernende Prävention ins Zentrum.

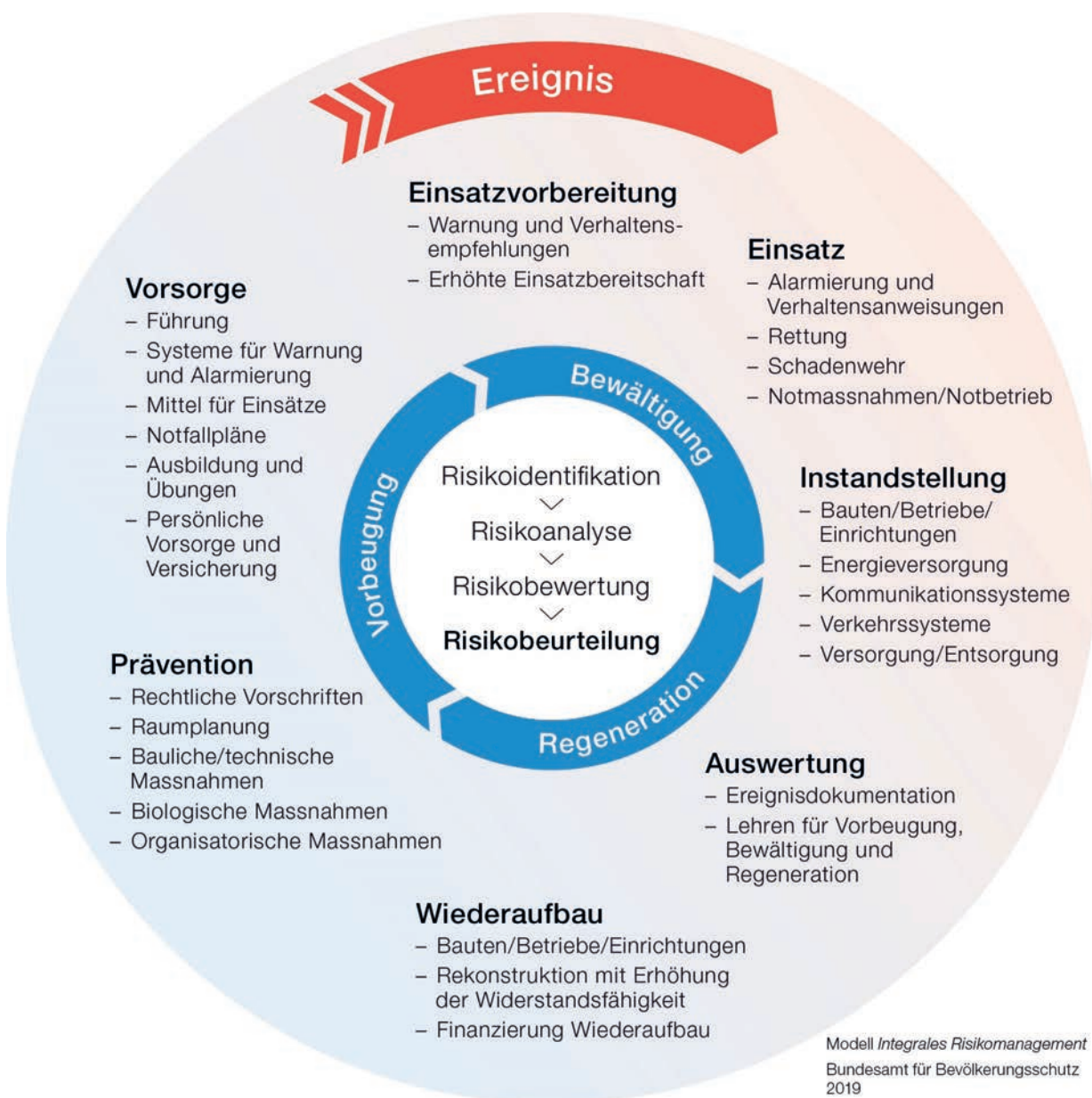


Abbildung 10
Risikokreis: Die kreisförmige Darstellung illustriert die verschiedenen Elemente des integralen Risikomanagements und ihre Zusammenhänge (Quelle: Bundesamt für Bevölkerungsschutz, 2019).

Seit dem 2005er Hochwasser wurden auch die Hochwasserprognosen und -warnungen stark verbessert und Schwachstellen beim baulichen Hochwasserschutz eliminiert.

Mit welcher Entwicklung ist nun beim Hochwasserrisiko zu rechnen (Abb. 3)? Es ist davon auszugehen, dass die Hochwassergefahr weiter zunehmen wird. Analysen der MeteoSchweiz zeigen, dass die Starkniederschläge an beinahe allen Messstandorten seit dem Jahr 1900 zugenommen haben. Diese auf die Erwärmung der Atmosphäre zurückgehende Entwicklung wird sich im Zuge des Klimawandels verstärken. Zusätzlich führt im Alpenland Schweiz der Anstieg der Nullgradgrenze zu einer Erhöhung der Hochwasser, nimmt doch damit die Wahrscheinlichkeit zu, dass bei einem großen Niederschlagsereignis immer größere Teile der Einzugsgebiete überregnet statt beschneit werden, sodass der flächige Hochwasserbeitrag weiter zunehmen wird. Auf der Gefahrenseite wird es also entscheidend sein, inwieweit es gelingt, den Anstieg der globalen Temperaturen zu stoppen, einem Anstieg "nota bene", von dem die Schweiz überproportional stark betroffen ist.

Aus Sicht des Schadenpotenzials wird entscheidend sein, ob es gelingen wird, die Objektschutzmaßnahmen breit umzusetzen und so die Verletzlichkeit der Gebäude zu reduzieren (Kap. 3.2). Aus raumplanerischer Sicht ist in der Schweiz die Verdichtung des urbanen Wohnraums vor dem Hintergrund des starken Bevölkerungswachstums und der knappen Landreserven eine zentrale Herausforderung, die auch das Hochwasserrisiko beeinflusst. Im "Schadensimulator Hochwasser" können die Gemeinden

simulieren, welche Auswirkungen die Verdichtung auf das Hochwasserrisiko haben wird. Dazu wurde dem Schadensimulator ein Verdichtungsmodell unterlegt.

Gemäß Abbildung 11 führt die Verdichtung in einzelnen Gemeinden zu einer starken Zunahme des Hochwasserrisikos. Diesem engen Zusammenspiel zwischen Verdichtung und Hochwasserrisiko wird im aktuellen gesellschaftlich-politischen Diskurs zu wenig Beachtung geschenkt.

6 Abschließende Gedanken

Für die Lösung heutiger und zukünftiger Herausforderungen im Hochwasserschutz ist die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis sehr wichtig. Es besteht dabei sowohl eine Bring- wie auch eine Holschuld. Die Praxis sollte demnach die Forschungsergebnisse stärker einbeziehen und gleichzeitig aufzeigen, welche die drängenden Fragen sind, zu deren Lösung die Wissenschaft beitragen könnte. Im Gegenzug gelingt es der Wissenschaft oft nicht, ihre Ergebnisse und Erkenntnisse im Hochwasserbereich in praxistauglicher Form verfügbar zu machen, weil dies im heutigen Wissenschaftsbetrieb leider nicht als prioritäre Aufgabe angesehen wird. Mit ihren Werkzeugen, die alle im Internet abrufbar sind will das Mobil Lab für Naturrisiken zum Brückenschlag zwischen Forschung und Praxis beitragen (hochwasserrisiko.ch). Die entwickelten Produkte basieren auf umfassenden Forschungsarbeiten mit Datenanalysen und Simulationen, wobei in jeder Projektphase auf den Austausch mit der Praxis sehr großen Wert gelegt wird. In Seminaren, auf Ex-

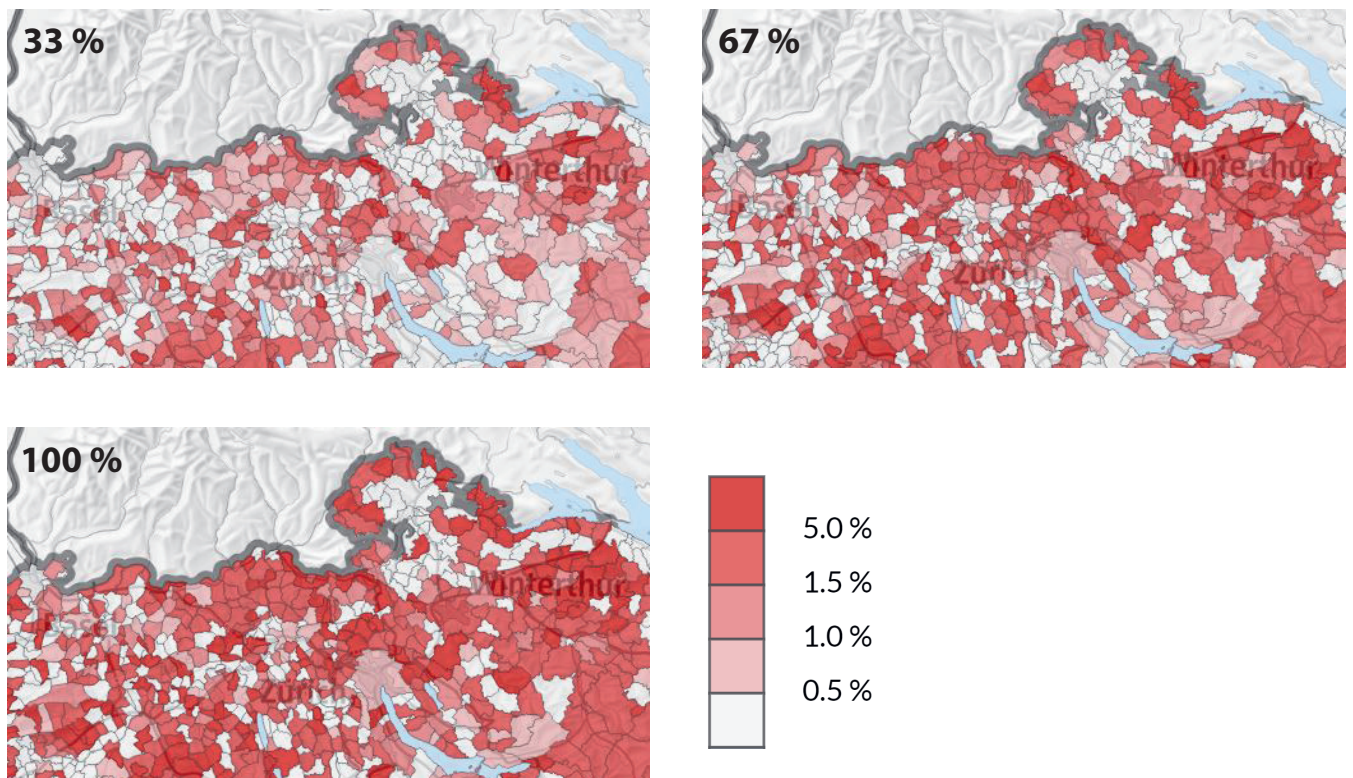


Abbildung 11
Zunahme des erwarteten Schadenausmaßes durch unterschiedlichen Grad der städtebaulichen Verdichtung, also durch Ausnutzung der vorhandenen Baureserven.

kursionen und in gemeinsamen Projekten wird dieser Austausch erweitert und vertieft. So wird gegenwärtig im Austausch mit der Feuerwehr von Burgdorf, die auch für die Hochwasserbekämpfung zuständig ist, ausgehend vom Werkzeug "Hochwasserdynamik" simuliert, an welchen Stellen der Emme mobile Hochwasserschutzmaßnahmen ihre beste Wirkung entfalten können. Oder das Bundesamt für Bevölkerungsschutz baut die vom Mobiliar Lab entwickelten Werkzeuge in ihre Aus- und Weiterbildungskurse für Blaulichtorganisationen ein.

Kurzum: Werkzeuge wie sie in diesem Aufsatz vorgestellt wurden, erleichtern den dringend erforderlichen Austausch und Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis. Es hat sich gezeigt, dass die vorgestellten Werkzeuge ein wichtiges Hilfsmittel für die Risikokommunikation sind.

*Prof. Rolf Weingartner,
Rouven Sturny,
Markus Mosimann und
Prof. Andreas Zischg*

Mobiliar Lab für Naturrisiken, Universität Bern, Schweiz

Literaturverzeichnis

- BERNET, D.B., V. PRASUHN, R. WEINGARTNER (2017): Surface water floods in Switzerland: what insurance claim records tell us about the damage in space and time, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 17. DOI: 10.5194/nhess-17-1659-2017.
- BRÖNNIMANN et al. (2018): 1868 – das Hochwasser, das die Schweiz veränderte. Ursachen, Folgen und Lehren für die Zukunft. *Geographica Bernensia*, G94. DOI:10.4480/GB2018.G94.01.
- BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1991): Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. *Hydrologische Mitteilungen der Landeshydrologie*, Bern.
- MUNZ, L., M. KAUZLARIC, M. MOSIMANN, A. FEHLMANN, O. MARTIUS, A.P. ZISCHG (2023): Participatory development of storymaps to visualize the spatiotemporal dynamics and impacts of extreme flood events for disaster preparedness. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98, 104039. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2023.104039.
- NZZ, Neue Zürcher Zeitung (1988): Sicherheitsüberlegungen im Flussbau. Ausgabe vom 19. Juli 1988. Autor: Martin Jäggi.
- PFISTER, CH. (2009): Die "Katastrophenlücke" des 20. Jahrhunderts und der Verlust traditionellen Risikobewusstseins. *GAIA* 18/3.
- THOMPSON, V., N.J. DUNSTONE, A.A. SCAIFE (2017): High risk of unprecedented UK rainfall in the current climate. *Nat Commun* 8, 107 (2017). DOI: 10.1038/s41467-017-00275-3.
- ZEH, H., CH. KÖNITZER, A. BERTILLER (2009): Strukturen der Fließgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie); Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. *Umwelt-Zustand Nr. 0926*. Bundesamt für Umwelt, Bern.