

## FAN Forum 2019

### Aktueller Umgang mit Oberflächenabfluss

#### Gestion contemporaine du ruissellement



Gefährdungskarte Oberflächenabfluss: Ausschnitt Lausanne ([www.bafu.admin.ch/oberflaechenabfluss](http://www.bafu.admin.ch/oberflaechenabfluss))

## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| Gestion du ruissellement dans le canton de Vaud .....   | 3  |
| Fonctionnement du réseau public et réflexions d'aménagement .....   | 6  |
| Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz .....   | 7  |
| Gefährdungskarte Oberflächenabfluss: Methodik & Produkt.....  | 10 |
| Interaktion von Oberflächenabfluss und Siedlungsentwässerung in der Praxis.....                                 | 14 |
| Punktueller Gefahrenabklärung und Objektschutz vor Oberflächenabfluss an einem Beispiel im Berner Seeland ..... | 19 |
| Die neuen Schweizer Klimaszenarien CH2018.....  | 21 |
| Beurteilen und entscheiden in akuten Gefahrensituationen.....   | 26 |

**Herausgeber / Editeur**

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

**Offizielle Adresse / Adresse officielle**

Christoph Graf, Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
8903 Birmensdorf  
Tel. 044 739 24 54, E-Mail: christoph.graf@wsl.ch

**Sekretariat, Administration, Kurswesen /  
Secrétariat, administration, cours**

FAN Sekretariat c/o geo 7, Ursula Stettler  
Neufeldstrasse 5-9, 3012 Bern  
Tel. 031 300 44 33  
E-Mail: kontakt@fan-info.ch  
Internet: <http://www.FAN-Info.ch>

**Redaktion FAN-Agenda /  
Rédaction Agenda-FAN**

Jean-Jacques Thormann, HAFL, Zollikofen  
Sonja Zraggen, Amt für Tiefbau, Kanton Uri  
Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf  
Martin Frei, MFrei Infra GmbH, Amriswil

**Meldungen, Beiträge und Anfragen FAN-Agenda an:  
Informations, contributions et demandes à  
l'adresse suivante:**

Jean-Jacques Thormann, Berner Fachhochschule  
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissen-  
schaften HAFL, Fachgruppe Gebirgswald & Naturgefahren  
Länggasse 85, 3052 Zollikofen  
Tel. 031 910 21 47, Fax 031 910 22 99,  
E-Mail: jean-jacques.thormann@bfh.ch

**Zielsetzung der FAN**

Die Tätigkeit der FAN steht im Dienste der Walderhaltung und dem Schutz vor Naturgefahren. Sie widmet sich insbesondere dem Thema Weiterbildung bezüglich Lawinen-, Erosions-, Wildbach-, Hangrutsch- und Steinschlaggefahren. Die ganzheitliche, interdisziplinäre Beurteilung und Erfassung von gefährlichen Prozessen sowie die Möglichkeiten raumplanerischer und baulicher Massnahmen stehen im Zentrum.

**Mitgliedschaft bei der FAN**

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 400 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten. Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 100.– / Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen.

**Objectif de la FAN**

La FAN est au service de la conservation des forêts et de la protection contre les dangers naturels. Elle se consacre en particulier au thème du perfectionnement dans le domaine des dangers que représentent les avalanches, l'érosion, les torrents, les glissements de terrain et les chutes de pierres. Elle met aussi l'accent sur deux aspects importants: des évaluations et des relevés globaux et interdisciplinaires des processus dangereux, et les mesures possibles en matière d'aménagement du territoire et de génie forestier.

**Adhésion à la FAN**

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 500 membres, répartis dans toute la Suisse. Les demandes d'adhésion doivent être adressées au président ou au secrétaire. L'adhésion à la FAN coûte fr. 100.– / an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels.

## Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser  
Liebe Mitglieder der FAN

Oberflächenabfluss, als bisher unterschätzter Naturgefahrenprozess ist verantwortlich für Schäden in Millionenhöhe, wie das Ereignis in Lausanne jüngst eindrücklich gezeigt hat. Seit Mitte 2018 liegt die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz als fachtechnische Grundlage vor. Sie hat grossen praktischen Nutzen für Architektinnen, Hauseigentümer, Planer, Gefahrenfachleute, Baubehörden oder Interventionskräfte. Wie genau wurde sie erstellt, was sind ihre Grenzen, welchen Nutzen bringt sie, wie kann sie angewendet werden?

Mit diesen und weiteren Fragen rund um den aktuellen Umgang mit Oberflächenabfluss setzte sich das FAN-Forum 2019 im alt-ehrwürdigen Centre de Congrès de la Fondation Beaulieu in Lausanne auseinander. Die erstmalige Durchführung in der Westschweiz war ein grosser Erfolg. West- und Deutschschweizer haben sich in grosser Zahl eingefunden. Insbesondere die vielen neuen, noch unbekannteren Gesichter aus der Westschweiz haben mich sehr gefreut.

Mit aktuellen Beispielen aus der nahen und weiteren Umgebung haben wir die Vorsorge vor sowie die Bewältigung von Ereignissen in interessanten Vorträgen präsentiert erhalten. Uns wurde aber auch aufgezeigt, welches die Grenzen des Produkts sind und wo und wie beim aktuellen Umgang mit Oberflächenabfluss in der Schweiz neue Ansätze weiter zu verfolgen sind.

In der vorliegenden Ausgabe der FAN Agenda sind die wichtigsten Beiträge zum aktuellen Umgang mit dem Thema zusammengefasst. Darüber hinaus dürfen wir Ihnen die Entscheidungsprozedur für akute Naturgefahren-Situationen vorstellen, welche anlässlich des FAN-Herbstkurses 2018 diskutiert und erarbeitet wurde.

Bei der Lektüre wünsche ich viel Vergnügen!

Christoph Graf, Präsident

## Avant-propos

Chères lectrices, chers lecteurs,  
Chers membres de la FAN,

Le ruissellement de surface est un processus naturel jusqu'à présent sous-estimé. Il cause des dégâts qui se chiffrent à plusieurs millions de francs, à l'image des dernières inondations à Lausanne. Une carte nationale de l'aléa de ruissellement de surface est disponible depuis juillet 2018 pour la Suisse. L'utilité concrète de cette base technique est considérable pour les architectes, les propriétaires, les concepteurs, les experts en matière de dangers, les autorités ou encore les forces d'intervention. Comment a-t-elle été élaborée, quelles sont ses limites, son utilité, ses utilisations possibles ?

Le Forum FAN 2019 au vénérable Centre de Congrès de la Fondation Beaulieu à Lausanne s'est articulé autour d'un large éventail de questions sur la gestion contemporaine du ruissellement.

La première tenue du Forum en Suisse romande fut un grand succès. Romands et alémaniques s'y sont rendus en nombre. Il est particulièrement réjouissant d'avoir accueilli beaucoup de nouveaux participants de Suisse occidentale.

Les exposés, fort intéressants, ont présenté des exemples récents de prévention et de gestion d'événements liés au ruissellement, issus des environs comme d'ailleurs. Ils ont aussi mis en évidence les limites de la carte d'aléa et indiqué où, quand et comment poursuivre les nouvelles approches d'une gestion contemporaine du ruissellement de surface en Suisse.

La présente édition de l'Agenda FAN résume les principaux exposés sur la gestion moderne de cette thématique. Elle présente par ailleurs la procédure décisionnelle dans des situations de danger aigu, discutée et élaborée lors du cours d'automne 2018 de la FAN .

Je vous souhaite beaucoup de plaisir à la lecture de notre Agenda FAN !

Christoph Graf, président

# Gestion du ruissellement dans le canton de Vaud

Philippe Hohl<sup>1</sup> (philippe.hohl@vd.ch)

<sup>1</sup> Etat de Vaud, Département du territoire et de l'environnement (DTE), Division ressources en eau et économie hydraulique (EAU), Lausanne

## Zusammenfassung

Die jüngsten Ereignisse vom 11. Juni 2018 in Lausanne, aber auch vom 31. Mai 2018 in Yverdon, haben die Bedeutung einer besseren Berücksichtigung des Oberflächenabflusses im Siedlungsgebiet aufgezeigt. Mehrere Wege scheinen gangbar um die Situation zu verbessern. In Anbetracht des Ausmasses bereits bebauter Gebiete müssen Massnahmen an bestehenden Infrastrukturen ergriffen werden. Gleichzeitig gilt es, Planungs- und Baubewilligungsverfahren zu optimieren.

## Résumé

Les événements récents du 11 juin à Lausanne mais aussi du 31 mai à Yverdon ont montré l'importance d'améliorer la prise en compte du ruissellement de surface dans les zones construites. Plusieurs pistes sont envisageables pour améliorer la situation. Au vu de l'importance du milieu déjà bâti des mesures doivent être prise sur les infrastructures existantes. Dans le même temps il s'agit d'optimiser les procédures d'obtention des permis de construire et d'affectation du territoire.

## Constats

Le ruissellement de surface concerne potentiellement tout le territoire. Les bâtiments situés aux points bas et dans les talweg sont naturellement impactés par ces processus. Ceci a été bien observé lors des violentes pluies ayant touché le village de Morrens dans la région de Lausanne le 26 juillet 2008. Il a aussi été ob-

servé que passablement de bâtiments ont été touchés parce qu'ils se trouvaient en bordure de routes qui jouent le rôle de collecteur (figure 1).

Les dégâts dus au ruissellement de surface peuvent être majeurs dans les zones construi-

tes. La région d'Yverdon et la ville de Lausanne ont été fortement touchés en 2018 par ces processus. La prise en compte du ruissellement dans ces secteurs n'est toutefois que marginale contrairement aux secteurs agricoles pour lesquels de nombreuses mesures

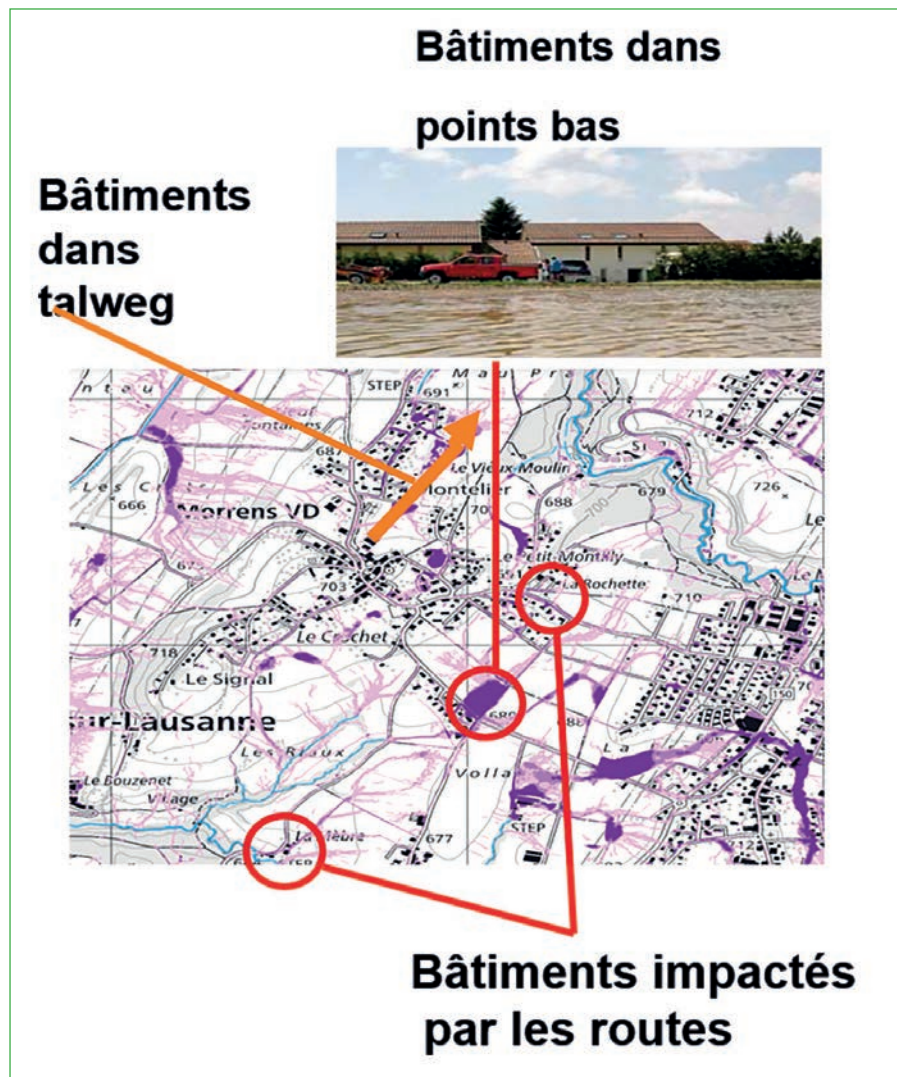


Figure 1 : 4 zones touchées lors de l'événement du 26 juillet 2008 à Morrens

ont été étudiées et proposée pour lutter contre l'érosion des sols (éviter les sols nus, travailler le sens des cultures,...). On identifie aussi des études poussées pour modéliser les processus d'infiltration dans les sciences de l'hydrologie en vue de déterminer la part ruisselée rapidement aux cours d'eau.

Toutefois ces réflexions n'ont pas été faites dans les secteurs urbanisés. Les événements de 2018 nous ont rappelé l'importance de nous en préoccuper.

## Pistes de solutions

### Agir à la source

Depuis plus de 20 ans le canton de Vaud exige la création de bassins de rétention pour les développements urbains de plus de 4'000 m<sup>2</sup> étanchéifiant les sols. On recense environ 1150 ouvrages demandés dans le cadre de nos préavis (figure 2).

Dans la mesure du possible des mesures d'infiltration sont demandées. Malheureusement la qualité des eaux urbaines n'est pas bonne et en cas de pluies intenses la perméabilité des sols est largement insuffisante.

De manière générale, même si ces mesures à prendre à la source vont dans le bon sens, elles sont clairement insuffisantes pour éviter des dégâts importants.

### Utiliser la carte indicative en aménagement du territoire

Il semble utile d'utiliser cette carte comme aide à la décision à titre indicatif pour affecter correctement les secteurs situés en contre-bas de pentes clairement menacés par le ruissellement de surface. Par contre, de par la précision de la carte qui est discutable et sa stabilité dans le temps insuffisante il ne faut donner en aucun cas un statut légalement fort à ce type d'informations. La stabilité de ces informations est particulièrement discutable puisque chaque nouvelles petites constructions (murets, chemins, routes, fossés,...) peu-

vent modifier localement complètement les écoulements.

### Travailler sur les permis de construire

Un travail devrait être fait pour identifier les situations potentiellement conflictuelles (bâtimens dans les cuvettes, contre-bas de pentes ou en bordure de routes) en lien avec la « dangerosité » des bâtiments, particulièrement des sous-terrains ou des rez-de-chaussée à fort potentiel de dégâts.

### Reconnecter les routes aux collecteurs d'évacuation des eaux claires

Il a été constaté lors de l'événement du 11 juin 2018 de Lausanne d'améliorer l'évacuation des eaux de chaussée dans les collecteurs qui n'ont pas été utilisés pleinement lors de cet événement. Il faut prévoir des ouvertures plus

grandes et un entretien soutenu (figure 3).

### Améliorer les protections directes des bâtiments

Plusieurs mesures sont envisageables comme :

- Prévoir de rehausser, même de 10 ou 20 centimètres les entrées de bâtiments,
- Rehausser les sauts de loup,
- Prévoir des structures de protection à poser en cas d'arrivée des eaux,
- etc...

### Disperser les écoulements dans les zones moins vulnérables

Utiliser dans toute la mesure du possible les secteurs moins vulnérables (parcs, places de stationnement, zones nature,...) pour soulager les secteurs plus vulnérables.

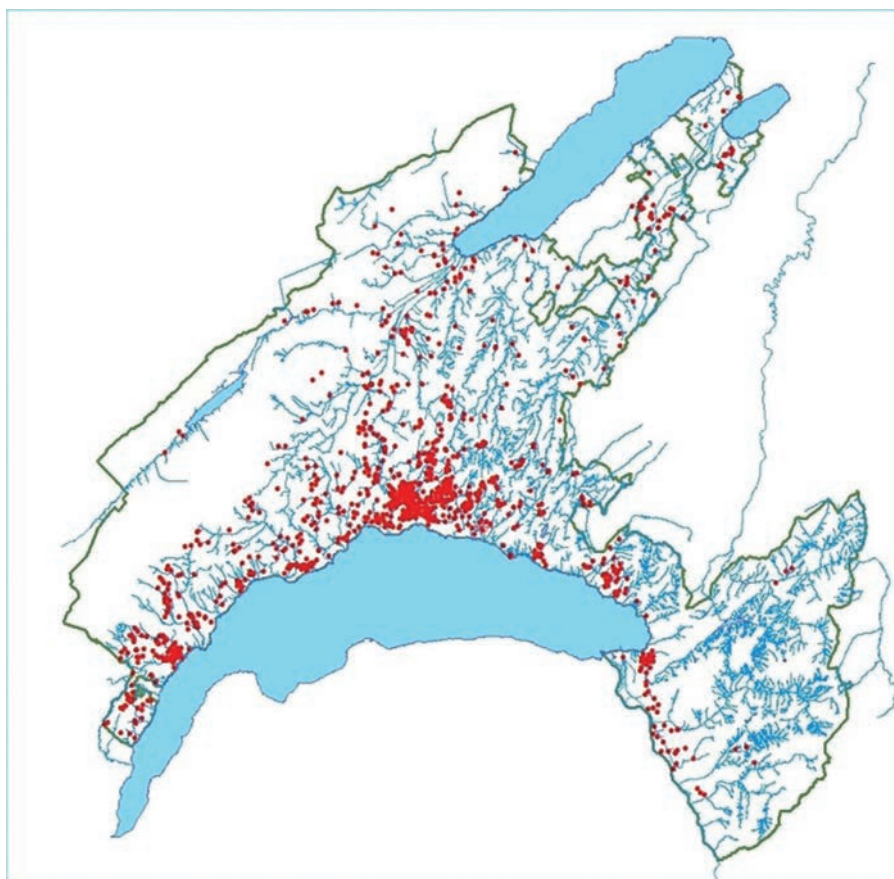


Figure 2 : Situations des 1150 ouvrages de rétention exigés par le canton en cas d'étanchéification du territoire



Figure 3 : Ouvrages bouchés lors de l'événement du 31 mai 2018 à Yverdon

### Favoriser les synergies avec les projets de protection contre les crues

Dans le cadre des travaux entrepris à Pomy (région d'Yverdon) la collecte des eaux de ruissellement assurée sur un chemin de desserte a permis de limiter localement les dégâts dus au ruissellement lors de l'orage du 30 mai 2018.

### Informier et sensibiliser les professionnels et la population

Il faut prévoir de sensibiliser la population à ce danger et donner aux milieux professionnels (architectes, ingénieurs, urbanistes,..) des pistes pratiques de prise en compte de ce processus. Le séminaire du jour y contribue ainsi que l'exposition de l'ECA dans le cadre de la manifestation Habitat et jardins.

### Clarifier les responsabilités juridiques

Les quelques textes de loi existants à ce sujet insistent sur la responsabilité pour les propriétaires aval d'accepter les écoulements naturels de l'amont. Cela implique une responsabilité avérée aux propriétaires amont de ne pas

pas aggraver la situation en aval. Cette condition sera difficile à respecter et un soin particulier devra être apporté pour trouver des solutions proportionnées et négociées entre les propriétaires amont et aval.

De manière générale la Loi vaudoise prévoit que la responsabilité de gérer le ruissellement incombe aux communes.

### Suite du travail

Une large réflexion va être initiée dans le canton de Vaud entre les services de l'État et l'ECA. Une place importante devra être donnée aux communes. Les réflexions devront tenir compte de l'ensemble du bâti existant à mieux protéger en visant à introduire quelques réflexions d'optimisation des procédures du permis de construire et de l'affectation du territoire.

# Fonctionnement du réseau public et réflexions d'aménagement

Esteban Rosales <sup>1</sup> (esteban.rosales@lausanne.ch)

<sup>1</sup> Ville de Lausanne, unité évacuation et protection des eaux, Lausanne

## Zusammenfassung

Der Regen vom 11. Juni 2018 hat in der Stadt Lausanne grosse Schäden verursacht. Dank Feldbeobachtungen, in Verbindung mit den Aussagen der Interventionskräfte und der betroffenen Besitzer, konnte das „Service des eaux“ (Amt für Wasser) feststellen, dass das Entwässerungsnetz die ausserordentlichen Abflussmengen insgesamt gut absorbiert hat. Die Auswirkungen des Oberflächenabflusses hingegen haben die Schwächen gewisser Anlagen aufgezeigt. Das „Service des eaux“ zieht die Lehren aus diesem Hochwasser und eröffnet präventionsstrategische Überlegungen im öffentlichen und privaten Raum.

## Résumé

La pluie du 11 juin 2018 a provoqué d'importants dégâts en ville de Lausanne. Les observations faites sur le terrain associées aux témoignages recueillis auprès des services d'intervention et des propriétaires sinistrés ont permis au service de l'eau de constater que le réseau public d'évacuation a globalement bien absorbé ces débits exceptionnels. En revanche, les effets du ruissellement en surface ont montré les faiblesses de certains aménagements. Le service de l'eau tire les enseignements de cette crue en engageant des réflexions

de stratégie préventive sur domaine public et privé.

## Fonctionnement du réseau public

De manière générale, le réseau public a bien réagi en évacuant les importants volumes d'eau de surface. Les déversoirs d'orage ont tous fonctionné et un débit supérieur à 130 m<sup>3</sup>/s a été constaté à l'exutoire du Flon dans l'ouvrage du Capelard à la Vallée de la Jeunesse. Malgré ces débits qui ont conduit à la mise en charge de quelques tronçons de collecteurs, les dégâts ont été relativement faibles en comparaison du montant total des sinistres annoncés à l'Etablissement cantonal d'assurance pour ce même événement.

En milieu urbain, le ruissellement de surface a entraîné d'importants volumes de débris conduisant à l'obstruction de bon nombre de grilles d'évacuation des eaux claires. Ce phénomène a conduit à une régulation des débits entrants dans le réseau public. En cela, la carte d'aléa de ruissellement en ville de Lausanne est relativement précise.

En rivières, certains tronçons de collecteurs intercommunaux de concentration des eaux usées ont été endommagés par les débris de grande taille et à grande énergie (blocs, troncs,

etc.). Des chambres de visite et des tronçons de collecteur ont été emportés, provoquant des déversements d'eaux usées et une pollution du milieu naturel jusqu'à la fin des travaux urgents de réparation.

## Enjeux stratégiques à l'échelle communale

La problématique du ruissellement urbain sur le territoire communal fait partie des nouveaux objectifs stratégiques du service de l'eau. Les premières étapes de réalisation consistent à compléter les cartes d'aléas par des observations de terrain, valorisant ainsi les données recueillies lors des récents épisodes orageux. Cette compilation de données permettra à terme de délimiter les secteurs à risque de façon détaillée et dans lesquels des mesures spécifiques de gestion du ruissellement sur domaine public et sur domaine privé devront être prises.

Pour le domaine public, il s'agit désormais de dimensionner des ouvrages publics de gestion du ruissellement et de les intégrer au programme de renouvellement du réseau public d'évacuation. Pour le domaine privé, des mesures constructives simples pourront être recommandées, voire imposées sous la forme de charges au permis de construire.

# Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz

Roberto Loat <sup>1</sup> (roberto.loat@bafu.admin.ch)

<sup>1</sup> Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Gefahrenprävention, Ittigen

## Résumé

Depuis 2018, la Suisse dispose à l'échelle nationale d'une carte de l'aléa ruissellement. Elle montre les secteurs qui peuvent être touchés par le ruissellement en cas d'événements pluviométriques importants. Ce danger naturel jusqu'à présent sous-estimé cause près de la moitié de tous les dégâts liés aux inondations. En raison des changements climatiques, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements est prévisible dans le futur. La nouvelle carte permet de renforcer la prévention. La carte d'aléa de ruissellement a été réalisée en projet de partenariat public-privé entre l'OFEV, l'ASA et l'AECA.

## Zusammenfassung

Die Schweiz verfügt seit 2018 über eine flächendeckende Gefährdungskarte zum Oberflächenabfluss. Diese Karte zeigt auf, welche Gebiete bei einem Starkniederschlagsereignis von Oberflächenabfluss betroffen sein können. Diese bis heute unterschätzte Naturgefahr verursacht bis zur Hälfte aller Hochwasserschäden. Durch den Klimawandel ist in Zukunft mit häufigeren und intensiveren Ereignissen zu rechnen. Dank der Karte kann die Prävention gestärkt werden. Die Gefährdungskarte wurde als Public Private Partnership Projekt zwischen dem BAFU, dem SVV und der VKG realisiert.

## Problemstellung

Als Oberflächenabfluss wird der Teil des Niederschlags verstanden, welcher nicht versickert und über das offene Gelände oder Strassen abfließt.

Bei der Analyse von Gebäudeschäden nach Unwetterereignissen zeigt sich immer wieder, dass ein erheblicher Teil der Schäden nicht durch Wasser aus Gewässern, sondern durch Oberflächenabfluss verursacht wird. Der Anteil des Oberflächenabflusses am Gesamtschaden variiert je nach Ereignis stark. Er beträgt gemäss Schätzungen der Versicherungswirtschaft im Schnitt bis zu 50% aller Hochwasserschäden. Insbesondere treten diese Schäden als Folge von kurzen, intensiven Starkniederschlägen auf, wie die Beispiele Zofingen am 8.7.2017, oder Frauenfeld am 8.6.2018, Lausanne am 11.6.2018 und Sion am 6.8.2018 zeigen. Das Niederschlagswasser konzentriert sich in Hang- und Muldenlagen und gelangt so über Gebäudeöffnungen in die Gebäude, wo es grossen Schaden an Fahrhabe und Gebäudehülle verursachen kann. Personen sind ausserhalb von Gebäuden kaum gefährdet, in Untergeschossen jedoch schon. Die neuen Klimaszenarien für die Schweiz CH2018 sagen voraus, dass extreme Niederschläge bis Mitte dieses Jahrhunderts um 10-20% zunehmen werden.

Auswertungen zeigen, dass ein Grossteil der

Schäden in weissen Gefahrengebieten entstehen. Bis heute fehlten Grundlagen, um die Risiken durch Oberflächenabfluss abzuschätzen. Die Gefahrenkarten Wasser zeigen nur die Gefahrengebiete auf, die durch ausufernde Gewässer betroffen sind. Einzelne Kantone stellen den Oberflächenabfluss punktuell als Hinweisflächen oder mittels Pfeilen dar. Eine systematische Beurteilung des Oberflächenabflusses fehlte jedoch.

## Zielsetzung

Mit der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz wollte das BAFU eine schweizweite, flächendeckende Grundlage schaffen, die aufzeigt, welche Flächen von dieser Naturgefahr betroffen sein können und mit welcher Wassertiefe zu rechnen ist (siehe Abb. 1). Eine einheitliche Methodik soll sicherstellen, dass die Resultate schweizweit gleichwertig und vergleichbar vorliegen.

Mit der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss soll den Gebäude- und Infrastrukturbesitzern, den Bauherren, Versicherungen, Planern, Einsatzkräften, Kanalisationsfachleuten und weiteren Akteuren eine Gefahrengrundlage zur Verfügung gestellt werden, die ihnen hilft, die Gefahr zu erkennen, Risiken abzuschätzen und mit geeigneten Massnahmen Schäden zu verhindern.

## Entstehung der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss

Bereits in der Ereignisanalyse der Unwetter 2005 wurde auf die Bedeutung des Oberflächenabflusses hingewiesen. Im Jahr 2009 beauftragten die Gebäudeversicherung und das AWEL des Kantons Zürich das Büro geo7 eine Modellierung des Oberflächenabflusses in der Region Langnau am Albis (ZH) zu realisieren. Die Resultate waren vielversprechend, wie Vergleiche mit realen Schadendaten zeigten.

Um festzustellen, ob sich die Methodik auch in anderen topografischen und geologischen Verhältnissen eignet, erteilte das BAFU 2011 dem Büro geo7 den Auftrag, die Methodik in den Regionen Lyss (BE), Heiden (AR) und dann Verbier (VS) zu testen und weiterzuentwickeln. In allen drei Testgebieten wurden die Resultate mit den Betroffenen vor Ort geprüft. Die Resultate deckten sich auch hier sehr gut mit dem lokalen Wissen über frühere Ereignisse und den Schadendaten der Versicherungen.

Das BAFU beschloss daraufhin, eine nationale Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zu rea-

lisieren. Nach damaliger Rechtsauslegung – und im Gegensatz zu heute – fiel der Oberflächenabfluss nicht unter das Bundesgesetz über den Wasserbau WBG. Aus diesem Grund wurde eine Lösung mit der Versicherungswirtschaft gesucht. Der Schweizerische Versicherungsverband SVV und die Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen VKG konnten für das Vorhaben gewonnen werden. Das Projekt wurde als Public Private Partnership (PPP) durchgeführt und hat damit im Bereich Naturgefahren Pioniercharakter. Mit dem gewählten Vorgehen wurde eine rasche, kostengünstige und qualitativ hochstehende Lösung gefunden.

Der Kanton Luzern hat 2015, in Absprache mit dem BAFU und mithilfe der erarbeiteten Methodik, eine kantonale Gefährdungskarte Oberflächenabfluss realisiert. 2016 begannen dann die Arbeiten an der nationalen Gefährdungskarte. Dazu wurde die Schweiz in fünf Teilgebiete aufgeteilt. Begleitet wurden die Arbeiten von rund 80 Fachleuten aus den Bereichen Naturgefahren, Assekuranz, Infrastruktur, Siedlungsentwässerung, Landwirtschaft, SIA,

etc. Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz wurde am 3. Juli 2018 anlässlich einer Tagung in Bern veröffentlicht und online gestellt ([www.bafu.admin.ch/oberflaechenabfluss](http://www.bafu.admin.ch/oberflaechenabfluss)).

## Wozu dient die Karte?

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss dient in erster Linie der Sensibilisierung für diese bisher wenig beachtete Naturgefahr. Sie hat grossen praktischen Nutzen für Fachleute wie Architekten, Bauherren, Planer oder Interventionskräfte bei der Planung von Schutzmassnahmen. Sie ist ein wichtiges Instrument insbesondere für Hausbesitzer zur Realisierung von Objektschutzmassnahmen.

Die Karte kann eine Grundlage bilden bei der:

- planerischen Ausscheidung von Gefahrengebieten und Formulierung von Auflagen
- Planung von Objektschutz- und Flächenschutzmassnahmen
- Notfallplanung
- Sensibilisierung und Beratung der Gebäudeeigentümer durch Versicherungen
- Planung der Siedlungsentwässerung

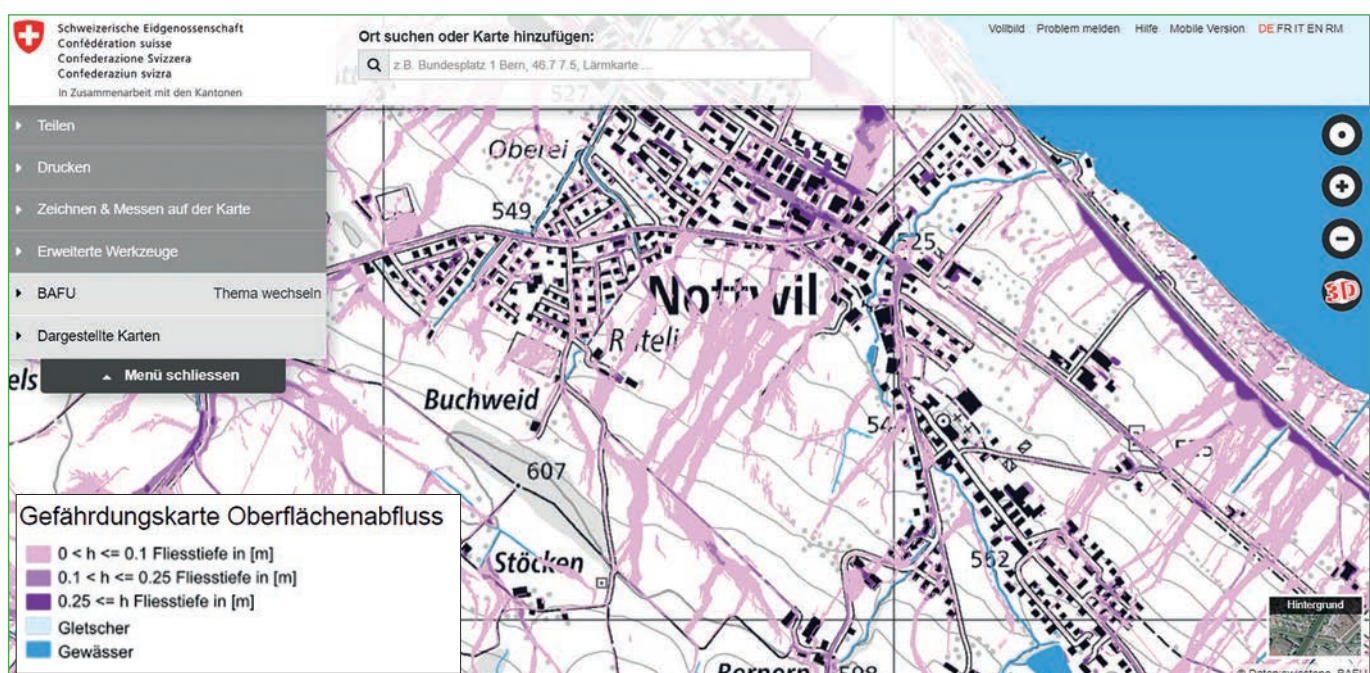


Abbildung 1: Gefährdungskarte Oberflächenabfluss ([www.bafu.admin.ch/oberflaechenabfluss](http://www.bafu.admin.ch/oberflaechenabfluss)).



- Umsetzung von Bodenschutzmassnahmen in der Landwirtschaft
- Beurteilung von Hangmuren und Rutschungen
- etc.

Rund 2/3 der Gebäude in der Schweiz sind potenziell von Oberflächenabfluss betroffen. Deshalb können besonders Liegenschaftsbesitzer einen wesentlichen Beitrag zur Risikoreduktion leisten. Oft ist es möglich, mit einfachen Massnahmen wie der Erhöhung von Lichtschächten, Anpassung des Geländes oder mit Stellriemen Schäden zu verhindern. Werden Schutzmassnahmen bei einem Bauprojekt bereits in der Planungsphase berücksichtigt, können sie ohne oder mit geringen Mehrkosten realisiert werden.

### Offene Fragen und weiteres Vorgehen

Im Umgang mit der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss sind noch verschiedene Frage offen. Diese betreffen u.a. folgende Aspekte:

- Braucht es «Gefahrenkarten» Oberflächenabfluss?
- Wie kann die Umsetzung in die Raumplanung erfolgen?
- Wer ist in den Kantonen für Oberflächen-

abfluss verantwortlich?

- Wie kann die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren gefördert werden?
- Braucht es weitere Arbeits- und Umsetzungshilfen?

Im Spätherbst ist ein Erfahrungsaustausch mit allen beteiligten Akteuren (Kantone, Versicherungswirtschaft, VSA, etc.) geplant, um die offenen Fragen zu diskutieren.

Zurzeit laufen auch verschiedene Aktivitäten im Bereich des Oberflächenabflusses. Hier die wichtigsten:

- Projekt «Starkniederschläge und Einsatzplanung» am Beispiel von Schutz & Rettung Kanton ZH (BABS Hrsg., 2019)<sup>1</sup>. Erkenntnisse: 75% der Hochwassereinsätze der letzten dreizehn Jahren fanden in Gebieten statt, die von Oberflächenabfluss betroffen sind.
- Projekt «Starkniederschläge im urbanen Raum»: Anhand von Handlungsempfehlungen, Planungsgrundsätzen und guten Beispielen soll aufgezeigt werden, wie mit dem sich noch verschärfenden Risiko von Starkniederschlägen und dem damit verbundenen Oberflächenabfluss in Städten umgegangen werden kann. Der

VSA ist ebenfalls am Projekt beteiligt.

- Projekt «Erfolgreiche Strategien von Hauseigentümern zum Schutz vor Hochwasser und Oberflächenabfluss»: Das Projekt zielt auf eine Sensibilisierung und Stärkung der Eigenverantwortung bei Hauseigentümer/innen ab. Anhand von Filmen soll aufgezeigt werden, wie man sich und Sachwerte mit einfachen Mitteln und Vorkehrungen am Gebäude oder durch Nutzungsanpassungen vor Überschwemmungen schützen kann.

### Fazit

Mit der schweizweiten, flächendeckenden Gefährdungskarte Oberflächenabfluss steht ein nützliches und qualitativ hochstehendes Produkt für die Schadenprävention zur Verfügung. Dies ist umso wichtiger, als infolge des Klimawandels in Zukunft mit häufigeren und heftigeren Starkniederschlägen zu rechnen ist. Besonders die Hauseigentümer können durch Objektschutzmassnahmen einen wesentlichen Beitrag zur Schadenreduktion leisten. Wichtig ist dabei die enge Zusammenarbeit zwischen Planern, Architekten, Naturgefahrenspezialisten, Baufachleuten und Versicherungsfachleuten.

<sup>1</sup> <https://www.babs.admin.ch/de/publikservice/downloads/gefrisiken.html#ui-collapse-651> → Bevölkerungsschutz und Klimawandel

# Gefährdungskarte Oberflächenabfluss: Methodik & Produkt

Andy Kipfer <sup>1</sup> (andy.kipfer@geo7.ch)  
Nataschia von Wattenwyl <sup>1</sup> (nataschia.vonwattenwyl@geo7.ch)  
Catherine Berger <sup>1</sup> (catherine.berger@geo7.ch)

<sup>1</sup> geo7 AG, Bern

## Résumé

La carte d'aléa ruissellement de surface couvre la totalité du territoire Suisse. Elle montre l'existence d'un danger potentiel lié au ruissellement en cas d'événements rares à très rares. Elle découle d'une modélisation sans plausibilisation sur le terrain et offre une précision d'ordre indicatif. Cela signifie, par exemple, qu'en cas de planification de mesures de protection concrètes, une plausibilisation in situ est impérativement nécessaire.

La modélisation est basée sur des données de haute résolution sur la couverture du sol, des modèles de terrain et des hyétoigrammes régionaux. L'influence des paramètres de saisie sur le résultat final a été examinée à l'aide d'analyses de sensibilité.

Les résultats sont vérifiés entre autres au regard des intempéries dans la région de Zofingen (AG, 8.7.2017). Il s'est avéré que les surfaces mises en évidence par la carte ont dans de nombreux cas réellement été touchées et qu'une partie importante des dommages survenus lors de l'événement à Zofingen peut s'expliquer à l'aide de la carte de l'aléa ruissellement.

## Zusammenfassung

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zeigt flächendeckend über die gesamte Schweiz, wo bei seltenen bis sehr seltenen Ereignissen eine potenzielle Gefahr durch Oberflächenabfluss besteht. Sie beruht auf einer Modellierung ohne Plausibilisierung im Gelände und bietet eine Genauigkeit auf Stufe Hin-

weis. Das bedeutet, dass z.B. für die Planung von konkreten Schutzmassnahmen eine Plausibilisierung vor Ort zwingend notwendig ist.

Die Modellierung erfolgte u.a. mit Hilfe von hochaufgelösten Bodenbedeckungsdaten, Terrainmodellen und regionsspezifischen Niederschlagsganglinien. Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen wurde der Einfluss der Eingabeparameter auf das Endresultat untersucht.

Die Resultate wurden u.a. anhand des Unwetterereignisses in der Region Zofingen (AG, 8.7.2017) überprüft. Es zeigte sich, dass die auf der Karte ausgeschiedenen betroffenen Flächen vielerorts auch in Realität beobachtet werden konnten und mit der Gefährdungskarte ein bedeutender Teil der Schadenfälle beim Ereignis in Zofingen erklärt werden kann.

## Einleitung

Unter Oberflächenabfluss wird derjenige Niederschlagsanteil verstanden, welcher nach dem Auftreffen auf den Boden unmittelbar an der Geländeoberfläche abfließt. Auswertungen von Unwetterereignissen in der Schweiz in den letzten Jahren haben gezeigt, dass rund 50% der durch Wassergefahren verursachten Schadenfälle durch Oberflächenabfluss verursacht worden sind (Bernet et al. 2017). Je nach Ereignis variiert dieser Anteil stark. Oberflächenabfluss kann zu Schäden an Gebäuden führen, betroffen sind insbesondere ausgebaute Keller- oder Untergeschosse. Aber auch für Personen kann der Oberflächenabfluss eine Gefährdung darstellen. Dennoch ist Oberflächenabfluss in der Schweiz kaum in den

Prozess der Gefahrenbeurteilung integriert. Um diese Lücke zu schliessen hat geo7 eine Methode entwickelt, welche die Modellierung von Oberflächenabfluss nach einheitlichen Kriterien über grosse Gebiete erlaubt.

Geo7 wurde vom Bundesamt für Umwelt BAFU, vom Schweizerischen Versicherungsverband SVV und der Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen VKG beauftragt, gemäss dieser Methode eine Gefährdungskarte Oberflächenabfluss über die gesamte Schweiz zu erstellen.

## Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die gesamte Schweiz mit Ausnahme des Kantons Luzern, da hier bereits eine flächendeckende Modellierung nach derselben Methode vorlag. Die Daten aus dem Kanton Luzern wurden daher aus der Oberflächenabflusskarte Kanton Luzern (Kanton Luzern, Verkehr und Infrastruktur und Gebäudeversicherung Luzern 2015) integriert. Innerhalb der Schweiz gibt es bezüglich Topografie, Geologie, Boden und den klimatischen Verhältnissen grosse Unterschiede. Für die Modellierung wurde die Schweiz deshalb in mehr als 250 Modellierungsregionen aufgeteilt, in welchen jeweils ein gebietspezifisches Niederschlagszenario verwendet wird.

## Modellgrundlagen

Die Modellierung der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss basiert auf folgenden drei Hauptgrundlagen:

- Terrainmodell

- Niederschlag
- Abflussbereitschaft

Abbildung 1 zeigt schematisch das Vorgehen, welches bei der Simulation für die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss angewendet worden ist.

**Bodenbedeckung**

Die Bodenbedeckung wurde zur Aufbereitung des Terrainmodells sowie für die Bestimmung des Abflusskoeffizienten verwendet. Als Grundlage diente der AV-Datensatz DM.01 (Amtliche Vermessung Schweiz / FL), welcher eine sehr hohe Lagegenauigkeit aufweist. Da dieser nicht flächendeckend für die gesamte Schweiz vorliegt, wurden die Lücken mit Hilfe der swissTLM3D-Daten des Bundesamtes für Landestopografie geschlossen.

Für die Aufbereitung der Bodenbedeckung wurden die Bodenklassen zu Bodenbedeckungstypen gruppiert, die Daten mit einem Gewässernetz ergänzt, wo nötig befestigte Flächen aktualisiert und zu einem klassierten Bodenbedeckungsdatensatz zusammengefügt.

**Terrainmodell**

Als digitales Terrainmodell (DTM) wurde standardmässig das swissALTI3D der swisstopo mit einer Rastergrösse von 2 m verwendet. Wurden kantonale Terrainmodelle mit höherer Auflösung zur Verfügung gestellt, wurden diese für die Modellierung verwendet. Die Terrainmodelle wurden für die Modellierung auf eine Rastergrösse von 1 m konvertiert und aufbereitet. Dazu gehörten, neben der Elimination des Rauschens im DTM, insbesondere Anpassungen im Bereich von Gebäuden, Gewässerstrecken und Verkehrswegen.

**Niederschlag**

Als Grundlage für die Modellierung wurde ein Starkregen mit einer Wiederkehrperiode von ungefähr 100 Jahren verwendet. Für jede Mo-

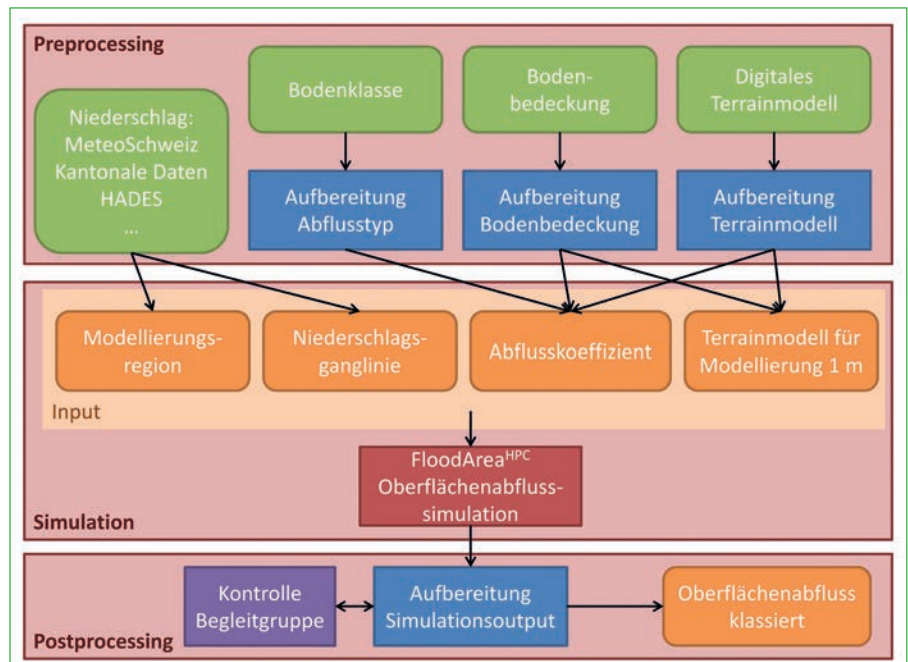


Abbildung 1: Schematisches Vorgehen bei der Oberflächenabfluss-Simulation für die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz (Quelle: BAFU / SVV / VKG 2018a).

delierungsregion wurde in Absprache mit den Vertretern der Kantone sowie unter Berücksichtigung von Extremwertanalysen (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz 2017) und weiteren Grundlagen eine Niederschlagsmenge festgelegt. Die verwendete prozentuale Verteilung der Niederschläge über eine Stunde ist in allen Regionen identisch und entspricht dem berücksichtigten Modellregen (siehe Abbildung 2). Sie basiert

auf (Fürstentum Liechtenstein 2014).

**Abflusskoeffizient**

Die Infiltration von Niederschlagswasser wird bei befestigten Flächen unterbunden, in Wäldern hingegen kann vielfach ein grösseres Wasservolumen in den Boden infiltrieren. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften zur Abflussbereitschaft wurde jedem Bodenbedeckungstyp ein Grundwert des Abflussko-

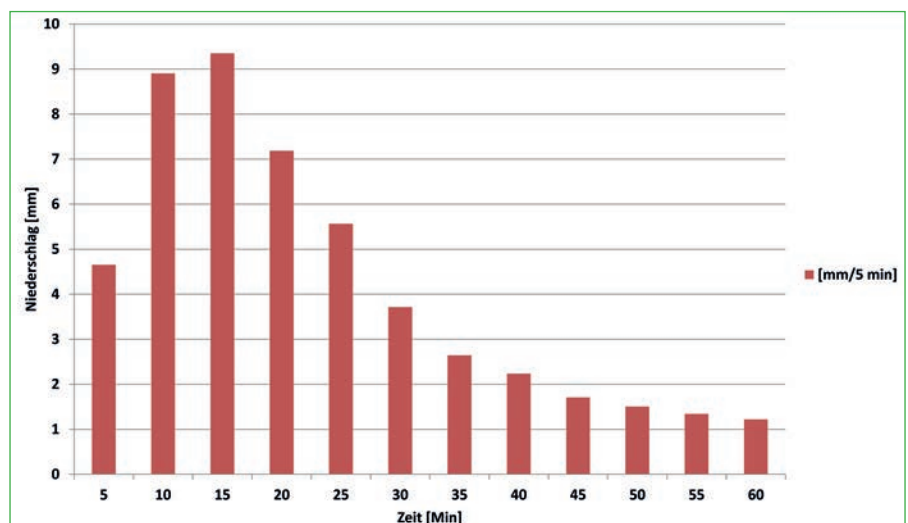


Abbildung 2: Für die Modellierung verwendete Niederschlagsganglinie bei einer Niederschlagsmenge von 50 mm/h (Quelle: BAFU / SVV / VKG 2018a).

effizienten  $\psi$  nach Rickli und Forster (1997) und Dobmann (2009) zugeordnet.

Über verschiedene Aufbereitungsschritte wurde dieser Grundwert modifiziert (vgl. BAFU / SVV / VKG 2018a). Der daraus resultierende Abflusskoeffizient  $\psi_{\text{def}}$  fliesst schlussendlich als Gewichtungsraster in die Modellierung ein. So kommt z.B. bei einem Koeffizienten von 1 auf der entsprechenden Rasterzelle der gesamte Niederschlag zum Abfluss (befestigte Flächen und/oder steile Gebiete). Bei einem Koeffizienten von 0.4 sind es hingegen noch 40% der Niederschlagsmenge.

## Postprocessing

Im Postprocessing werden die Rohdaten des Outputs weiterverarbeitet. Die wichtigsten Arbeitsschritte beinhalteten die Bereinigung von Kleinflächen, die Aufteilung der Wassertiefen in drei Klassen, die Integration der berücksichtigten Gewässer sowie die Vektorisierung der Rasterdaten.

## Sensitivitätsanalyse

Ein Modellierungsergebnis ist abhängig von der Qualität der Eingabedaten, den Modellierungsalgorithmen und den verwendeten Einstellungen. Es ist zentral, dass kleine Änderungen bei den Eingabedaten nicht zu deutlich unterschiedlichen Resultaten führen. Daher

wurde der Einfluss von Mengen, Verlauf und Dauer des Niederschlages sowie des Terrainmodells und deren Aufbereitung auf die Modellierungsergebnisse untersucht.

Die Resultate der Analyse illustrieren, dass der Einfluss vom Terrainmodell und dessen Aufbereitung auf das Modellierungsergebnis grösser sind als z.B. die Wahl einer Niederschlagsmenge oder Niederschlagsganglinie (siehe Abbildung 3). Die Modellresultate verändern sich bei letzteren hauptsächlich bei grossen Anpassungen und können daher in Bezug auf den Niederschlags-Input als robust erachtet werden.

## Validierung an Hand Ereignis in Zofingen 2017

Heftige Starkniederschläge führten am 08. Juli 2017 in Zofingen und in den umliegenden Gemeinden zu massiven Sachschäden und beeinträchtigten die Trinkwasserversorgung. Ursache der grossen Hochwasserschäden in Zofingen waren neben ausufernden Bächen und Kanalisationsrückstau insbesondere Oberflächenabfluss. Es handelte sich um ein Ereignis, welches im Durchschnitt seltener als alle 100 Jahre vorkommt (Kanton Aargau 2017).

Bei der Ereignisanalyse wurden die real entstandenen Schäden mit der Gefahrenkarte

Wasser resp. mit der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss verglichen. Die Auswertungen zeigen, dass die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zu plausiblen Ausscheidungen von potenziell durch Oberflächenabfluss betroffenen Gebäuden führt. Trotz Unsicherheiten konnte ein bedeutender Teil der Schadensfälle in Zofingen mit der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss erklärt werden. Die Ergebnisse stützen die Aussage, dass die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss eine qualitativ gute Ergänzung zur Gefahrenkarte Wasser bildet (BAFU / SVV / VKG 2018b).

## Bedeutung und Grenzen der Resultate

Für eine korrekte Interpretation der Karte ist zu beachten, dass folgende Aspekte in der Modellierung nicht berücksichtigt werden:

- Siedlungsentwässerung: Es ist davon auszugehen, dass sie bei seltenen Ereignissen überlastet ist.
- Die Wirkung von Durchlässen und Unterführungen.
- Wasser, welches einem Gewässer zugeführt wurde, wird nicht weiter als Oberflächenabfluss betrachtet.
- Wasseraustritte aus Gewässern.
- Unterirdische Wasserflüsse und Grundwasseraufstoss.

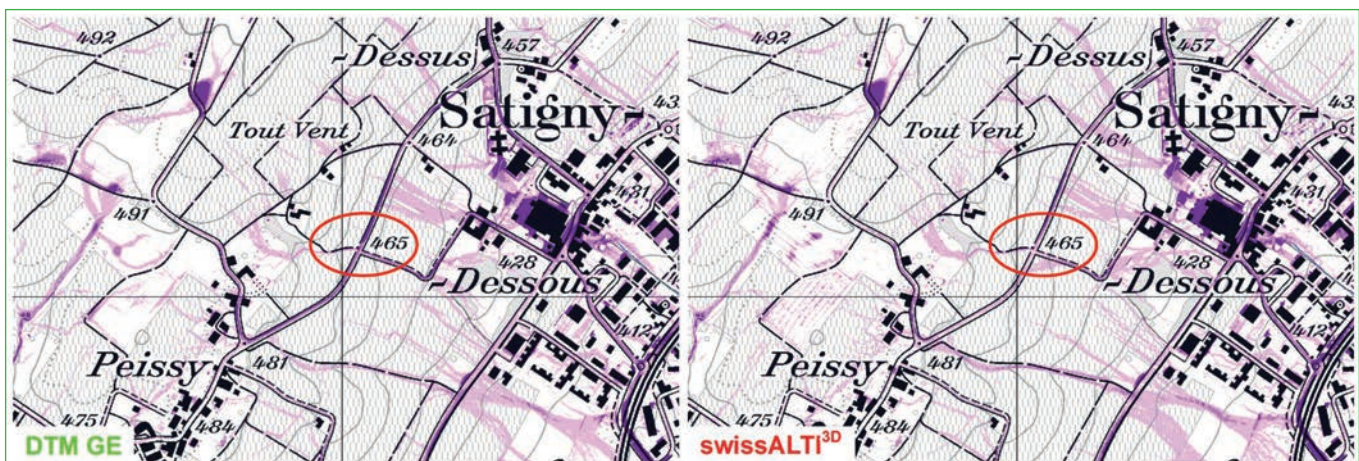


Abbildung 3: Unterschiedliche Modellierungsergebnisse durch Verwendung unterschiedlicher Terrainmodelle (Quellen: Bundesamt für Landestopographie und BAFU / SVV / VKG 2018a).

## Fazit

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss wurde schweizweit nach einem einheitlichen Vorgehen modelliert. Generell werden die Hauptabflusswege an Siedlungsändern und im Landwirtschaftsgebiet, bzw. auf offenen Flächen zuverlässig abgebildet. Innerhalb von Siedlungen kann die Zuverlässigkeit abnehmen, da zahlreiche Kleinstrukturen (Randsteine, Mauern etc.) die Fliesswege beeinflussen können. Terrainveränderungen und/oder Neubauten können die Fliesswege von Oberflächenwasser ebenfalls verändern.

Das verwendete Modell ist mehrheitlich robust gegenüber Veränderungen in den Niederschlags-Inputdaten. Allerdings reagiert es sensibel auf das Terrainmodell. Analysen haben ergeben, dass in der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss ausgewiesene Flächen mit dokumentierten Ereignissen gut übereinstimmen.

Das Produkt weist die Genauigkeit einer Gefahrenhinweiskarte auf, d. h. es gibt Hinweise auf mögliche Gefährdungen. Für konkrete Anwendungen sind die Befunde der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zwingend vor Ort zu plausibilisieren und zu interpretieren.

## Referenzen

Amtliche Vermessung Schweiz / FL: DM.01-AV-CH. Nachführungsstand 13.12.2016

BAFU / SW / VKG (2018a): Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz. geo7, Bern

BAFU / SW / VKG (2018b): Oberflächenabfluss in Zofingen. Analyse der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss in Bezug auf das Schadenereignis vom 08.07.2017. geo7, Bern

Bernet D.B., Prasuhn V., Weingartner R. (2017): Surface water floods in Switzerland: what insurance claim records tell us about the damage in space and time. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 17(9), 1659-1682

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz (2017): Extremwertanalysen (Version 2016). Zürich

<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/extremwert-analysen.html>

Dobmann J. (2009): Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten der Schweiz. Interpretations- und Praxishilfe. Dissertation, Universität Bern, Bern

Fürstentum Liechtenstein, Amt für Bevölkerungsschutz (2014): Niederschlagsstatistik und Modellregen Fürstentum Liechtenstein. Anwendungsdokument, Vaduz

Kanton Aargau (2017): Ereignisbericht Hochwasser 8. Juli 2017. Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau. [https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt\\_natur\\_landschaft/hochwasserschutz/hochwasserschutzmassnahmen/ereignisbericht/ereignisbericht\\_1.jsp](https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/hochwasserschutz/hochwasserschutzmassnahmen/ereignisbericht/ereignisbericht_1.jsp) Stand: 23.08.2018

Kanton Luzern, Verkehr und Infrastruktur und Gebäudeversicherung Luzern (2015): Oberflächenabflusskarte Kanton Luzern. geo7, Bern

Rickli Ch., Forster F. (1997): Einfluss verschiedener Standorteigenschaften auf die Schätzung von Hochwasserabflüssen in kleinen Einzugsgebieten. In: Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 148. Jg., Nr.5:367-385. Illnau

# Interaktion von Oberflächenabfluss und Siedlungsentwässerung in der Praxis

Samuel Maselli <sup>1</sup> ([samuel.maselli@holinger.com](mailto:samuel.maselli@holinger.com))

<sup>1</sup> Holinger AG, Abteilungen Wasserbau / Siedlungsentwässerung, Liestal

## Résumé

La carte nationale de l'aléa ruissellement de surface montre les secteurs potentiellement touchés par le ruissellement. Pour dimensionner des mesures de protection, il faut disposer des débits ou d'autres données hydrauliques. Ces données peuvent être calculées à l'aide de modèles numériques. De tels modèles 2D peuvent ensuite être couplés à un modèle de réseau de canalisation ou de cours d'eau afin d'examiner les interactions et processus d'échange. Des essais à l'exemple de Laufen (Maselli 2018) ont montré que ces processus ne sont pas à sous-estimer, et que leur prise en compte est même indispensable pour une observation intégrale des processus d'écoulement. C'est ainsi que de nombreuses communes concernées ont pris l'initiative de clarifier la problématique en la liant à des projets de protection contre les crues, sans attendre des précisions du cadre juridique concernant le ruissellement.

## Zusammenfassung

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zeigt potenziell von Oberflächenabfluss betroffene Gebiete. Um Massnahmen gegen Schäden zu dimensionieren sind aber Abflussmengen oder andere hydraulische Daten vonnöten. Diese können mithilfe von numerischen Modellen berechnet werden. Solche 2D Modelle können dann zusätzlich mit einem Kanalnetz- oder Fließgewässersmodell gekoppelt werden, um Interaktionen und Austauschprozesse untersuchen zu können. Versuche am Beispiel von Laufen (Maselli 2018) zeigten, dass diese

Prozesse nicht zu vernachlässigen und für eine integrale Betrachtung von Fließprozessen unabdingbar sind. Bereits ohne rechtliche Rahmenbedingungen im Bezug auf Oberflächenabfluss haben daher zahlreiche betroffene Gemeinden die Initiative ergriffen und lassen die Problematik in Kombination mit Hochwasserschutzprojekten abklären.

## Interaktion auf verschiedenen Ebenen

### Viele Akteure mit einem Ziel

Das Phänomen Oberflächenabfluss beschäftigt die Schweizer Gefahrenfachleute in zunehmender Masse. Bis vor ein paar Jahren wurde es kaum als explizite Gefahr wahrgenommen. Die zunehmende Intensität und Frequenz von Starkregenereignissen und die Schadensereignisse der letzten Jahre bringen den Prozess von oberflächlich abfließendem Wasser jedoch in den Fokus verschiedener Akteure. Vom geschädigten Grundbesitzer, grossflächig betroffenen Gemeinden, Gebäudeversicherungen, kantonalen Stellen bis zum Bundesamt für Umwelt sind zahlreiche Stakeholder involviert. Der Schutz vor Naturgefahren und potenziellen Schäden betrifft viele, dementsprechend breit gefächert sollte auch die Herangehensweise an das Problem sein.

### Unterstützung durch numerische Modelle

Oberflächenabfluss ist ein hydrologisch-hydraulischer Prozess, welcher das Abfließen von oberflächlichem Wasser in einem bestimmten Einzugsgebiet beschreibt. So bietet es sich an, diesen auch mithilfe von numeri-

schen Modellen nachzubilden. geo7 hat unter der Leitung vom Bundesamt für Umwelt ein solches Modell erstellt und im Sommer 2018 eine schweizweite Gefährdungskarte Oberflächenabfluss – eine Gefahrenhinweiskarte – veröffentlicht (geo7 2018). Im Rahmen der Masterarbeit "Interaktion von Oberflächenabfluss und Siedlungsentwässerung am Beispiel der Stadt Laufen (BL)" (Maselli 2018) wurden ebenfalls solche Modelle erstellt und mit den erstgenannten verglichen. Es zeigte sich, dass die Art der Modelle, deren Randbedingungen sowie die Interpretation der Resultate kritische Schlüsselfaktoren für deren Verwendung darstellen. So ist bei den Karten vom BAFU hervorzuheben, dass es sich bei der Oberfläche im Modell um eine komplett dichte Oberfläche handelt. Dies bedeutet, dass Wasser, welches auf der Oberfläche auftrifft, zu 100 Prozent oberflächlich abfließt. Der Effekt der Infiltration in den Boden wurde über eine Reduktion der Niederschläge herbeigeführt. Ebenso gilt es zu beachten, dass die Fliesstiefen auf Strassen eher zu hoch ausfallen, da diese im Höhenmodell um 25 cm künstlich abgesenkt wurden. So könnten sich die Fließwege im Siedlungsbereich je nach Situation stark verfälschen. Die Modelle von Maselli (2018) hingegen zeigten eine starke Abhängigkeit der Resultate von Parametern wie der Infiltrationsrate, der Porosität und der Bodentiefe, welche nur schwer grossflächig zu erfassen sind. Dementsprechend gross ist der Schwankungsbereich der Resultate. Eine grosse Problematik bei Oberflächenabflussmodellen ist die Kalibrierung und Validierung, welche in

diesem Sinne bei geo7 (2018) wie auch bei Maselli (2018) nur qualitativ und im kleinen Rahmen durchgeführt werden konnte. Nichtsdestotrotz ergibt sich durch die Modellierung von Oberflächenabflussmodellen ein grosser Nutzen. Neben detaillierter dynamischer Fließweganalysen, Risikoeinschätzungen und Extraktion von Abflussganglinien können mithilfe numerischer Modelle unzählige Szenarien getestet werden und Massnahmen wie Leitdämme, verbesserte Infiltration oder Rückhalt im Einzugsgebiet direkt im Modell auf ihre Wirkung überprüft werden.

**Das Potential von gekoppelten Modellen**

In der Realität ist die Interaktion zwischen Oberfläche und Siedlungsentwässerung nicht zu vernachlässigen, stützt sich doch die Strassenentwässerung genau auf diese Austauschprozesse. Dass die Kanalisation leider nicht nur eine entlastende Wirkung hat, sondern besonders bei Überlastung auch gravierende Probleme mit sich bringen kann, zeigten bereits diverse Ereignisse in der Vergangenheit. Diese Interaktion, welche ursprünglich unidirektional als Entwässerung geplant wird, hat vielerorts bei entsprechenden Wassermengen auch die gegenteilige Wirkung und entpuppt sich als Gefahrenquelle. Eine solche Dynamik kann mithilfe von gekoppelten Oberflächenabfluss-Kanalnetz-Modellen relativ einfach aufgezeigt werden. Dabei wird ein Oberflächenabflussmodell via Einlaufschächte und andere Verbindungen an ein Siedlungsentwässerungsmodell gekoppelt. Der Austausch von Wasser mit der in Maselli (2018) verwendeten Software MIKE FLOOD erfolgt dynamisch und in beide Richtungen zwischen Oberfläche und Kanalisation. Dabei können auch Flusssysteme an das Modell angebunden werden, um ein umfassenderes Modell zu erstellen. Es konnte gezeigt werden, dass diese Verbindungen signifikante Auswirkungen auf das Überflutungsbild und die Fließwege

haben können. Anhand der Stadt Laufen BL zeigt sich dies sehr eindrücklich. Das Kanalnetz hatte dort vor dem Einbau von Rückstauklappen offene Regenüberläufe zum Fluss Birs. Bei Hochwasser drang Wasser in das Kanalnetz ein, welches durch die vertiefte Lage der Altstadt und daraus resultierendem

Überstau an die Oberfläche gelangte. In Abbildung 1 ist auf der Fließstiefenkarte genau dieses Szenarios ersichtlich. Während dem Hochwasser 2007 wurde eine solche Situation erreicht, wie dies in der Luftaufnahme des südlichen Teils der Altstadt in Abbildung 2 gezeigt wird. Obwohl 2007 das Wasser gröss-

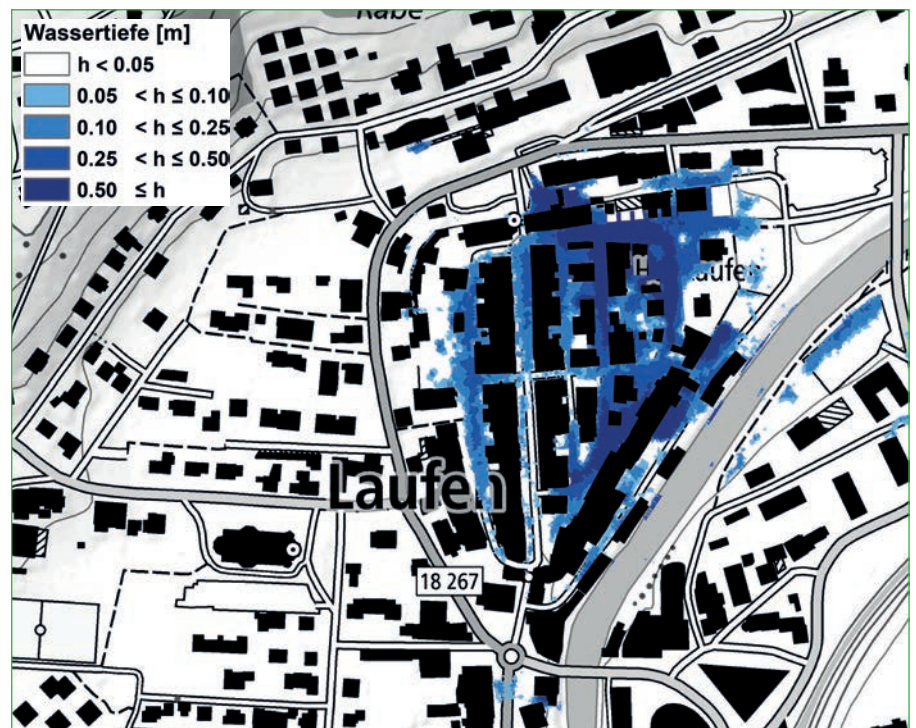


Abbildung 1: Maximale Fließstiefen des gekoppelten Modells ohne Regen, jedoch mit Hochwasser in der Birs. Die Verbindung über das Kanalnetz, resp. die offenen Entlastungsanlagen führen zu einem Transfer von Wasser der Birs zur Oberfläche in der Altstadt. Hintergrundkarte: Swisstopo, 2019.



Abbildung 2: Der südliche Eingang der Altstadt von Laufen BL (Blick in Richtung Süden) während dem Hochwasser vom August 2007. Das Überflutungsbild entspricht ungefähr dem der gekoppelten Simulation aus Abbildung 1 (Quelle: Basellandschaftliche Zeitung, 2019).

tenteils auch über die Ufer in die Altstadt eindringt, kann ein solches Szenario auch ohne oberflächliche Verbindung eintreten. Der Ein-

fluss wird auch deutlich, wenn die Karte der maximalen Fliesstiefen eines nicht gekoppelten Modells mit der eines gekoppelten Modells vergli-

chen wird. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die entlastende Wirkung der Kanalisation deutlich. Wie bei reinen Oberflächenabflussmodellen ergeben sich auch bei gekoppelten Modellen unzählige Möglichkeiten, Massnahmen und Änderungen im System zu implementieren und zu testen. So erweisen sich die Modelle als vielseitige und wandelbare Werkzeuge für die Systemanalyse, das Variantenstudium wie auch für die Dimensionierung im Rahmen von Projekten.

## Oberflächenabfluss in der Praxis

### Aktuelle Lage und integrale Betrachtungsweise

Die rechtliche Lage rund um das Thema Oberflächenabfluss ist noch kaum definiert, jedenfalls nicht im Rahmen, wie man es beispielsweise von einer Gefahrenkarte Hochwasserschutz mit rechtlich bindendem Charakter kennt. Mit der Publikation der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss vom BAFU 2018 (geo7 2018) wurde ein erster Schritt getan. So reagierten bereits zahlreiche Gemeinden, welche in Vergangenheit Schäden durch oberflächlich abfliessendes Wasser registrierten, und fragen vermehrt bei Ingenieurbüros oder kantonalen Stellen nach Einschätzungen und Lösungen. Nur selten soll Oberflächenabfluss als alleiniger Prozess betrachtet werden; vielmehr wird dieser im gemeinsamen Rahmen mit Hochwasserschutz oder Siedlungsentwässerungsanliegen behandelt. Diese kombinierte Betrachtung basiert auf der durchaus nachvollziehbaren Tatsache, dass Prozesse wie Hochwasser aus Fließgewässern und Oberflächenabfluss oft grenzenlos ineinander verschmelzen. Durch die Interaktion mit anderen Prozessen und mit Infrastruktur wie die Kanalisation ist eine gemeinsame und somit integrale Betrachtung unverzichtbar.

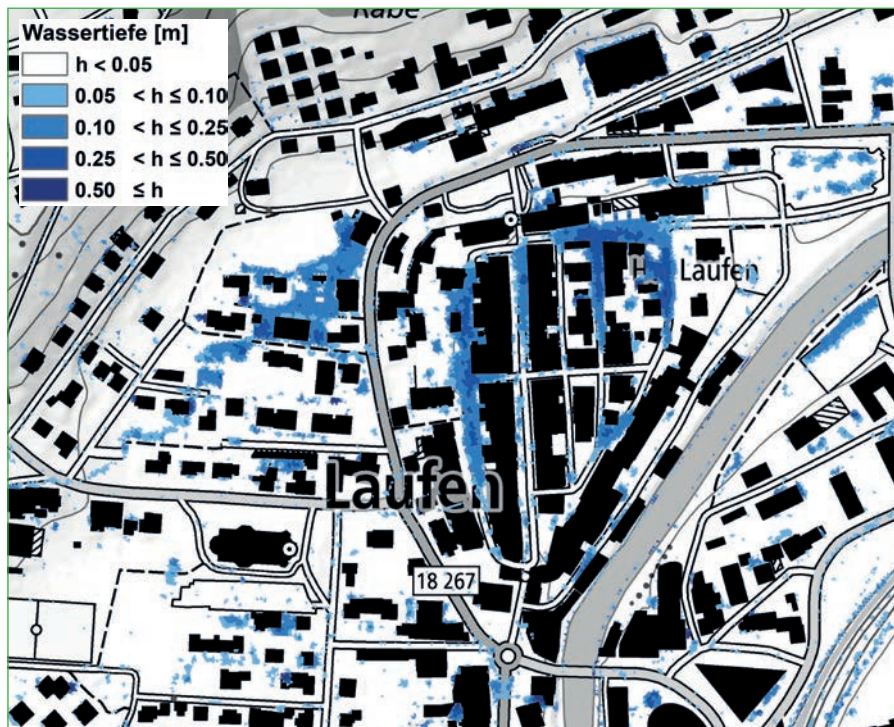


Abbildung 3: Maximale Fliesstiefen eines reinen nicht gekoppelten MIKE 21 Oberflächenabflussmodells. Die Altstadt erfährt bereits bei einem schwachen Regen relativ hohe Wasserstände. Hintergrundkarte: Swisstopo, 2019.

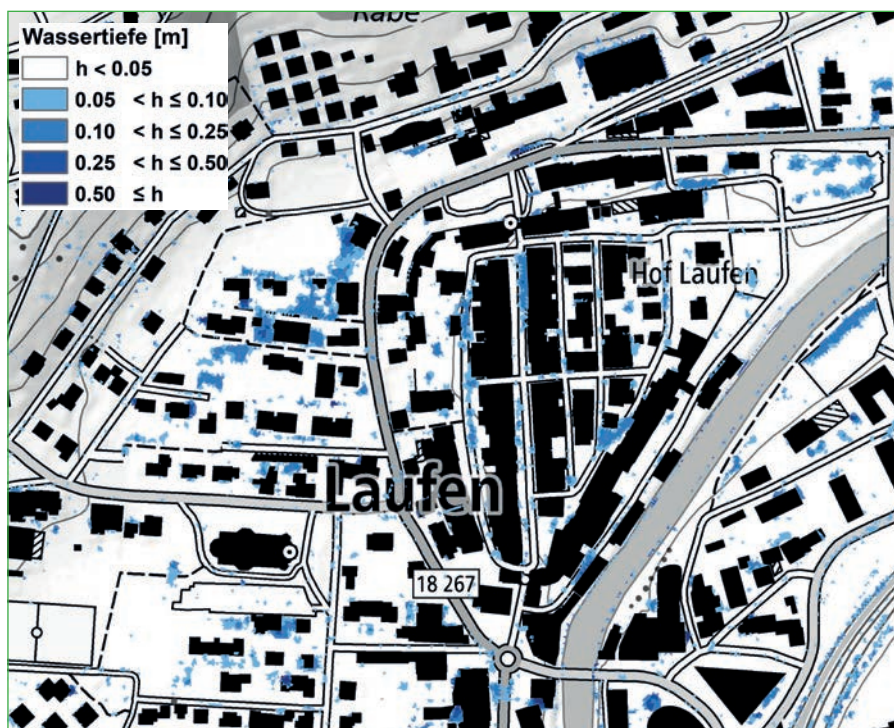


Abbildung 4: Maximale Fliesstiefen des gleichen Modells wie in Abbildung 3, in diesem Fall ist dieses jedoch an ein Kanalnetzmodell gekoppelt. Die ersichtliche entlastende Wirkung der Siedlungsentwässerung deutet auf eine starke Interaktion hin. Hintergrundkarte: Swisstopo, 2019.



**Beispiel Bettingen BS**

Die Gemeinde Bettingen war in der Vergangenheit während diversen Starkregenereignissen von Oberflächenabfluss betroffen. Letzterer konzentriert sich im oberen Teilgebiet der Gemeinde an drei Schlüsselstellen. Von diesen Stellen fliesst das Wasser grösstenteils auf den Strassen weiter durch die Gemeinde und ergiesst sich schlussendlich in den Bettingerbach. Unterwegs werden aber zahlreiche Gebäude direkt vom Wasser berührt, was insbesondere bei abgesenkten Einfahrten und in Kellergeschossen zu Schäden führt. Das implementierte Oberflächenabflussmodell konnte diese Fliesstrasse – sichtbar in Abbildung 5 – gut nachbilden. Im Variantenstudium wurden die Varianten Rückhalt, verbesserte Versickerung mit Teilrückhalt durch Zwischenbecken im Einzugsgebiet und Durchleitung behandelt. Der Rückhalt musste aufgrund der ungünstigen Topografie verworfen werden. Eine verbesserte Versickerung in kleineren Rückhaltebecken erschien die baulich einfachste Variante. Um die Wirkung dieser Massnahme zu überprüfen, wurden die Massnahmen im Modell implementiert und getestet. Aufgrund der hohen Zuflussmenge des Oberflächenabflusses und der zu geringen Rückhaltevolumina musste jedoch auch diese Variante zurückgestellt werden. Dem Modell konnten lokale Abflussganglinien entnommen werden, was eine Dimensionierung von Einlaufbauwerken und eine Durchleitung via Sauberwasserleitung in den Bettingerbach erlaubt. Die Oberflächenabflussmodelle wurden mittlerweile auf umliegende Einzugsgebiete erweitert und werden stark in die Planung der Schutzmassnahmen einbezogen.

**Beispiel Pratteln BL**

Im Gebiet der Rüscheten in Pratteln BL konzentriert sich Oberflächenabfluss aus dem oberhalb liegenden Einzugsgebiet genau zwischen drei bestimmten Gebäuden und führt

relativ häufig zu Schäden. Abbildung 6 zeigt diese Situation anhand einer Fliesstiefenkarte. Um den Schäden entgegenzuwirken wurden ebenfalls Massnahmen wie Rückhalt und Ableitung untersucht. Der Rückhalt oberhalb des Siedlungsgebiets ist nicht realisierbar, da es sich um einen relativ steilen Rutschhang handelt und das benötigte Rückhaltevolumen nicht erreicht werden könnte. Die naheliegendste Methode – die Ableitung im ursprünglichen Bachlauf des Heulenlochbachs – ist nicht mehr möglich, da dieser seit fast 100 Jahren eingedolt, umgeleitet und dessen Verlauf stark überbaut wurde. Somit fehlt eine

delt und das benötigte Rückhaltevolumen nicht erreicht werden könnte. Die naheliegendste Methode – die Ableitung im ursprünglichen Bachlauf des Heulenlochbachs – ist nicht mehr möglich, da dieser seit fast 100 Jahren eingedolt, umgeleitet und dessen Verlauf stark überbaut wurde. Somit fehlt eine

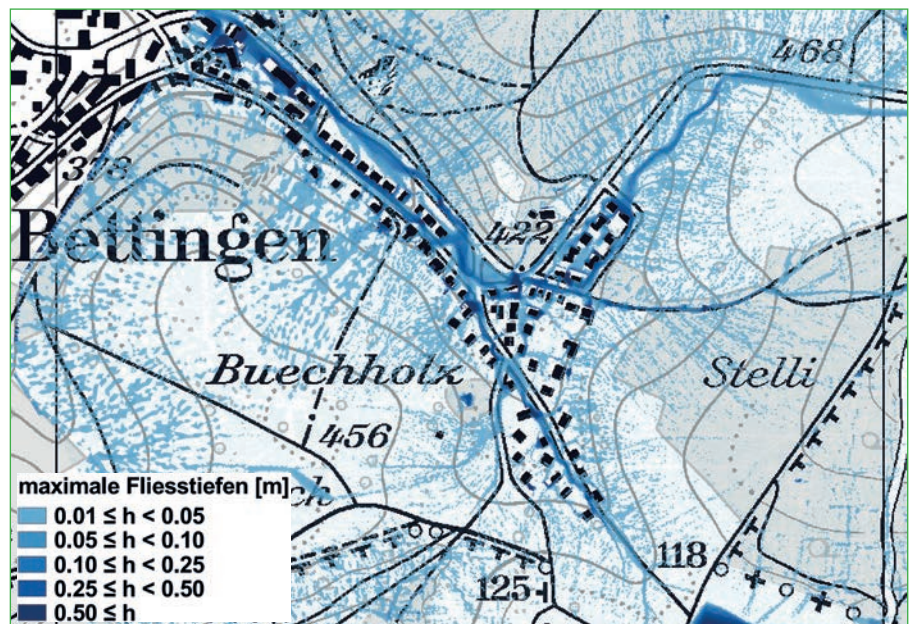


Abbildung 5: Maximale Fliesstiefen eines Oberflächenabflussmodells von Bettingen BS. Das Wasser fliesst im östlichen Gemeindeteil zusammen und dann weiter durch die Gemeinde. Hintergrundkarte: Swisstopo, 2019.

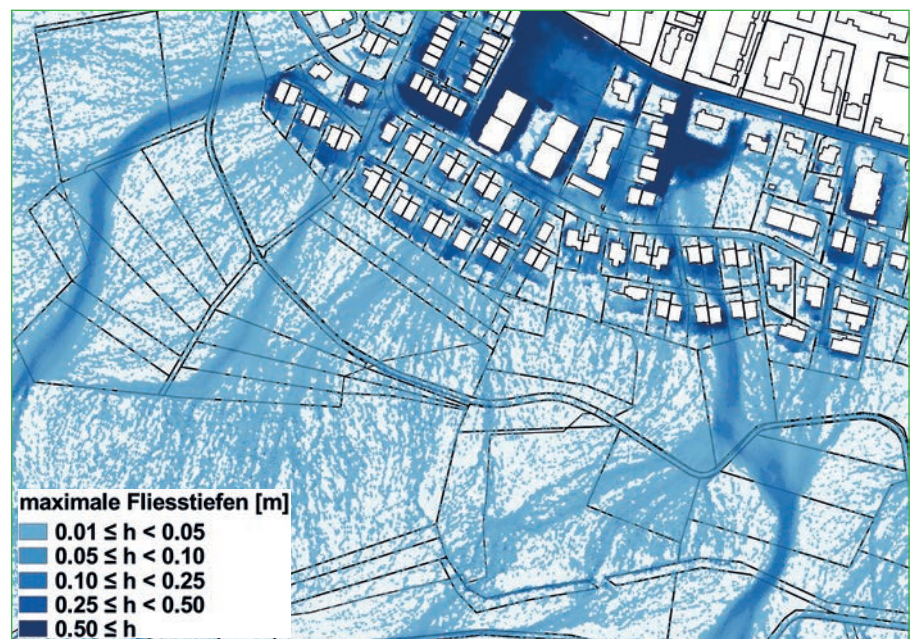


Abbildung 6: Maximale Fliesstiefen eines Oberflächenabflussmodells von Pratteln BL. Oberhalb des Siedlungsgebiets konzentriert sich der Oberflächenabfluss an verschiedenen Stellen und fliesst in Ersteres hinein. Hintergrundkarte: GeoView BL, 2019.

natürliche Ableitung. Das Wasser soll nun im oberen Bereich gefasst werden und in einer unterirdischen Leitung der Kanalisation und später dem Rhein zugeführt werden. Mithilfe des Oberflächenabflussmodells können die benötigten Dimensionen und die Position der Fassungsmaßnahmen berechnet werden sowie auch deren Funktionieren überprüft werden. Um die zusätzliche Belastung der Kanalisation zu quantifizieren, werden die im Oberflächenabflussmodell berechneten Abflussmengen in das Kanalnetzmodell eingespeist.

### Schlussfolgerungen

Die jüngere Vergangenheit zeigte, dass sich viele Gemeinden aus eigener Initiative mit dem Thema Oberflächenabfluss befassen und entsprechende Stellen angehen. Insbesondere auch Gebäudeversicherungen und Hausbesitzer zeigen reges Interesse an Lösungen im Bereich des Gefahrenschutzes und der Schadensbekämpfung. Die Verbindungen mit den

verwandten Fachbereichen Hochwasserschutz und Siedlungsentwässerung sind dabei ein wesentlicher Aspekt. Einerseits können die zugrundeliegenden Prozesse durch deren Interaktionen kaum sinnvoll getrennt werden, andererseits lassen sich so sehr effiziente und zielgerichtete Synergien nutzen. Die integrale Betrachtung der Abflussprozesse bezieht sich somit nicht nur auf die physikalischen Prozesse, sondern auch auf die der administrativen und politischen Ebenen. Das Einbeziehen möglichst aller Betroffenen und Interessensvertreter liegt damit im Sinne einer gemeinsamen Schadensvermeidung. Nicht zuletzt wird den Ingenieuren, Planern und anderen Beteiligten mit der technischen Unterstützung durch numerische Modelle – gekoppelt oder nicht – ein angemessenes und vielseitiges Werkzeug zur Verfügung gestellt, welches auch den Ansprüchen der integralen Gefahrenbetrachtung genügt.

### Referenzen

geo7, 2018: Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz. Technischer Bericht. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweizerischer Versicherungsverband SWV, Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen VKG, 26.06.2018

Maselli, Samuel, 2018: Interaktion von Oberflächenabfluss und Siedlungsentwässerung am Beispiel der Stadt Laufen (BL), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Holinger AG, 10.09.2018

Swisstopo, 2019: Bundesamt für Landestopografie Swisstopo, 2019

Basellandschaftliche Zeitung, 2019: <https://www.basellandschaftlichezeitung.ch/basel/baselbiet/die-grosse-flut-brachte-das-ganztal-in-not-131583404>, 18.03.19

GeoView BL, 2019

# Punktuelle Gefahrenabklärung und Objektschutz vor Oberflächenabfluss an einem Beispiel im Berner Seeland

Hannes Suter <sup>1</sup> (suter@naturgefahr.ch)

<sup>1</sup> Egli Engineering AG, Bern

## Résumé

La carte nationale de l'aléa ruissellement de surface a des limites méthodologiques et parfois, par exemple pour planifier des mesures de protection d'objet à une échelle plus fine, il est nécessaire de vérifier l'information de base pas des clarifications plus approfondies. L'expérience tirée d'un projet dans le Seeland montre que l'investissement dans 1-2 jours de travail par un spécialiste permet de soutenir un maître d'ouvrage de sorte à assurer l'effet réducteur de mesures sur objet.

## Zusammenfassung

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss weist methodische Grenzen auf, weshalb es beispielsweise zur Planung von Objektschutzmassnahmen auf einer detaillierteren Betrachtungsebene nötig ist, die Grundlagendaten mittels genauerer Analysen zu verifizieren. Die Erfahrung aus einem Projekt im Berner Seeland zeigt, dass mit einem Aufwand von 1-2 Arbeitstagen durch einen Spezialisten der Auftraggeber unterstützt werden kann, um die Wirksamkeit einer Objektschutzmassnahme zu gewährleisten.

## Einleitung

Die Egli Engineering AG wurde im Frühling 2018 von einem privaten Auftraggeber um eine Objektschutzberatung angefragt. Die Anfrage erfolgte unter anderem aufgrund eines Gewitterereignisses mit anschliessendem Oberflächenabfluss, welches die Parzelle während der Bauphase partiell überflutete. Ziel der Beratung war es, in einem ersten

Schritt die Gefährdung durch Oberflächenabfluss zu analysieren und in einem zweiten Schritt mögliche Schutzmassnahmen dem Bauherren vorzuschlagen. Da die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zum Zeitpunkt des Projektbeginns noch nicht veröffentlicht war, konnten keine Vorannahmen bezüglich der modellierten Gefährdung getroffen werden.

## Methodik

Um die Gefährdung durch Oberflächenabfluss zu analysieren und geeignete Schutzmassnahmen zu dimensionieren wurde die Abklärung gemäss der Methodik Punktuelle Gefahrenabklärung Oberflächenwasser (Rütti- mann 2010) durchgeführt. Die Analyse erfolgte in 7 Schritten:

1. Grundlagenbeschaffung
2. Abgrenzung von Einzugsgebieten
3. Feldbegehung
4. Definition Szenarien
5. Bestimmung Niederschlagsmengen
6. Ermittlung des Abflusses
7. Darstellung der Ergebnisse

Diese 7 Schritte sind in der Methodik (Rütti- mann 2010) ausführlich beschrieben. Weiter werden die einzelnen Schritte anhand des Beispiels kurz illustriert.

### Grundlagenbeschaffung

Um eine Übersicht des Untersuchungsgebietes zu erhalten, wurde das Geoportal des Bundes (geo.admin.ch) für den Übersichtsplan mit Hangneigung sowie die online verfügbare Bodenkarte des Kantons Bern für eine erste Ab-

schätzung der Bodenmächtigkeiten genutzt.

### Abgrenzung von Einzugsgebieten

Anhand der Übersicht des Untersuchungsgebietes wurde das mögliche Einzugsgebiet, welches potentiell zum Oberflächenabfluss an der zu untersuchenden Parzelle beiträgt, grossräumig bestimmt und in Teileinzugsgebiete eingeteilt. Diese Bestimmung des Gesamteinzugsgebietes dient als Grundlage für die Feldbegehung.

### Feldbegehung

Im Feld wurde die Fläche des Einzugsgebietes abgegrenzt und die primären Fliesswege des Oberflächenabflusses bestimmt. Ein spezielles Augenmerk wurde auf relevante Elemente wie Mauern oder Dämme gelegt, welche die Fliesswege massgeblich beeinflussen können. Weiter wurden die historischen Ereignisse durch Kurzbefragung langjähriger Anwohner, sowie durch die Aufnahme von stummen Zeugen (Objektschutzmassnahmen gegen Oberflächenabfluss an Nachbargebäuden) ermittelt. Da die betroffene Parzelle direkt unterhalb einer landwirtschaftlich genutzten Fläche liegt, wurde die Bodenmächtigkeit zur Bestimmung des Speichervolumens bestimmt. Da bereits ab ca. 0.3 m ein stark tonhaltiger und nicht mehr durchwurzelter Horizont vorlag, kann davon ausgegangen werden, dass auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche Niederschlag schnell zum Abfluss kommt. Der Abflussbeiwert für diese Fläche wurde auf 0.35 bis 0.55 gesetzt. Für die beitragenden Dachflächen wurde der Abflussbeiwert auf 1 gesetzt. Insgesamt

samt tragen rund 1300 m<sup>2</sup> zum Abfluss bei.

### Definition Szenarien

Das Szenario wurde als Gewitterregen ohne das Unterszenario Hagelschlag betrachtet. Die Auswahl erfolgt primär auf Basis der Methodik: Das Einzugsgebiet weist primär „oberflächennahe Infiltrationshemmnisse auf“ (Tonschicht auf bereits 0.3 m) und die Entwässerung hat „keinen grossen Einfluss auf die dem untersuchten Punkt zufließende Wassermenge“. Diese Einstufung wird verifiziert durch die Beschreibung des Ereignisses, welches bereits während der Bauphase zu einer Betroffenheit der Parzelle führte, sowie durch die Aussagen der Anwohnenden zu allgemeinen Ereignissen, welche in der Gemeinde zu Oberflächenabfluss führten.

### Bestimmung Niederschlagsmengen

Für die Gewitterregen werden die 10-Minuten-Starkregen aus (Egli 2007) verwendet. Da für die betroffene Gemeinde keine lokalen Werte vorhanden sind, werden diese aus den umliegenden Stationen interpoliert: Regenspende  $r$  [l/sm<sup>2</sup>] für ein 100-jährliches Gewitterereignis für Bern/Zollikofen (0.041) und Neuchâtel (0.053) von 10 Minuten Dauer.

### Ermittlung des Abflusses

Der Abfluss wurde nun gemäss Hilfstabellen der Methodik aus den Abflussbeiwerten der beitragenden Flächen (0.35 bis 0.55 resp. 1), den entsprechenden Flächen (1300 m<sup>2</sup>) und den Regenspenden (Minimalwert: 0.041 l/sm<sup>2</sup>, Maximalwert 0.053 l/sm<sup>2</sup>) ermittelt.

### Darstellung der Ergebnisse

Die Resultate wurden tabellarisch als Abflusswerte pro Szenario dargestellt. Auf eine kartografische Darstellung wurde verzichtet.

## Resultate

### Abfluss

Die Berechnungen ergeben für ein 100-jährliches Gewitterereignis einen minimalen Abfluss von 33 l/s und einen maximalen Abfluss von 50 l/s.

### Grobkonzept

Um das Gebäude vor der maximalen Abflussmenge zu schützen, wurden permanente Massnahmen empfohlen. Der Abfluss soll an der Parzellengrenze über eine offene und befestigte Rinne gefasst, entlang der Parzellengrenze durchgeleitet und am Parzellenfuss schadlos abgeleitet werden. Die Empfehlung zur offenen Rinne hat den Vorteil, dass sie einfach zu reinigen ist und mögliche Verlandungen schnell erkannt werden. Die Dimensionierung der Rinne wurde bei einem Gefälle von 3% auf 0.25 m x 0.25 m angesetzt. Weiter wurde empfohlen, das Terrain vom Haus weg abfallend zu gestalten, um Niederschlag, welcher auf dem Grundstück fällt, gefahrlos abzuleiten.

## Diskussion und Fazit

Nach Abschluss der Gefahrenbeurteilung wurde die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss publiziert (BAFU 2018). Die Karte zeigt auf der untersuchten Parzelle keine Gefährdung an. Dies zeigt, dass sich eine umsichtige Planung von Objektschutzmassnahmen nicht alleine auf die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss

stützen darf, sondern diese Grundlagen durch eine tiefergehende Abklärung verifiziert bzw. falsifiziert werden müssen.

Die Wegleitung punktuelle Gefahrenabklärung Oberflächenwasser eignet sich gut zur vertieften Gefahrenanalyse von Oberflächenabfluss. Die Resultate der Analyse liegen als Abflussmenge vor und können im Bedarfsfall einfach in Abflusstiefe und Fließgeschwindigkeit umgerechnet werden. Diese Daten bieten die solide und nachvollziehbare Grundlage für die Planung der beschriebenen Objektschutzmassnahmen. Der Aufwand für die Untersuchung hält sich mit 1 bis maximal 2 Arbeitstagen in Grenzen.

Weiter zeigen die Erfahrungen aus dem Projekt im Seeland, dass eine verstärkte Unterstützung der Bauherren bei der Realisierung der Objektschutzmassnahmen sinnvoll sein kann, um die risikomindernde Funktion der Massnahmen sicherzustellen.

## Quellen

BAFU (2018). Gefährdungskarte Oberflächenabfluss. Abteilung Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt. Bern

Egli, T. (2007): Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen, Bern

Rüttimann, D., Egli, T. (2010): «Wegleitung punktuelle Gefahrenabklärung Oberflächenwasser», Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen, St. Gallen

# Die neuen Schweizer Klimaszenarien CH2018

Cornelia Schwierz<sup>1</sup> ([cornelia.schwierz@meteoschweiz.ch](mailto:cornelia.schwierz@meteoschweiz.ch))  
Andreas Fischer<sup>1</sup> ([andreas.fischer@meteoschweiz.ch](mailto:andreas.fischer@meteoschweiz.ch))

<sup>1</sup> Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Abteilung Klima, Zürich

## Résumé

La Suisse est un pays alpin, et ainsi particulièrement exposée au changement climatique et aux dangers naturels qui y sont liés. Les effets se ressentent aujourd'hui déjà : depuis le début des mesures, la température a augmenté de deux degrés et les fortes précipitations sont plus fréquentes et plus intenses. Les nouveaux scénarios climatiques CD2018 montrent l'évolution possible à futur. Parmi les quatre changements principaux dans les prochaines décennies, on compte l'augmentation des jours de canicule et des températures maximales, l'augmentation des précipitations fortes et extrêmes, des étés plus secs et l'élévation de la limite du degré zéro, ce qui aura comme conséquence que les précipitations hivernales prendront plus souvent la forme de pluie que de neige. Comme le réchauffement climatique est causé par l'humain, il est de notre pouvoir de le limiter. L'ampleur du réchauffement peut être réduite de deux tiers d'ici la fin du siècle par une protection climatique conséquente. Néanmoins et dans tous les cas, la prise de mesures d'adaptation au changement climatique reste nécessaire. Pour cela, les décideuses et décideurs d'une part peuvent recourir à un savoir précis sur les aléas aujourd'hui existants et découlant d'événements météorologiques, et d'autre part les nouveaux scénarios climatiques mettent à disposition un vaste catalogue de produits, informations et matériels pour la pratique.

## Zusammenfassung

Die Schweiz ist als Alpenland dem Klimawandel und den damit verbundenen Naturgefahren besonders ausgesetzt. Die Auswirkungen sind bereits heute spürbar: seit Messbeginn 1864 hat sich die Temperatur um zwei Grad erwärmt und Starkniederschläge werden häufiger und intensiver. Die neuen Klimaszenarien CH2018 zeigen auf, wie sich die Entwicklung in Zukunft fortsetzen kann. Zu den erwarteten vier Hauptveränderungen in den nächsten Jahrzehnten zählen die Zunahme der Hitzetage und Höchsttemperaturen, die Zunahme von Stark- und Extremniederschlägen, trockenere Sommer sowie das Ansteigen der Nullgradgrenze, wodurch Winterniederschlag vermehrt als Regen denn als Schnee niedergeht. Da die beobachtete Klimaerwärmung durch den Menschen verursacht wird, liegt es in unserer Hand, sie zu begrenzen. Mit konsequentem Klimaschutz lässt sich das Ausmass der Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts um zwei Drittel reduzieren. Massnahmen für Anpassungen an den Klimawandel und dessen Folgen bleiben aber in jedem Fall notwendig. Dafür können Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger zum einen auf genaues Wissen über die bereits heute vorhandene Gefährdung durch meteorologische Ereignisse zurückgreifen, zum anderen steht mit den neuen Klimaszenarien ein umfangreicher Katalog aus Produkten, Informationen und Materialien für die Praxis zur Verfügung.

## Der Klimawandel findet statt

Bereits heute spüren wir die Auswirkungen der fortschreitenden Klimaerwärmung. So hat die bodennahe Lufttemperatur in der Schweiz über die letzten 150 Jahre um etwa zwei Grad Celsius zugenommen. Die Erwärmung ist damit deutlich stärker als der weltweite Durchschnitt.

Als Folge kommt es heute beispielsweise zu häufigeren und wärmeren Hitzeperioden als früher. Seit 1970 hat die Anzahl der jährlichen Schneefalltage auf 2000 Meter über Meer um 20 Prozent abgenommen. Unterhalb von 800 Meter über Meer schneit es heute sogar nur noch halb so oft wie damals. Eindeutig erkennen lassen sich in bisherigen Messreihen auch eine Zunahme in der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen. Besonders augenscheinlich ist die Erwärmung im Alpenraum auch durch den markanten Rückzug der Gebirgsgletscher. Über einige Naturgefahren lassen sich aus den Beobachtungen keine eindeutigen Trendaussagen machen. Dazu zählen vor allem kleinräumig oder relativ selten auftretende Phänomene, die schwer zu beobachten oder zu modellieren sind, wie beispielsweise Hagel, Gewitter oder Tornados. Ausführliche Informationen zu den beobachteten Änderungen und der heute vorhandenen Bandbreite der möglichen Gefährdung finden sich auf den Klima-Webseiten der MeteoSchweiz <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima.html>.

## Klimaszenarien als wichtige Planungsgrundlage - eine nationale Aufgabe

Neben Massnahmen zur Verminderung der Emissionen wird sich die Schweiz an den Klimawandel und deren Folgen anpassen müssen – selbst wenn die Erwärmung global auf zwei Grad Celsius gegenüber vor-industriell begrenzt wird. Es ist deshalb wichtig zu wissen, wo und wie der Klimawandel unser Land trifft. Um dieses Wissen zu verbessern und um Entscheidungsträgern die jeweils aktuellsten Planungsgrundlagen für Anpassungen an den Klimawandel zu liefern, hat das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz seit 2014 den Auftrag des Bundes, regelmässig nationale Klimaszenarien zu berechnen (siehe Massnahme wg1 im [Aktionsplan](#) 2014-2019).

Die neuen Klimaszenarien CH2018 beschreiben, wie sich unser Klima bis Mitte dieses Jahrhunderts und darüber hinaus verändern kann und wurden zusammen mit der ETH Zürich und der Universität Bern unter Mitwirkung von ProClim erstellt. Am 13. November 2018 wurden sie an der ETH Zürich veröffentlicht. Sie sind ein Themenschwerpunkt des National Centre for Climate Services (NCCS, [www.nccs.ch](http://www.nccs.ch)), welches Klimadienleistungen bündelt, Bedürfnisse identifiziert und Akteure vernetzt. Das NCCS vertreibt die Klimaszenarien als einheitliche Produktpalette, welche in Zusammenarbeit mit Anwendern entwickelt wurde.

## Die Hauptresultate im Überblick

Die zukünftige Klimaentwicklung in der Schweiz ist stark abhängig vom zukünftigen Ausstoss globaler Treibhausgase. Nachfolgend werden vier absehbare Folgen eines ungebremsten Klimawandels besprochen (vgl. auch Abbildung 1). Die Zahlenangaben beziehen sich auf den Zeitraum bis Mitte des Jahrhunderts:

### Trockene Sommer

Langfristig wird die mittlere Niederschlagsmenge in den Sommermonaten abnehmen. Mitte des Jahrhunderts ist bis zu 25 Prozent weniger Niederschlag möglich. Es gibt weniger Regentage, und die längste niederschlagsfreie Periode dauert länger. Gleichzeitig nimmt die Verdunstung zu. Dementsprechend werden die Böden trockener.



### Mehr Hitzetage

Noch erheblich stärker als die Durchschnittstemperaturen steigen die Höchsttemperaturen im Sommer. Die Jahreshöchsttemperaturen könnten Mitte Jahrhundert um +2°C bis +5,5°C höher liegen als heute. Hitzewellen werden häufiger und extremer. Am grössten ist die Hitzebelastung in den bevölkerungsreichen städtischen Gebieten in tiefen Lagen.

Im Mittelland und in den Alpentälern steigt das Thermometer vermehrt über die 30-Grad-Marke, die einen „Hitzetag“ kennzeichnet. Aber auch nachts wird die Erwärmung zukünftig stärker spürbar sein: Vermehrte Tropennächte in tiefen Lagen sind eine Folge dieser Entwicklung.



### Heftige Niederschläge

Einzelne Starkniederschläge werden in Zukunft wahrscheinlich merklich häufiger und intensiver auftreten als wir es heute erleben. Dies betrifft alle Jahreszeiten. Im Sommer werden also Einzelergebnisse trotz abnehmender mittlerer Nie-



derschlagssummen stärker. Auch sehr seltene Niederschlagsereignisse, wie sie etwa einmal in 100 Jahren eintreten, verstärken sich: Mitte Jahrhundert ist mit 10 bis 20 Prozent heftigeren Niederschlägen zu rechnen.

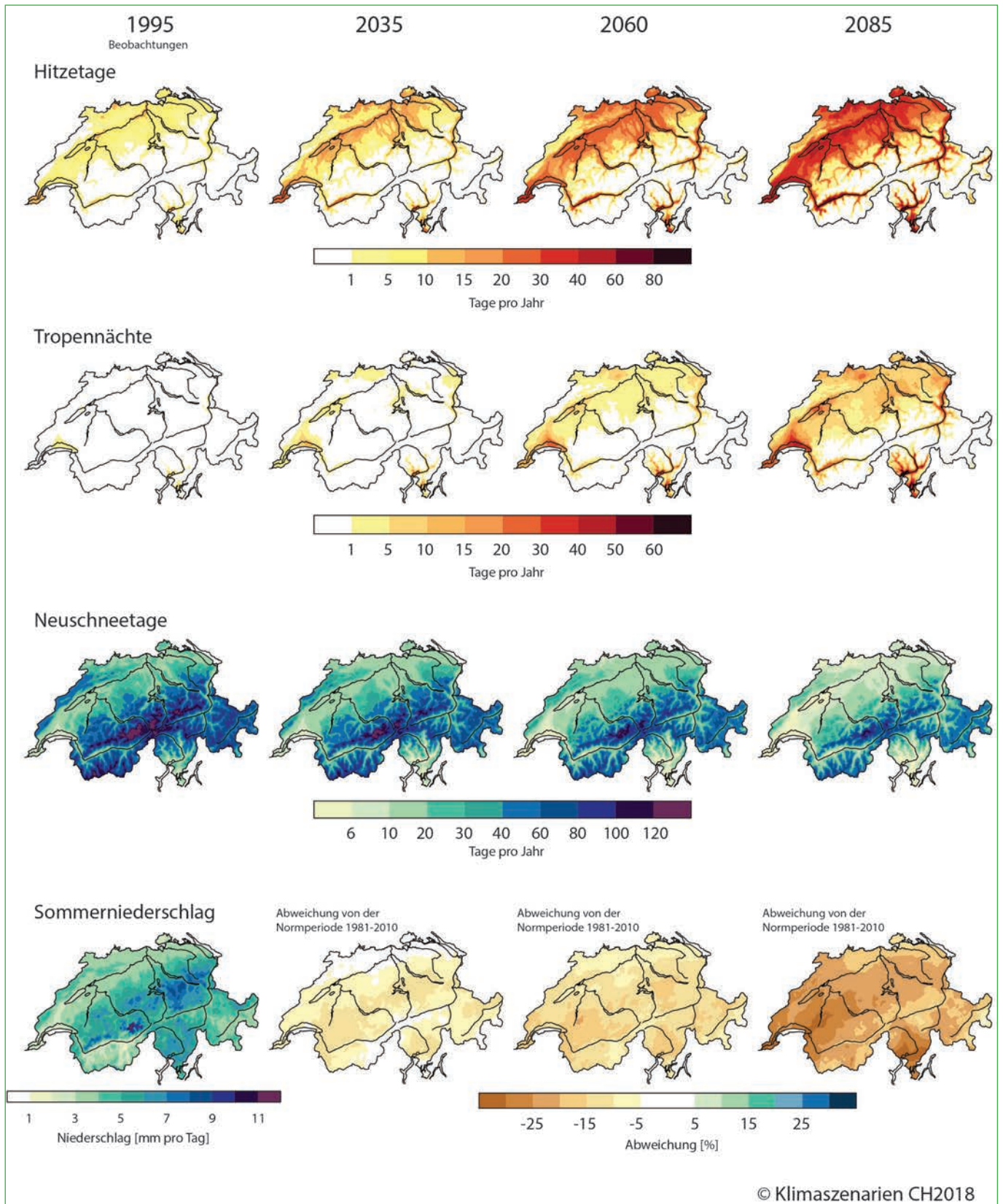
### Schneearme Winter

Auch die Winter sind Mitte des Jahrhunderts deutlich wärmer als heute, im Durchschnitt etwa 2 bis 3,5 Grad. Zwar fällt mehr Niederschlag – aber eher als Regen, weil die Nullgradgrenze von heute 850 Meter über Meer auf 1250 bis 1500 Meter über Meer klettert. In tieferen Lagen schneit es seltener und weniger. Entsprechend stark werden die schneereichen Gebiete der Schweiz schrumpfen. Über das ganze Jahr betrachtet gibt es landesweit weniger Tage mit Neuschnee in der Schweiz. Im Mittelland wird unterhalb von 400 Meter über Meer ein Rückgang von heute im Schnitt 13 Neuschneetagen auf 8 Tage erwartet.



## Umgang mit extremen Niederschlägen

Ein spezielles Augenmerk für die Naturgefahrenprävention liegt auf Änderungen in Extremereignissen. Hierzu finden sich in den Klimaszenarien CH2018 erstmals quantitative Angaben. Neben den oben erwähnten Hitzeextremen sind vor allem die Niederschlagsextreme relevant. Ohne Klimaschutzmassnahmen wird für die Stärke des 100-jährigen Niederschlagsereignisses eine Zunahme um 10 bis 20 Prozent erwartet. Die Unsicherheiten solcher Schätzungen sind jedoch gross. Wie kann in der Praxis damit umgegangen werden? Hier hilft ein Vergleich mit der Bandbreite der heute auftretenden Extremwerte. Bei Niederschlags-extremen mit langen Wiederkehrperioden (z.B. 100-jähriges Ereignis) deckt die mögliche



© Klimaszenarien CH2018

Abbildung 1: Anzahl Hitzetage, Tropennächte, Neuschneetage und Sommerniederschlag für die Zeiträume heute (1981-2010), um 2035 (2020-2049), 2060 (2045-2074) und 2085 (2070-2099). Gezeigt sind die Entwicklungen für ein Emissionsszenario ohne globale Klimaschutzmassnahmen (RCP8.5-Szenario, mittlere Schätzung). Für den Sommerniederschlag sind für die Zukunft die relativen Abweichungen (in %) dargestellt.

Bandbreite der geschätzten Wiederkehrwerte für das aktuelle Klima oft den im 21. Jahrhundert erwarteten Klimawandel ab - daher wird empfohlen, die Nutzung der heute geschätzten Unsicherheiten als ersten Schritt zur Anpassung an den Klimawandel in Betracht zu ziehen. Das Portal [www.climate-extremes.ch](http://www.climate-extremes.ch) ermöglicht die Klassifizierung von extremen Niederschlagsereignissen und stellt die entsprechenden Grundlagendaten für Planung und Dimensionierung frei zur Verfügung. Es wurde in einer Kooperation vom Bundesamt für Umwelt und dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz erstellt. Die Inhalte wurden im Jahr 2018 aktualisiert und erweitert. So stellt das Portal neu beispielsweise räumliche Informationen (Rasterkarten) zu Wiederkehrwerten von Tagesniederschlag und deren Unsicherheiten zur Verfügung. Bis 2020 werden weitere räumliche Informationen folgen, insbesondere über kürzere Niederschlagsereignisse.

Wie sich die Veränderungen aus den Klimaszenarien auf Wasserressourcen und hydrologische Naturgefahren übertragen, wird im aktuell laufenden Projekt Hydro-CH2018 erarbeitet. Die Ergebnisse werden im Herbst 2020 veröffentlicht. Mehr Information zu diesem Projekt findet sich auf der Webplattform des NCCS unter [www.nccs.ch](http://www.nccs.ch) → Das NCCS → Themenschwerpunkte → Hydrologische Grundlagen zum Klimawandel.

## Klimaschutz wirkt

Die neuen Klimaszenarien (vgl. Abbildung 2) zeigen auch das Potential von weltweiten Klimaschutzanstrengungen auf: Eine umfassende Senkung des weltweiten Treibhausgasanstosses könnte den Klimawandel wirksam eindämmen. So liessen sich bis Mitte des 21. Jahrhunderts die Hälfte, bis Ende Jahrhundert zwei Drittel der Klimaveränderungen in der Schweiz vermeiden. Zwar würden die Temperaturen auch in der Schweiz weiter steigen,

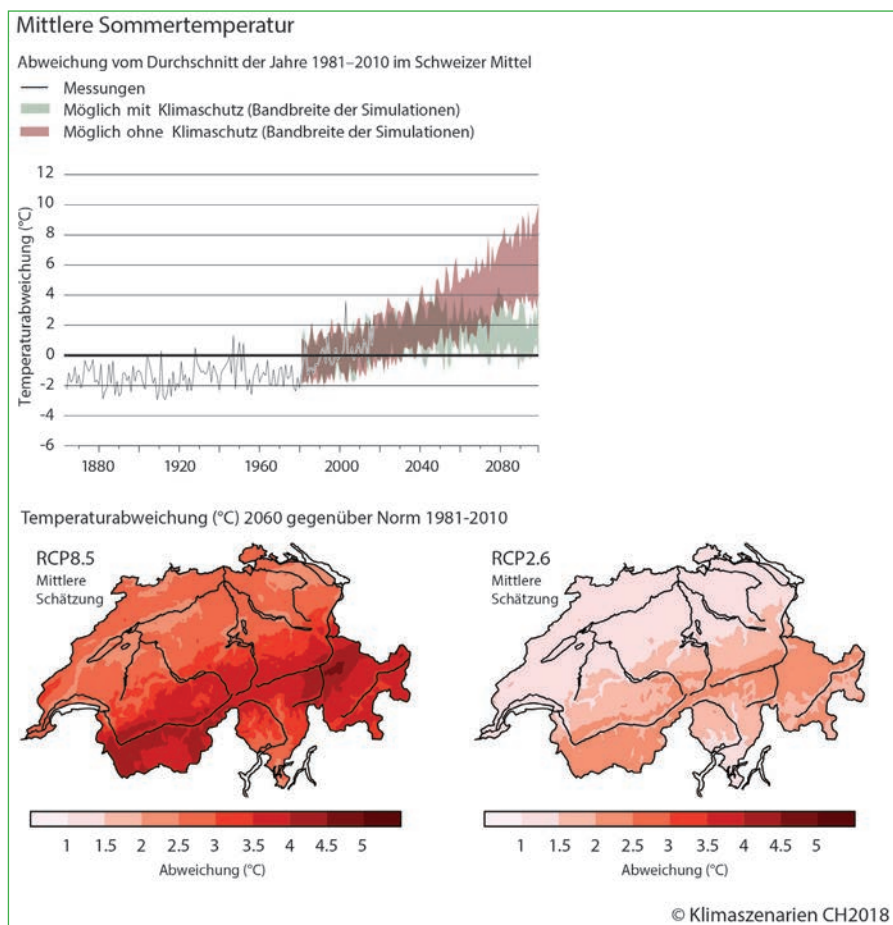


Abbildung 2: Oben: Gemessener und projizierter Verlauf der Sommertemperatur (Monate Juli bis August) von 1864-2100 über der Schweiz als Abweichung gegenüber 1981-2010. Unten: Absolute Änderung der Temperatur (°C) im Sommer für den Zeitraum um 2060 gegenüber heutigen Normwerten (1981-2010). Gezeigt sind die Änderungen für ein Emissionsszenario ohne globale Klimaschutzmassnahmen (RCP8.5-Szenario, links) und mit konsequentem Klimaschutz (RCP2.6-Szenario, rechts).

aber viel weniger als wenn die Emissionen unvermindert zunehmen.

## Die Produkte im Überblick

Die neuen Klimaszenarien CH2018 erlauben den bisher genauesten Blick in die Klimazukunft unseres Landes. Sie bestätigen und erweitern dabei das in den vorausgegangenen Untersuchungen aus den Jahren 2007 und 2011 gezeichnete Bild des Klimawandels in der Schweiz. Neu gibt es für verschiedene, bislang nur qualitativ bekannte Trends auch konkrete Werte, so etwa für Niederschlags-extreme. Zudem repräsentieren die neuen Kli-

maszenarien wieder den aktuellsten Stand der Wissenschaft, berücksichtigen die Erkenntnisse aus dem fünften Sachstandsbericht des IPCC Weltklimarats und basieren auf den aktuellsten Klimasimulationen.

Erstmals wurden die neuen Klimaszenarien in enger Zusammenarbeit mit Nutzern entwickelt. Als Resultat ist eine breite Palette von verschiedenen Produkten entstanden, welche verschiedene Nutzertypen ansprechen. Spezielles Augenmerk wurde auf die konsequente Ausrichtung der Produkte nach Nutzer-Bedürfnissen gelegt. Nachfolgend werden die Hauptprodukte vorgestellt:



**Technischer Grundlagenbericht**

Der auf Englisch gehaltene technische Grundlagenbericht ist das wissenschaftliche Fundament der neuen Klimaszenarien und Grundlage aller weiteren Kommunikationsmassnahmen. In elf Kapiteln behandelt der Bericht Methoden und Resultate der Klimaentwicklung in der Schweiz im Detail. Eine Zusammenfassung (Executive Summary) fasst die Hauptkenntnisse des Berichts auf sieben Seiten zusammen (→ Link zum [Download](#)).



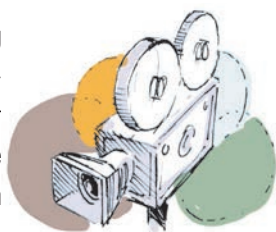
**Broschüre**

Die Broschüre liefert Anwendern aus der Praxis in kommunikativ aufbereiteter Form die wichtigsten Erkenntnisse zu den neuen Schweizer Klimaszenarien. Der Inhalt ist so strukturiert, dass er selektiv gelesen werden kann. Eine Infografik zu Beginn vermittelt die wichtigsten Botschaften und Zahlen auf einer Doppelseite (→ Link zum [Download](#)).



**Videos**

Zur Verbreitung der Hauptergebnisse über verschiedene Kanäle wurden ein Erklärvideo und Videostatements produziert. Das [Erklärvideo](#) vermittelt die Hauptbotschaften analog zur Infografik in der Broschüre in animierter Form. Die vier [Videostatements](#) von Klimaszenarien-Experten beleuchten Teilaspekte der Ergebnisse.



**Website**

Auf der Website [www.nccs.ch](http://www.nccs.ch) finden Anwender umfangreiche Informationen und Datensätze zur zukünftigen Klimaänderung. Neben den Hauptergebnissen werden hier u.a. Informationen zum zukünftigen Klima für fünf Grossregionen der Schweiz beschrieben. Diese Aufbereitung der Information ist angelehnt an den Bericht "Klimaszenarien Schweiz - eine regionale Übersicht", der für die erste Phase des BAFU Pilotprogramms zur Klimaanpassung verfasst wurde und auf den früheren Klimaszenarien CH2011 basierte.



**Webatlas**

Der [CH2018-Webatlas](#) umfasst eine umfangreiche Sammlung von standardisierten Grafiken zur interaktiven Erkundung. Hier finden Anwender Antworten auf spezifische Fragestellungen. Der Webatlas umfasst alle Regionen und Standorte, alle Jahreszeiten, alle zukünftigen Zeitperioden und alle Emissionsszenarien, für die Berechnungen vorliegen (z.B. zusätzlich ein mittleres Emissionsszenario RCP4.5). Sieben verschiedene grafische Darstellungstypen heben unterschiedliche Aspekte der Klimaszenarien hervor.



**Daten**

Eine Reihe von [Klimaszenario-Datensätzen](#) steht für die Verwendung in der Klimafolgenforschung und in weiteren Praxis-Anwendungen zur



Verfügung. Die Daten sind kostenlos unter den Lizenz-Bedingungen CC BY 4.0<sup>1</sup> zu beziehen. Die Datensätze fallen in zwei Kategorien: (a) Daten für die Praxis, welche über den Webatlas vertrieben werden und (b) Daten für Forschende.

Diese Produkte und die Informationen aus den neuen Schweizer Klimaszenarien bilden die Grundlage für die Entwicklung weiterer sektorrelevanter Klimadienstleistungen innerhalb und ausserhalb des NCCS, die sich mit den Auswirkungen des Klimas auf Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft beschäftigen. Diese Erkenntnisse ermöglichen die Entwicklung klimakompatibler und präziser Massnahmen in der Anpassung an den Klimawandel und im Klimaschutz.

Entscheidend für die erfolgreiche Weiterentwicklung der Schweizer Klimaszenarien wird die konsequente Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse sein. Dieser regelmässige Austausch zwischen Produzenten und Anwendern von Klimadienstleistungen ist die vordringliche Aufgabe des National Centre for Climate Services (NCCS) in den kommenden Jahren.

<sup>1</sup> <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# Beurteilen und entscheiden in akuten Gefahrensituationen

Nils Hählen<sup>1</sup> (nils.haehlen@vol.be.ch)  
 Catherine Berger<sup>2</sup> (catherine.berger@geo7.ch)  
 Urs Hunziker<sup>3</sup> (urs.hunziker@ow.ch)

<sup>1</sup> Amt für Wald des Kantons Bern, Abteilung Naturgefahren, Interlaken

<sup>2</sup> geo7 AG, geowissenschaftliches Büro, Bern

<sup>3</sup> Amt für Wald und Landschaft Kanton Obwalden, Abteilung Naturgefahren, Sarnen

## Résumé

Les processus de décisions sont un outil important pour divers catégories de professions quand il s'agit de prendre des décisions de manière structurée en situation de stress. Un tel processus, adapté aux situations aiguës de dangers naturels, a été discuté au cours d'automne 2018 de la FAN. Les résultats de cette discussion ont été intégrés dans un processus de décision pour les spécialistes des dangers naturels. Un guide de poche, disponible en allemand et en français, décrivant ce processus est joint à la présente édition de l'Agenda-FAN. L'acronyme SOR-DEC résume les différentes étapes du processus décisionnel: S (situation catch) apprécie la situation, O (options) recueille des options d'action, R (rating) évalue les options d'action, D (decision) décide d'une option, E (execution) mise en œuvre de l'option choisie et C (controlling) contrôle. Souvent, les spécialistes des dangers naturels se concentreront principalement sur l'évaluation de la situation (S), la recherche d'options (O) et l'évaluation de ces options (R). SOR-DEC est conçu pour les situations aiguës. Néanmoins, il peut s'appliquer aux prises de décision quotidiennes. La pratique régulière de ce processus, typiquement dans des situations quotidiennes, aura automatiquement un effet formateur.

## Zusammenfassung

Entscheidungsprozeduren sind in verschiedenen Berufsgruppen ein wichtiges Hilfsmittel, um unter Stress strukturiert Entscheidungen zu treffen. Anlässlich des FAN-Herbstkurses

2018 wurde eine solche Entscheidungsprozedur für akute Naturgefahren-Situationen diskutiert. Die Ergebnisse der Diskussion sind in eine eigene Entscheidungsprozedur für Naturgefahren-Fachleute eingeflossen, welche in Form einer Taschenkarte auf Deutsch und Französisch dieser FAN-Agenda beiliegt. Das Akronym SOR-DEC fasst dabei die einzelnen Schritte zusammen: S (situation catch) Situationsbeurteilung, O (options) Handlungsoptionen, R (rating) Bewertung der Handlungsoptionen, D (decision) Entscheidung, E (execution) Ausführung und C (controlling) Kontrolle. Der Schwerpunkt der Naturgefahren-Fachleute dürfte meistens auf den Schritten der Situationsbeurteilung (S) sowie der Ausarbeitung (O) und Bewertung (R) von Handlungsmöglichkeiten liegen. SOR-DEC ist zwar für akute Situationen gedacht, aber es lässt sich auch bei Entscheidungssituationen im Alltag einsetzen. Durch die regelmässige Anwendung, findet automatisch ein Training statt.

## Einleitung

Der FAN-Herbstkurs 2018 hat sich dem Thema «Umgang mit akuten Gefahrensituationen» gewidmet. Unter einer akuten Gefahrensituation im Zusammenhang mit gravitativen Naturgefahren wurde dabei eine Situation verstanden, bei der ein gefährliches Ereignis

- unmittelbar bevorsteht,
- bereits im Gange ist oder
- kurz zuvor eingetreten ist und weitere Prozesse auftreten können (Hählen 2018).

Akute Gefahrensituationen zeichnen sich da-

durch aus, dass sie meist unerwartet auftreten und zumindest zu Beginn unübersichtlich sein können. Verschiedene akute Gefahrensituationen lassen sich häufig kaum miteinander vergleichen. Daher gibt es für die anstehenden Probleme keine Standardlösungen. Das einzige gemeinsame Kennzeichen aller kritischen Situationen ist der Entscheidungsbedarf (Hofinger 2013). Entscheidungen sind in solchen Fällen immer eine Gratwanderung zwischen Gründlichkeit und Schnelligkeit und müssen oft unter Unsicherheit und unzureichenden Informationen getroffen werden (Thielmann, Hofinger 2016). Ein strukturiertes Vorgehen nach einem für alle Beteiligten bekannten Schema und die bewusste Abhandlung einzelner Schritte hin zu einer Entscheidungsfindung haben daher grosse Bedeutung und helfen Fehler zu verhindern. Aus diesem Grund gibt es in verschiedenen Berufsbereichen (z.B. Luftfahrt, Notfallmedizin) definierte Entscheidungsprozeduren, die regelmässig trainiert werden, damit sie im Bedarfsfall sitzen. Hintergrundinformation zu solchen Entscheidungsprozeduren sind beispielsweise in Hofinger et al. (2013) oder Soll et al. (2016) zu finden.

In einem Workshop anlässlich des FAN-Herbstkurses 2018 haben sich die Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer mit einer Entscheidungsprozedur für Naturgefahren-Fachleute befasst. Nach einem Aufruf unter allen Kursteilnehmerinnen und -teilnehmern haben sich die Autoren dieses Artikels der Überarbeitung der am Kurs vorgestellten Entscheidungsprozedur angenommen. Grundlagen dafür waren

die zahlreichen Rückmeldungen aus der Gruppenübung sowie Entscheidungsabläufe aus verwandten Themenbereichen.

### Zielgruppe

Die Entscheidungsprozedur der FAN liegt in Form einer Taschenkarte vor und richtet sich an Naturgefahren-Fachleute. In akuten Gefahrensituationen sind meist sehr viele Akteure involviert. Die Führung bei solchen Ereignissen liegt in der Regel bei der Polizei, Feuerwehr oder einem Führungsstab. Die verschiedenen Akteure haben unterschiedliche Entscheidungsprozeduren, wie dies u.a. der Abbildung 1 entnommen werden kann. Viele Punkte sind bei den verschiedenen Prozeduren ähnlich, aber es gibt doch einige Unterschiede. Beispielsweise beinhaltet die Prozedur der Feuerwehr (vgl. FKS 2015) keinen Punkt für die Suche und Evaluation von möglichen Massnahmen und die Prozedur des Bevölkerungsschutzes (vgl. BABS 2010) weist viele Teilschritte auf.

Anlässlich des Workshops am Herbstkurs

wurde in verschiedenen Gruppen diskutiert, ob für Naturgefahren-Fachleute eine eigene Prozedur geschaffen oder ob auf ein bestehendes Schema zurückgegriffen werden soll. Das Ziel der vorliegenden Prozedur ist es nicht, bestehende Prozeduren anderer Akteure zu ersetzen. Es ist zudem keine Prozedur, welche für alle Beteiligten bei einer akuten Gefahrensituation gelten soll. Sie soll lediglich den Naturgefahren-Fachleuten helfen, strukturiert Entscheidungen in ihrem Aufgabenbereich zu treffen und ein gemeinsames Verständnis für die einzelnen Schritte zu fördern, sodass die Kommunikation im Ereignisfall erleichtert wird.

### Entscheidungsprozedur

Die Autoren haben es als hilfreich empfunden, dass ein leicht zu merkendes Akronym als Gedankenstütze für die einzelnen Schritte der Entscheidungsfindung besteht. Die Entscheidungsprozedur für Naturgefahren-Fachleute baut daher auf der Prozedur SPORDEC der Swiss International Air Lines auf. SPORDEC steht dabei für:

- S Situation catch
- P Preliminary measures
- O Options
- R Rating
- D Decision
- E Execution
- C Controlling

Im Gegensatz zu akuten Situationen in einem Cockpit ziehen sich akute Situationen im Zusammenhang mit Naturgefahren oft über einen deutlich längeren Zeitraum von Stunden oder sogar Tagen dahin. Aus diesem Grund wird der Zyklus der Entscheidungsfindung während einem Ereignis unter Umständen sehr oft durchlaufen. Die Prozedur stellt somit einen sich immer wiederholenden Kreislauf dar. Deshalb wurde der Bearbeitungsschritt «P preliminary measures» (Sofortmassnahmen) bei der Prozedur der FAN weggelassen. Nicht weil es Sofortmassnahmen bei Naturgefahren nicht braucht, sondern weil unter dem Punkt «O options» in einem ersten Durchlauf der Prozedur primär auf Sofortmassnahmen fokussiert wird und erst bei einem zweiten oder

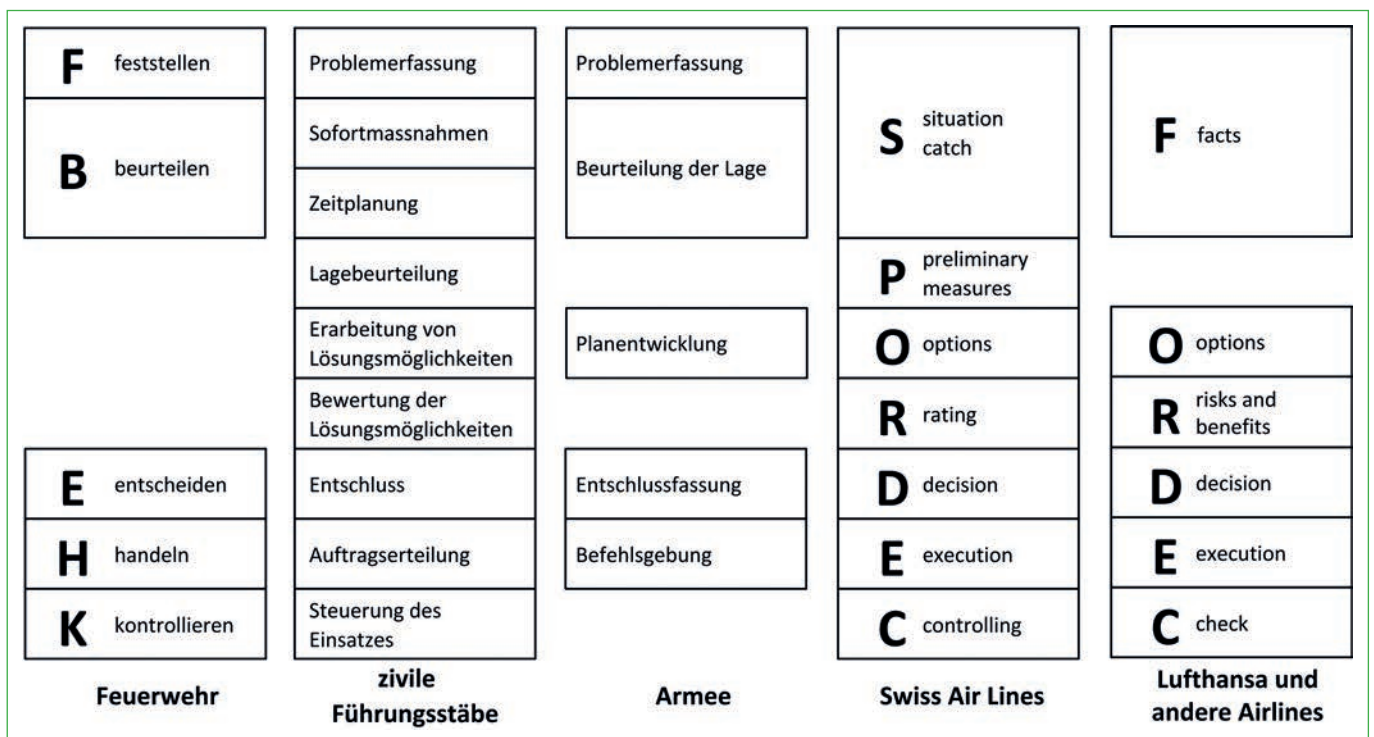


Abbildung 1: Darstellung von fünf verschiedenen Entscheidungsprozeduren mit ihren jeweiligen Teilschritten.

dritten Durchlauf längerfristige Massnahmen angegangen werden sollen. Dadurch kann das Schema vereinfacht und die nicht immer ganz einfache Unterscheidung in den Fachaufgaben der Naturgefahrenverantwortlichen zwischen Sofortmassnahmen und weiteren Massnahmen umgangen werden.

Das ebenfalls in der Luftfahrt weit verbreitete Schema FOR-DEC enthält auch keinen eigenen Punkt für Sofortmassnahmen. Im Übrigen sind die Teilschritte aber identisch zu SPOR-DEC. Dass wir uns gegen FOR-DEC entschieden haben, liegt beim ersten Punkt «F Facts», welcher eine umfassende Situationsanalyse mit dem Begriff «Fakten» nur ungenügend wiedergibt, da in diesem Punkt nicht nur Fakten gesammelt, sondern diese auch interpretiert werden müssen. Aus Sicht der Autoren ist diese umfassende Situationsanalyse durch den Begriff «situation catch» und damit dem Buchstaben S aus der SPORDEC-Prozedur besser repräsentiert.

Aus der Prozedur FOR-DEC wurde dafür der Bindestrich zwischen der Bewertung der Handlungsmöglichkeiten (risks and benefits) und dem Entscheid (decision) übernommen. Der Bindestrich steht dafür, dass zwischen der Bewertung und dem Entscheid kurz innegehalten werden soll, bevor der nächste Schritt vollzogen wird. Daraus ergibt sich letztendlich SOR-DEC. Das Schema ist in Abbildung 2 zu sehen. Die einzelnen Schritte werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

Bevor mit einer Entscheidungsfindung gestartet wird, sollte man sich kurz Gedanken darüber machen, ob

- alle nötigen Informationen beisammen sind,
- die erforderlichen Mittel (z.B. Personal, Unterlagen) zur Verfügung stehen und
- ob die Sicherheit aller Beteiligten in genügender Form gewährleistet ist.

Diese Punkte sind zentral, weshalb sie in der Entscheidungsprozedur im Zentrum stehen,

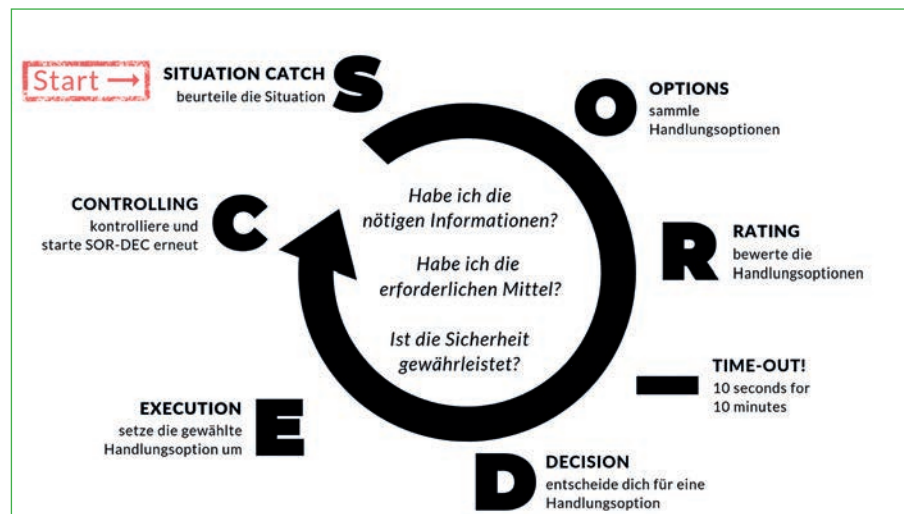


Abbildung 2: Entscheidungsschema SOR-DEC für Naturgefahren-Fachleute

damit sie nicht vergessen gehen. Wird bei einem von diesen Punkten Handlungsbedarf festgestellt, so hat dessen Bearbeitung vor allen weiteren Schritten Priorität. Bezüglich Mittel und Informationen kann es Situationen geben, wo sie nicht im gewünschten Umfang verfügbar sind. In solchen Fällen gilt es eine Abwägung zu machen zwischen rasch unter gewissen Einschränkungen oder spät ohne relevante Einschränkungen zu entscheiden.

Naturgefahren-Fachleute sind in akuten Gefahrensituationen häufig nicht direkt für die Entscheidung und Ausführung von Massnahmen zuständig. Sie können aber stark darin involviert sein und massgeblich dazu beitragen. So kann es beispielsweise die Aufgabe der Fachperson Naturgefahren sein zu beurteilen, wie gefährlich eine Situation ist und was noch erwartet werden muss oder welche Handlungsmöglichkeit es aus Sicht Naturgefahren gibt resp. welches die beste ist. Der formelle Entscheid zur Ausführung findet dabei selbstverständlich durch die Einsatzleitung oder eine politische Entscheidungsträgerin statt. Die Naturgefahren-Fachleute müssen jedoch im Sinne einer Empfehlung oft eine ganz klare Aussage zu diesen Punkten machen, welche von ihrer Art her nahe an einen Entscheid kommen. Aus diesem Grund und

weil das Einsatzgebiet der verschiedenen FAN-Mitglieder sehr breit gefächert ist, wurden die Schritte der Entscheidung und Ausführung in der Prozedur drin gelassen. Der Schwerpunkt der Naturgefahren-Fachleute dürfte aber meistens auf den Schritten der Situationsbeurteilung (S) sowie der Ausarbeitung (O) und Bewertung (R) von Handlungsmöglichkeiten liegen.

### S Situation catch - Situationsbeurteilung

Bei der Situationsbeurteilung geht es darum zu verstehen, was genau vor sich geht. Alle weiteren Schritte bauen darauf auf, weshalb es sehr wichtig ist, dass dieser Schritt äusserst sorgfältig bearbeitet wird. Die grosse Stärke vom Führungsrhythmus der Feuerwehr (vgl. Abb. 1) ist die strikte Unterscheidung zwischen dem Feststellen und dem Beurteilen. Diese Unterscheidung ist auch in Bezug auf Naturgefahrensituationen von grosser Bedeutung. Das Feststellen beinhaltet das Sammeln der Fakten, wie beispielsweise die Klärung der Frage, was bisher passiert ist oder wer und was betroffen ist. Die Herausforderung bei der Feststellung ist nicht die Unsicherheit in den Informationen, sondern der Weg möglichst rasch und umfassend zu allen Fakten zu kommen. Über den Inhalt von Fakten sollte nicht

diskutiert werden, sondern höchstens darüber, ob die gesammelten Fakten vollständig sind oder nicht. Dies bedingt aber, dass Interpretationen in den Fakten keinen Platz haben.

Der zweite Punkt in der Situationsbeurteilung ist die eigentliche Beurteilung: Was interpretiere ich aus den vorhandenen Fakten? Hier müssen v.a. die Fragen geklärt werden, welche Faktoren den Ereigniseintritt und das Ausmass beeinflussen und wie diese zusammenspielen. Letztendlich sollen die Naturgefahren-Fachleute eine Prognose abgeben, was noch passieren kann und wie die zeitlichen Verhältnisse dafür sind.

Abbildung 3 ist für die Situationsbeurteilung ein wichtiges Hilfsmittel: Wo stehe ich in Bezug auf Ausmass und Zeitpunkt des Ereigniseintritts? Bin ich ganz am Anfang? Kommt es noch viel schlimmer? Oder ist es bereits überstanden?

Die Unsicherheiten in der Beurteilung sind meist recht gross, weil die notwendigen Informationen oft unvollständig vorliegen. Zudem sind akute Gefahrensituationen häufig sehr dynamisch und können sich in kurzer Zeit ändern. Deshalb ist es von grosser Bedeutung,

dass man sich immer wieder fragt, wie sicher man in den getroffenen Annahmen ist. Wird die Prozedur ein weiteres Mal durchlaufen, ist es sehr wichtig, dass die Situationsbeurteilung äusserst gewissenhaft noch einmal durchlaufen wird. Habe ich jetzt neue oder andere Informationen? Beeinflussen die Massnahmen, die ich im vorhergehenden Durchgang getroffen habe, die neue Situationsbeurteilung?

Sofern Risikobeurteilungen gemacht werden, erfolgen sie in diesem Schritt. Eigentliche Risikobeurteilungen in Bezug auf das exponierte Schadenpotential haben in akuten Gefahrensituationen aber eine untergeordnete Bedeutung, weil der Faktor Eintretenswahrscheinlichkeit meist bei 1 liegt. Daraus ergeben sich zwangsläufig hohe rechnerische Risiken. Somit helfen sie kaum weiter. Die Handlung in akuten Gefahrensituationen erfolgt daher in der wirklich akuten Phase nach dem Prinzip der Gefahrenabwehr: Alles richtet sich darauf aus, dass keine Schäden an Menschen und möglichst geringe Schäden an Sachwerten entstehen.

Im Gegensatz dazu spielt das Risiko bei der Umsetzung von Massnahmen in Bezug auf die

Sicherheit für die ausführenden Personen aber durchaus eine wichtige Rolle: Man muss sich beispielsweise fragen, ob das Risiko für die Einsatzkräfte, die eine bestimmte Massnahme umsetzen, tragbar ist oder nicht. Solche Beurteilungen erfolgen i.d.R. nicht über quantitative, sondern qualitative Analysen. Auf diesen Aspekt wird im vorliegenden Artikel jedoch nicht näher eingegangen. Dem wichtigen Aspekt der Sicherheit der Beteiligten wird aber durch den Reminder im Zentrum des Kreislaufes Rechnung getragen.

**O Options - Handlungsoptionen**

Bei den Handlungsoptionen wird entlang des Gefahrenstrichs geprüft, was gegen unerwünschte Einwirkungen unternommen werden kann:

- Kann ich die Auslösung des Prozesses beeinflussen?
- Kann ich im Transit- oder Ablagerungsgebiet den Prozess stoppen oder ablenken?
- Ist es möglich, die gefährdeten Objekte zu schützen, indem diese beispielsweise aus dem gefährdeten Gebiet evakuiert werden?
- Muss ich überhaupt etwas machen?

Bei diesem Schritt geht es darum, mögliche Lösungen auszubreiten. Neben offensichtlichen Handlungsansätzen sollen auch auf den ersten Blick unrealistisch erscheinende Ansätze einbezogen werden. Die Nullvariante ist dabei immer auch eine Option. Eine Triage darf in diesem Schritt noch nicht erfolgen. Es ist sogar von Vorteil, wenn (möglicherweise) offensichtlich nicht realistische Lösungen trotzdem aufgeführt werden. Diese können dann im nächsten Schritt der Bewertung offiziell aus dem Variantenspektrum entlassen werden. Passiert dies nicht, stolpert man bei einem nächsten Durchlauf der Prozedur allenfalls wieder über diese Varianten. Oder wenn im Verlauf des Ereignisses neue Personen hin-



Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Ereignisverlaufs in Abhängigkeit der Zeit und des Ausmasses

zukommen, ist es für diese nicht ersichtlich, dass diese Varianten bereits geprüft wurden und sie können sie wieder aufwerfen.

Der Grundsatz «thinking out loud» sollte hier sehr strikt gelebt werden (vgl. z.B. Van Someren et al. 1994). Die Lösungssuche ist ein konstruktiver und kreativer Prozess. Der ausgesprochene Gedanke einer Person kann einer anderen, aber auch sich selber helfen, eigene Ideen weiterzuspinnen.

### R Rating - Bewertung der Handlungsoptionen

Alle im vorherigen Schritt gesammelten Optionen werden nun bewertet. Dabei wird geprüft, ob sie

- zielführend sind: Erreiche ich mit ihnen zuverlässig die Wirkung, die ihnen angedacht ist?
- durchführbar sind: Habe ich überhaupt genügend Zeit und die Mittel, diese Massnahmen umzusetzen? Mit Mittel sind hier hauptsächlich Material und Personal und weniger Finanzen gemeint. Wenn Finanzen aber eine entscheidende Rolle spielen, müssen sie hier berücksichtigt und mitbewertet werden.
- sicher sind: Die Sicherheit bezieht sich v.a. auf die Personen, welche die Massnahmen umsetzen müssen.
- flexibel sind: Weil die Wirkung der Massnahme nicht den Erwartungen entsprechen kann oder die weitere Entwicklung des Ereignisses eine neue Ausgangslage schafft, muss geprüft werden, ob die Massnahmen bei Bedarf einfach ausgebaut oder erweitert werden können.

Nach welchem Massstab die Bewertung der einzelnen Punkte gemessen wird, ist von untergeordneter Bedeutung. Es ist möglich, für die vier oben aufgeführten Aspekte Punkte zu vergeben oder die Rangfolge der verschiedenen Massnahmen für jedes Kriterium festzulegen.

### 10 Sekunden für 10 Minuten

Akute Gefahrensituationen können hektisch sein. Hektik provoziert Fehler. Aus diesem Grund hat sich insbesondere in der Notfallmedizin der Grundsatz 10 für 10 vielerorts durchgesetzt. 10 für 10 meint, dass man sich kurz Zeit nimmt (10 Sekunden), bevor die nächste Phase (10 Minuten) in Angriff genommen wird. Die beiden Zeiträume sind dabei symbolisch zu verstehen. Bei Naturgefahren sind die Zeitverhältnisse meist nicht so kurz wie in der Notfallmedizin; man hat etwas mehr Zeit zum Entscheiden, muss dann aber meist auch Massnahmen finden, die deutlich länger wirken.

In 10 Sekunden für 10 Minuten geht es darum, ...

- kurz eine Unterbrechung im Ablauf einzulegen (und diese auch allen Beteiligten klar zu kommunizieren),
- auf die bisherigen Schritte zurückzuschauen,
- aktiv nach Kommentaren und Verbesserungsvorschläge nachzufragen und
- zu prüfen, ob nichts übersehen wurde.

### D Decision - Entscheidung

Aufbauend auf der Bewertung in Schritt 3 wird nun die beste Handlungsoption gewählt. Die Massnahme(n) und die Ziele, die damit erreicht werden sollen, müssen klar benannt werden. Falls es mehrere Massnahmen gibt, sind die Prioritäten festzulegen. Bei der Wahl der besten Handlungsoption sollte man sich bereits Gedanken machen, wie eine Eskalationsmöglichkeit aussehen würde und welche weiteren Massnahmen in diesem Fall notwendig wären.

Entscheidungen sollten nie alleine, sondern in einer Gruppe getroffen werden. Die Überlegungen zur Entscheidungsfindung sind transparent zu machen und zu dokumentieren. Dies ermöglicht es, andere in den Entscheidungsprozess einzubeziehen und auch nach dem Ereignis die Entscheidungsfindung zu rekonstruieren.

Zu seinen Entscheidungen muss man vollumfänglich stehen können. Der Entscheid darf nie in eine Richtung gehen, die eine Person, welche an der Entscheidungsfindung beteiligt ist, nicht verantworten kann. Zur Überprüfung der moralischen Konformität von Entscheidungen kann beispielsweise der Bell-Book-Candle-Test (vgl. z.B. in Hofinger, Heilmann 2016) angewandt werden:

- Geht bei mir eine Alarmglocke (bell) los, wenn ich eine bestimmte Entscheidung in Betracht ziehe?
- Verstösst die Entscheidung gegen bekannte Regelungen (book im Sinne von Gesetz)?
- Wie wird die Entscheidung im Licht (candle) einer (kritischen) Öffentlichkeit beurteilt?

Stell Dir zudem die Fragen:

- Wenn's schief geht, wie schlimm wäre es?
- Wie wahrscheinlich ist es, dass es schiefgeht?

Am Ende ist zu bedenken, dass die eigene Verantwortung niemand abnehmen kann. Mit seinen Entscheidungen und deren Folgen muss man selber dauerhaft leben können (Karutz et al. 2003).

### E Execution - Ausführung

Die unten aufgeführten Punkte zur Ausführung orientieren sich am Schema der Auftragserteilung der Feuerwehr (FKS 2015) und beantworten folgende Fragen:

- Orientierung
  - Was ist geschehen? Was ist das Problem?
  - Was wurde bereits gemacht?
- Ziel
  - Was soll mit der Massnahme erreicht werden?
- Auftrag
  - Wie wird die Massnahme umgesetzt?
  - Wer macht was, wann, wo und womit?

- Besonderes
  - Sind besondere Gefahren zu berücksichtigen?
  - Werden besondere Hilfsmittel benötigt?
  - Allenfalls weitere Informationen, die für die Auftragserfüllung wichtig sind?

### C Controlling - Kontrolle

Die Kontrolle prüft einerseits, ob die Massnahme die gewünschte Wirkung entfaltet und andererseits, ob sich die Situation wesentlich verändert hat, so dass eine neue Beurteilung notwendig wird. Entspricht die Wirkung nicht den Erwartungen oder hat sich die Situation verändert, wird SOR-DEC neu gestartet.

### Dokumentation

Eine zumindest minimale Dokumentation, die es auch externen Personen ermöglicht, die wichtigsten Schritte nachzuvollziehen, ist von grosser Bedeutung. Hauptgrund dafür ist, dass diese Schritte auch im späteren Verlauf eines Ereignisses für sich selber, aber allenfalls auch für später in der Ereignisbewältigung neu dazustossenden Personen, greifbar sind. Daneben ist die Dokumentation auch eine Absicherung, falls der Ereignisverlauf ungünstig ausgeht und Sach- oder Personenschäden entstehen und es eine Untersuchung durch die Justiz geben sollte.

### Anwendung und Training

SOR-DEC ist zwar für akute Situationen gemacht, aber die Prozedur lässt sich auch bei Entscheidungssituationen im Alltag einsetzen. SOR-DEC hilft, die Schritte hin zu einer Entscheidung systematisch zu durchlaufen. Und

dies ist nicht nur bei akuten Situationen wichtig. Trifft beispielsweise ein unerwarteter Auftrag ein, überlege ich mir, was der für mich bedeutet (situation catch), analysiere meine Möglichkeiten (options), bewerte diese (rating), halte kurz inne (10 für 10), entscheide mich für die beste Option (decision), führe sie aus (execution) und prüfe, ob das Richtige passiert (controlling). Wird das Schema auch im Alltag eingesetzt, findet automatisch ein regelmässiges Training statt. Man ist dann gewappnet, die Schritte auch konsequent zu durchlaufen, wenn die Rahmenbedingungen in akuten Gefahrensituationen ungünstig sind und man unter Stress steht. Solche Entscheidungsprozeduren werden mittlerweile auch in Wirtschaftslehrgängen vermittelt und in der Praxis häufig angewandt.

### Quellen

BABS 2010: Führungsbehelf für Angehörige von zivilen Führungsorganen. Bundesamt für Bevölkerungsschutz, 1300-00-5-d, 70 S.

FKS 2015: Reglement Einsatzführung. Feuerwehrkoordination Schweiz, Bern, 44 S.

Hählen Nils 2018: Akute Gefahrensituationen - Entscheiden in besonderem Kontext. In: Kursunterlagen FAN-Herbstkurs 2018. S. 3-7

Hofinger Gesine 2013: Entscheiden in komplexen Situationen – Anforderungen und Fehler. In: R. Heimann, S. Strohschneider & H. Schaub (Hrsg.), Entscheiden in kritischen Situationen: Neue Erkenntnisse und Perspektiven. Frankfurt am Main: Verlag für Polizeiwissenschaft. S. 3-21

Hofinger Gesine, Heimann Rudi 2016 (Hrsg.): Handbuch Stabsarbeit. Führungs- und Krisenstäbe in Einsatzorganisationen, Behörden und Unternehmen, Springer Verlag Berlin, 321 S.

Hofinger Gesine, Proske Solveig, Soll Henning, Steinhardt Gunnar 2013: FOR-DEC & Co. - Hilfen für strukturiertes Entscheiden im Team. In: R. Heimann, S. Strohschneider & H. Schaub (Hrsg.), Entscheiden in kritischen Situationen: Neue Erkenntnisse und Perspektiven. Frankfurt am Main: Verlag für Polizeiwissenschaft. S. 119-137

Karutz H., Bethäusser D., Meyer V., Rost A., Sautmann H., Wagner U. 2003: Entscheidungsfindung in Notfallsituationen: «Leitlinien» für Berufsanfänger. In: Rettungsdienst 2-2003, S. 22-29

Soll Henning, Proske Solveig, Hofinger Gesine, Steinhardt Gunnar 2016: Decision-making tools for aero-nautical teams: FOR-DEC and beyond. In: Aviation Psychology and Applied Human Factors, 6(2), S. 101-112

Thielmann Gerd, Hofinger Gesine 2016: Programmierte Entscheidungen und Entscheidungshilfen in der Stabsarbeit. In: Handbuch Stabsarbeit. Führungs- und Krisenstäbe in Einsatzorganisationen, Behörden und Unternehmen. Springer Verlag, S. 109-116

Van Someren Maarten W., Barnard Yvonne F., Sandberg Jacobijn A.C. 1994: The think aloud method. A practical guide to modelling cognitive processes. Department of Social Science Informatics University of Amsterdam, Published by Academic Press, London, 209 S.



Oberflächenabfluss in Othmarsingen, Juni 2016. Bildnachweis: Mobiliar Lab für Naturrisiken / Christophe Lienert / CC BY-SA 4.0

## Publikationshinweis

# SIA D 0260 Entwerfen & Planen mit Naturgefahren im Hochbau

## *SIA D 0260 Intégration des dangers naturels dans la conception et la planification de bâtiments*

Die Dokumentation D 0260 ist für alle Bauvorhaben im Hochbau anwendbar. Sie ergänzt die in der Norm SIA 112:2014 Modell Bauplanung beschriebenen Leistungsbereiche mit zusätzlichen Modulen, welche für das naturgefahren-gerechte Entwerfen, Planen und Bauen im Hochbau von Bedeutung sind.

Die Dokumentation hilft Gesamtleitern von Hochbauten zu erkennen, welchen Naturgefahren das Bauvorhaben oder ein bestehendes Gebäude ausgesetzt ist und welche konzeptionellen Planungen von Schutzmassnahmen sinnvoll sind. Ziel ist ein möglichst effizientes Vorgehen für wirksame Lösungen. Die Dokumentation dient als Hilfsmittel für den Dialog mit Bauherrn, Behörden und weiteren Akteuren.

*La documentation D 0260 s'applique à tous les projets de bâtiments. Elle complète les domaines de prestations décrits dans la norme SIA 112:2014 Modèle: Étude et conduite de projet en fournissant des modules importants pour concevoir, étudier et construire des bâtiments en tenant dûment compte des dangers naturels.*

*La documentation aide la direction générale du projet à identifier les dangers naturels auxquels une construction projetée ou un bâtiment existant est exposé et à élaborer une stratégie de protection pertinente. Son but consiste à proposer une démarche aussi efficace que possible pour trouver des solutions efficaces. Cette documentation sert de base au dialogue entre les maîtres d'ouvrage, les autorités et d'autres parties prenantes.*



**Bestellen/ Commander:**

(80 Seiten/Pages, 60 CHF, D/F):

[www.shop.sia.ch](http://www.shop.sia.ch)