

1. Wozu brauchen wir einen Sturzflutindex?

Gefahrenkommunikation im Hinblick auf Sturzfluten mit den kategorischen Aussagen:

- Besteht die Gefahr, dass in einem Gebiet eine Sturzflut auftritt
- Wie extrem kann diese Sturzflut werden

Bestehende Systematik für Starkregen – z.B. Starkregenindex (SRI):

- Bezieht sich auf Jährlichkeit des Niederschlags
- Aber nicht jeder Starkregen erzeugt eine Sturzflut

→ Ob eine Sturzflut auftritt ist neben dem Niederschlag stark von hydrologischen/hydraulischen Einflüssen abhängig

Bestehende Systematik für Flusshochwasser (fluviale HW):

- HQ-Jährlichkeiten + Hochwasser-Vorhersage / -Warnung
- Bezieht sich auf Überschwemmung aus dem Gewässer

→ Bei Sturzflut Gefährdung nicht primär von Gewässer ausgehend

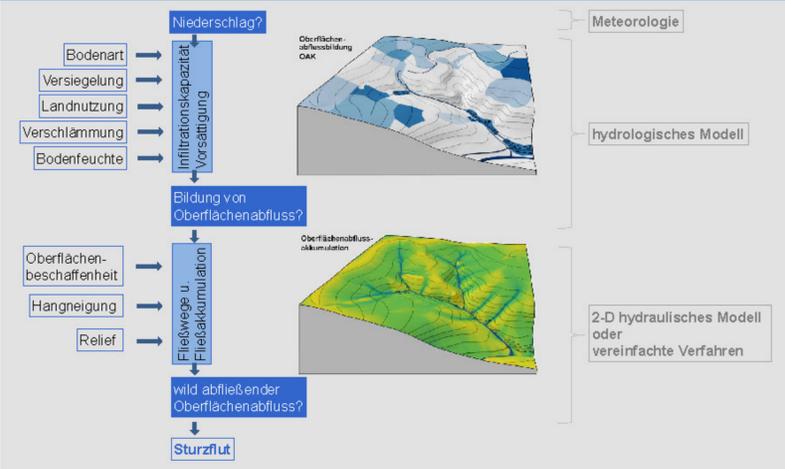
Für die Klassifikation von Sturzfluten gibt es keine bestehende Systematik, der SFI soll diese Lücke schließen, indem er:

- Neben dem Niederschlag die hydrologischen und hydraulischen Gegebenheiten berücksichtigt und
- Sich im Gegensatz zu fluvialen Ereignissen, auf die Gefahrenquelle „wild abfließenden Oberflächenabfluss“ bezieht



Auswertung historischer Ereignisse in Baden-Württemberg [1].

2. Einflussfaktoren & Prozesse



3. Bezugsgröße des SFI

Was ist die Bezugsgröße zur Erfassung von „wild abfließendem Wasser“:

- Für wild abfließendes Wasser flächenhafte Information benötigt
- SFI ergibt sich aus Flächen, die von wild abfließendem Wasser „kritisch betroffen“ sind (Sturzflut-Gefahrenfläche SFGF)

Wann ist eine Fläche von wild abfließendem Wasser „kritisch betroffen“?

- Wenn die Sicherheit von Fußgängern gefährdet ist
- Wenn die Stabilität von Fahrzeugen gefährdet ist (Verdriften von Autos gefährdet auch Passanten)

→ SFGF-Abgrenzung:

Fläche, auf der Fußgänger oder Autos gefährdet sind

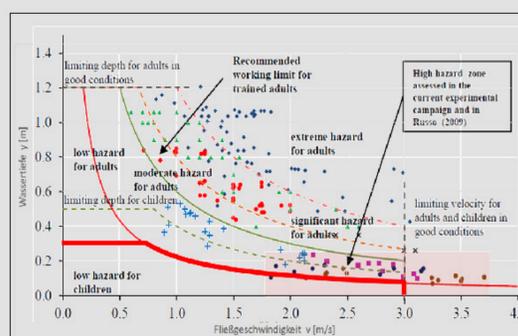


Experiment zur Ermittlung von Stabilitätskriterien für Fußgänger [2].

Wann ist die Sicherheit von Fußgängern oder Fahrzeugen gefährdet?

- Abhängig von Wassertiefe y , Fließgeschwindigkeit v und dem Produkt aus beiden $q = v \cdot y$
- Bei Fußgängern bereits geringeres q kritisch, bei Autos bereits geringe y kritisch [2], [3] → Einhüllende
- Fläche ist von wild abfließendem Wasser kritisch betroffen, wenn folgende Bedingung gilt:

$$v \geq 3 \text{ m/s} \text{ oder } y \geq 0,3 \text{ m} \text{ oder } q \geq 0,2 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

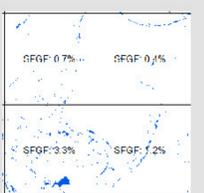


Auswertung von Experimenten zur Ermittlung von Stabilitätskriterien für Fußgänger mit Markierung der Kriterien für Sturzflutgefahrenflächen (rote, fette Linie) [2]

4. Klassifikation des SFI

Bezugsfläche für SFGF-Anteil:

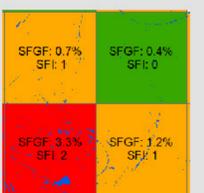
- SFGF werden je Bezugsgebiet ermittelt, d.h. Anteil der SFGF an Gesamtfläche des Bezugsgebietes
- Bezugsgebiete als regelmäßiges Raster, um Skaleneffekte durch unterschiedliche Bezugsgebietsgrößen zu vermeiden



Exemplarische Darstellung des SFGF-Anteils in Rasterzellen.

Klassifikation des SFI:

- Index primär zur einfachen Kommunikation mit der breiten Öffentlichkeit
- Index ist in i.d.R. vereinfachte, dimensionslose Kennzahl (z.B. SRI)
- Dazu Klassifikation anhand von Schwellenwerten notwendig
- SFI: absolut, flächeneinheitlich klassifizierter Index



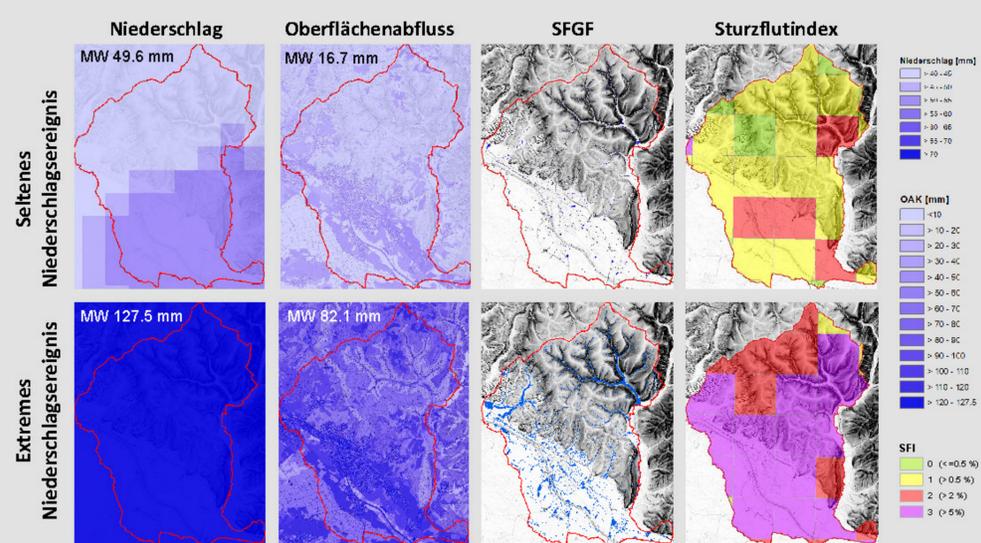
Exemplarische Darstellung des SFI auf Basis des SFGF-Anteils.

Flächenanteil SFGF	SFI	Bezeichnung
< 0.5 %	0	keine Sturzflutgefahr
> 0.5 %	1	geringe Sturzflutgefahr
> 2 %	2	mittlere Sturzflutgefahr
> 5 %	3	hohe Sturzflutgefahr

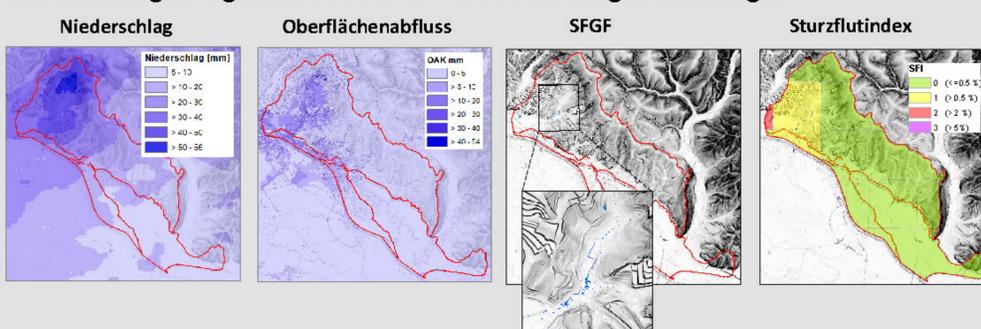
Klassifikation des SFI anhand von Flächenanteilen der Sturzflutgefahrenflächen.

5. Erste Ergebnisse

Ermittlung des SFI für zwei Starkregengefahrenszenarien

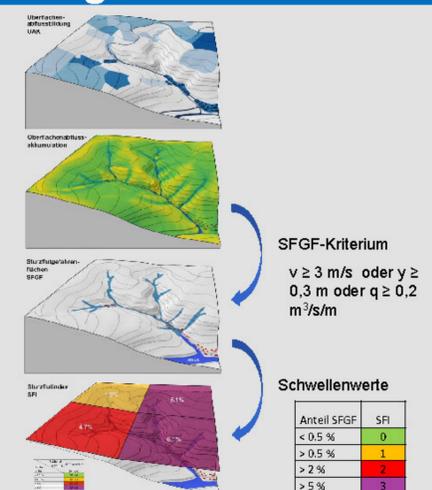


Niederschlagsereignis am 08.06.2021 in Emmendingen Mündingen



6. Zusammenfassung SFI

- SFI dient der Gefahrenkommunikation im Hinblick auf lokale Sturzfluten
- Hauptgefahrenquelle auf die Bezug genommen wird: Wild abfließender Oberflächenabfluss
- Berücksichtigt Niederschlag + Abflussbildung + Abflusskonzentration
- Absoluter Index: Anteil der Fläche, auf der Fußgänger und Fahrzeuge gefährdet sind (großräumig ohne Details)
- Gefährdete Fläche durch Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Kombination beider (spez. Durchfluss) gekennzeichnet
- Großräumiger Hydro-meteorologischer Gefahren-Index (mit lokalen Informationen verknüpfbar, zu Risiko-Index erweiterbar)



7. Ausblick

- SFI dient als einfache, dimensionslose Kennzahl primär der Kommunikation mit der breiten Öffentlichkeit.
- SFI soll v.a. als Kernparameter eines großräumigen Sturzflutwarnsystems angewendet werden.
- Methoden zur großräumigen, zeiteffizienten, operationellen Berechnung der Abflussbildung unter Berücksichtigung von Infiltrationsüberschuss liegen häufig vor (z.B. landesweites Modell RoGeR in Baden-Württemberg [4], landesweite WHM LARSIM mit dynamischem Infiltrationsmodul in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen, Luxemburg [5]).
- Großräumige, recheneffiziente hydraulische Modelle für die Abflusskonzentration liegen nur selten vor, daher werden im Rahmen von AVOSS großräumig anwendbare Schätzverfahren für die hydraulische Reaktion entwickelt.
- SFI kann auch für andere Anwendungen dienen, z.B. zur großräumigen Bewertung der Sturzflutanfälligkeit.
- Für Fachwender wird der SFI mit vorliegenden Detailinformationen verknüpfbar sein (z.B. mit Starkregengefahrenkarten).
- Die Konzeption des SFI wird derzeit anhand von Auswertungen historischer Ereignisse und von Starkregengefahrenkartenszenarien plausibilisiert und ggf. verfeinert.

Literatur:

[1] Hengst, A. (2019): Vergleich und Analyse vergangener Sturzflutereignisse und Starkregenniederschläge in Baden-Württemberg. Masterarbeit an der Professur für Hydrologie, Universität Freiburg. [2] Martínez-Gomaráz, E., Gómez, M., Russo, B., & Djordjević, S. (2018): Stability criteria for flooded vehicles: A state-of-the-art review. Journal of Flood Risk Management, 11, S817-S826. [3] Martínez-Gomaráz, E., Gómez, M., & Russo, B. (2016): Experimental study of the stability of pedestrians exposed to urban pluvial flooding. Natural Hazards, 82(2), 1259-1278. [4] Weiler, M., Leistert, H., Steinbrich, A. (2021): RoGeR – ein bodenhydrologisches Modell für die Beantwortung einer Vielzahl hydrologischer Fragen. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 14. [5] Haag, I., Krumm, J., Aigner, D., Steinbrich, A. & Weiler, M. (2022): Simulation von Hochwasserereignissen in Folge lokaler Starkregen mit dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM. Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, 66, (1), 6-27. DOI: 10.5675/HyWa_2022_1_1