

## 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

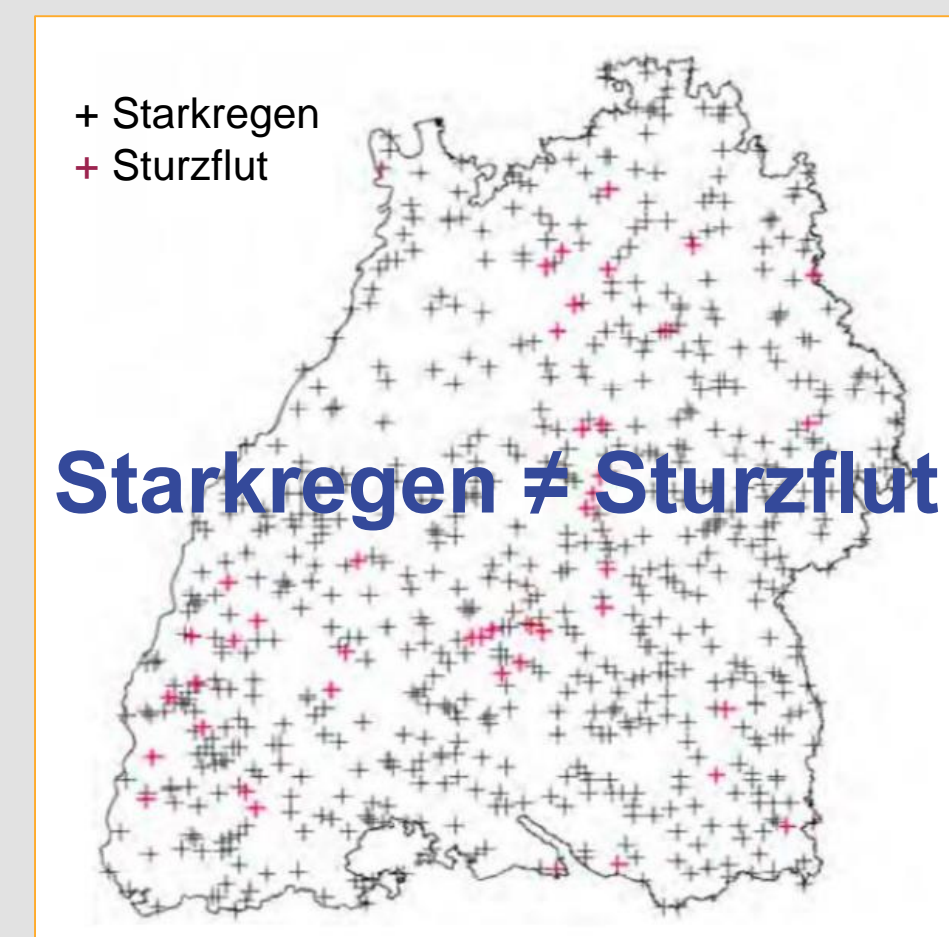
Bestehende Systematik für **Flusshochwasser (fluviale HW)**:

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

→ Bei Sturzflut Gefährdung nicht primär von Gewässer ausgehend

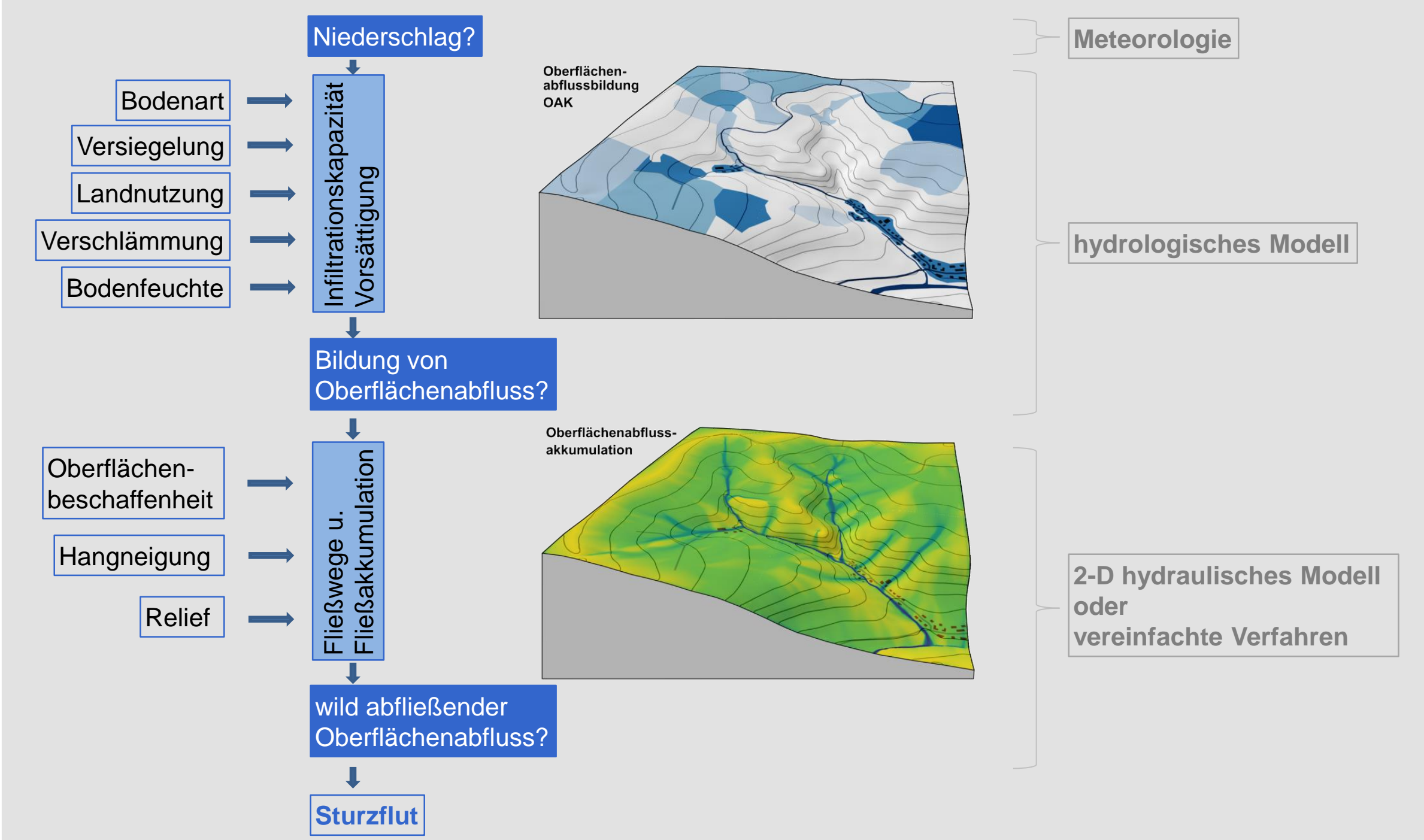
Für die Klassifikation von Sturzfluten gibt es keine bestehende Systematik, der **SFI soll diese Lücke schließen**, indem er:

- 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-Gefahrenflächen 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

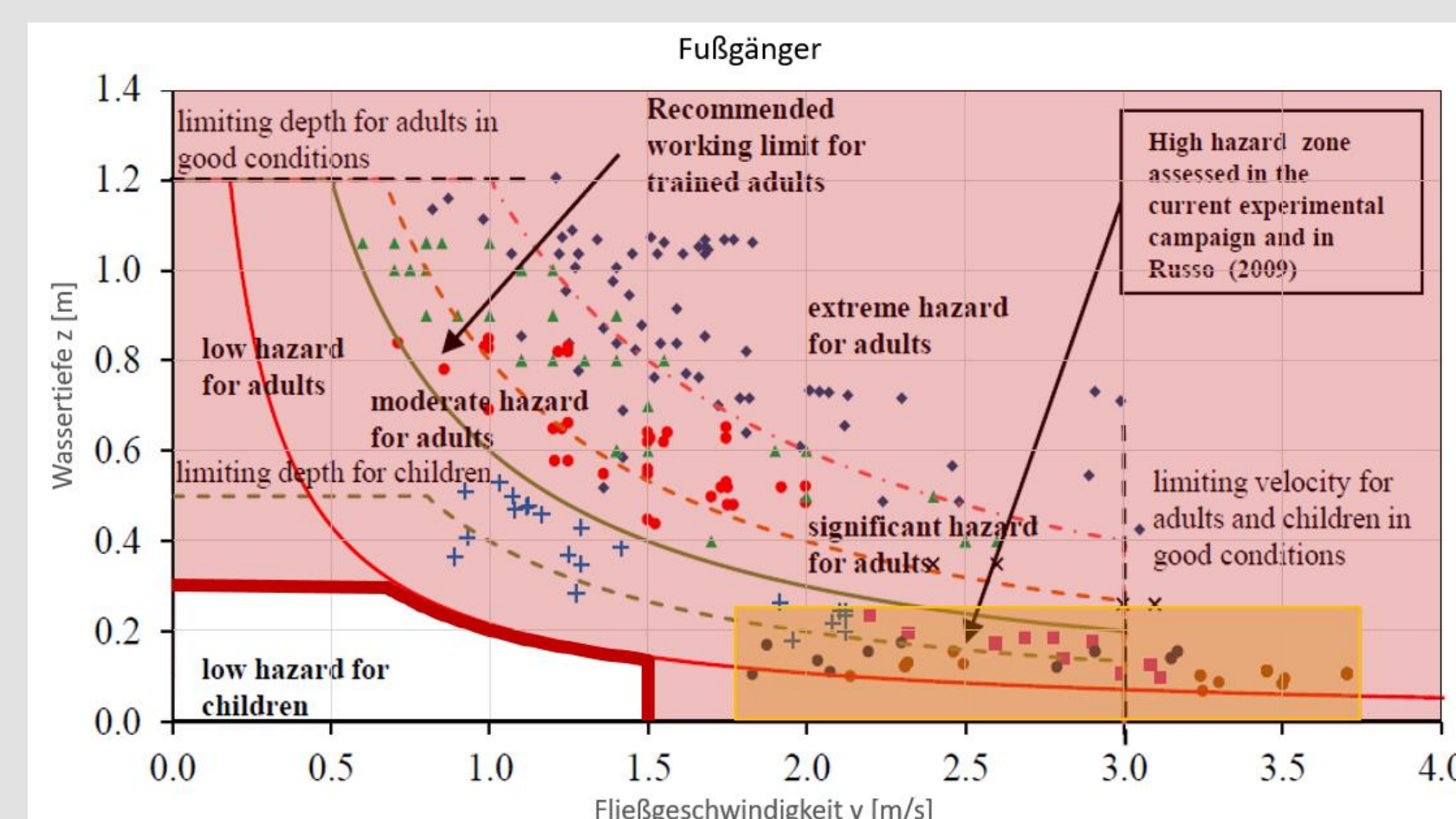


Experiment zur Ermittlung von Stabilitätskriterien für Fußgänger [2].

Wann ist die Sicherheit von Fußgängern oder Fahrzeugen gefährdet?

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

$$z \geq 0,3 \text{ m oder } v \geq 1,5 \text{ m/s oder } q \geq 0,2 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$$



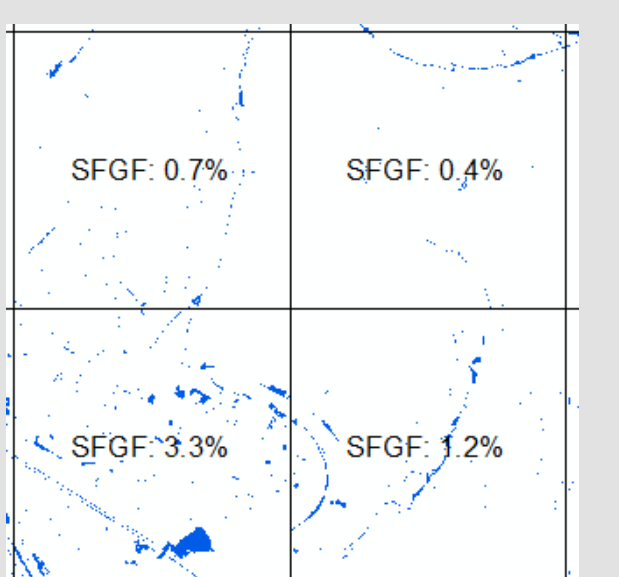
Auswertung von Experimenten zur Ermittlung von Stabilitätskriterien für Fußgänger mit Markierung der Kriterien für Sturzflutgefahrenflächen (rote, fette Linie) [2].

## 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



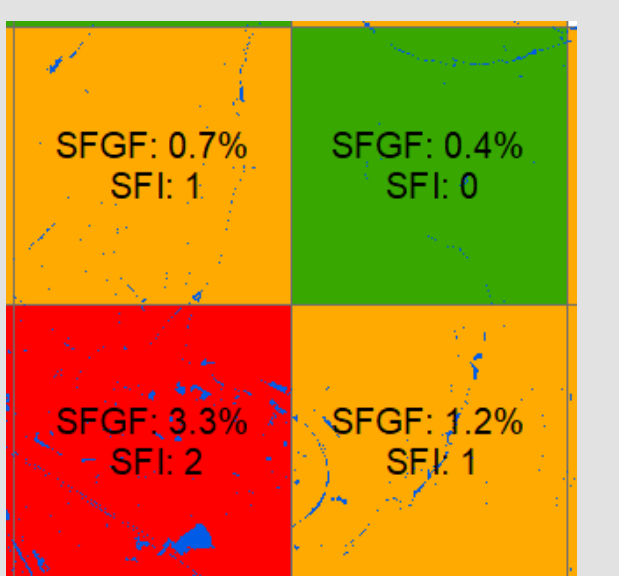
Exemplarische Darstellung des SFGF-Anteils in Rasterzellen.

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

SFGF-Anteil	SFI	Bezeichnung
< 0.5 %	0	keine bis geringe Gefahr
≥ 0.5 %	1	mäßige Gefahr
≥ 2 %	2	erhebliche bis große Gefahr
≥ 5 %	3	sehr große Gefahr

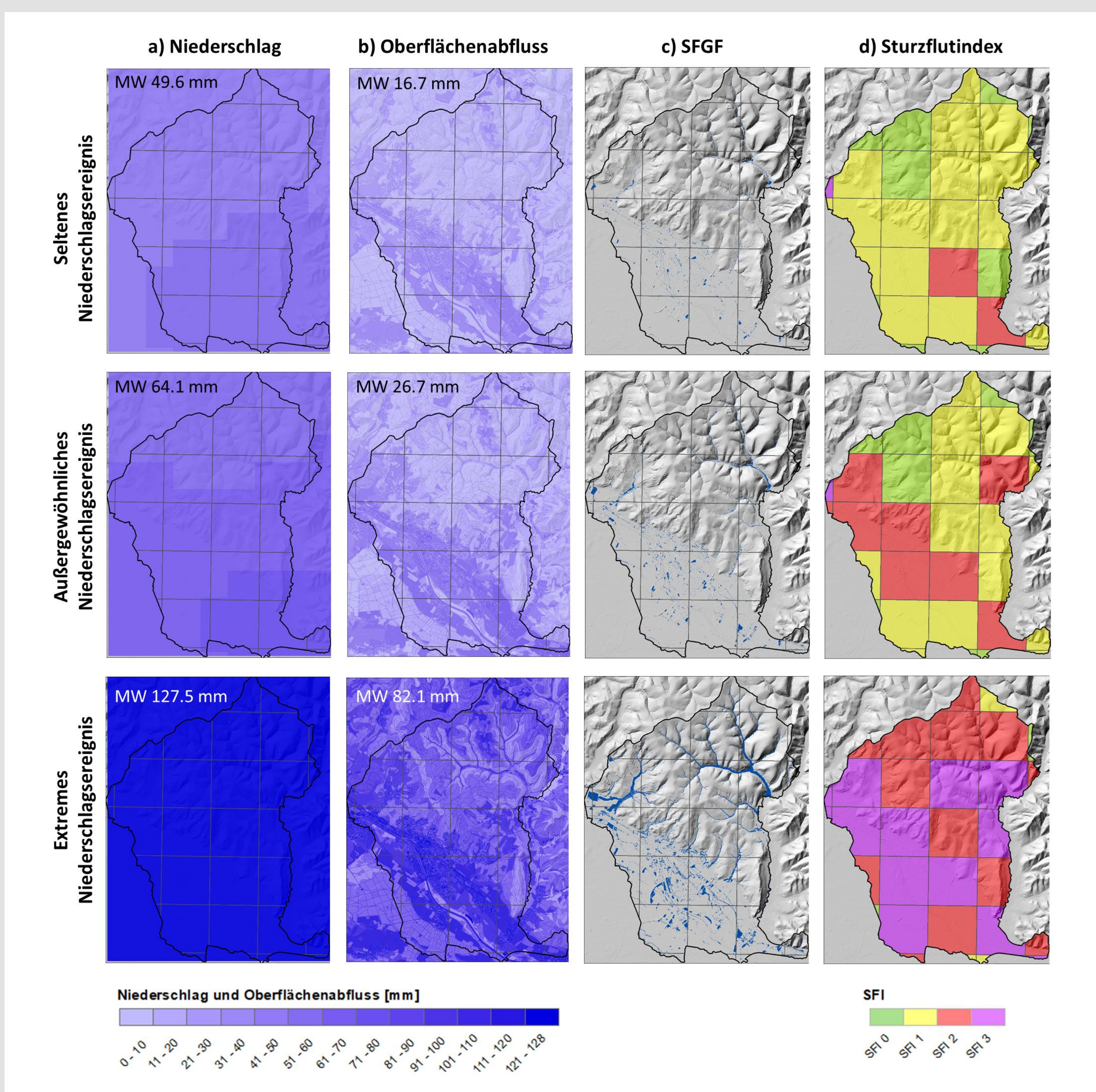
Klassifikation des SFI anhand von Flächenanteilen der Sturzflutgefahrenflächen.



Exemplarische Darstellung des SFI auf Basis des SFGF-Anteils.

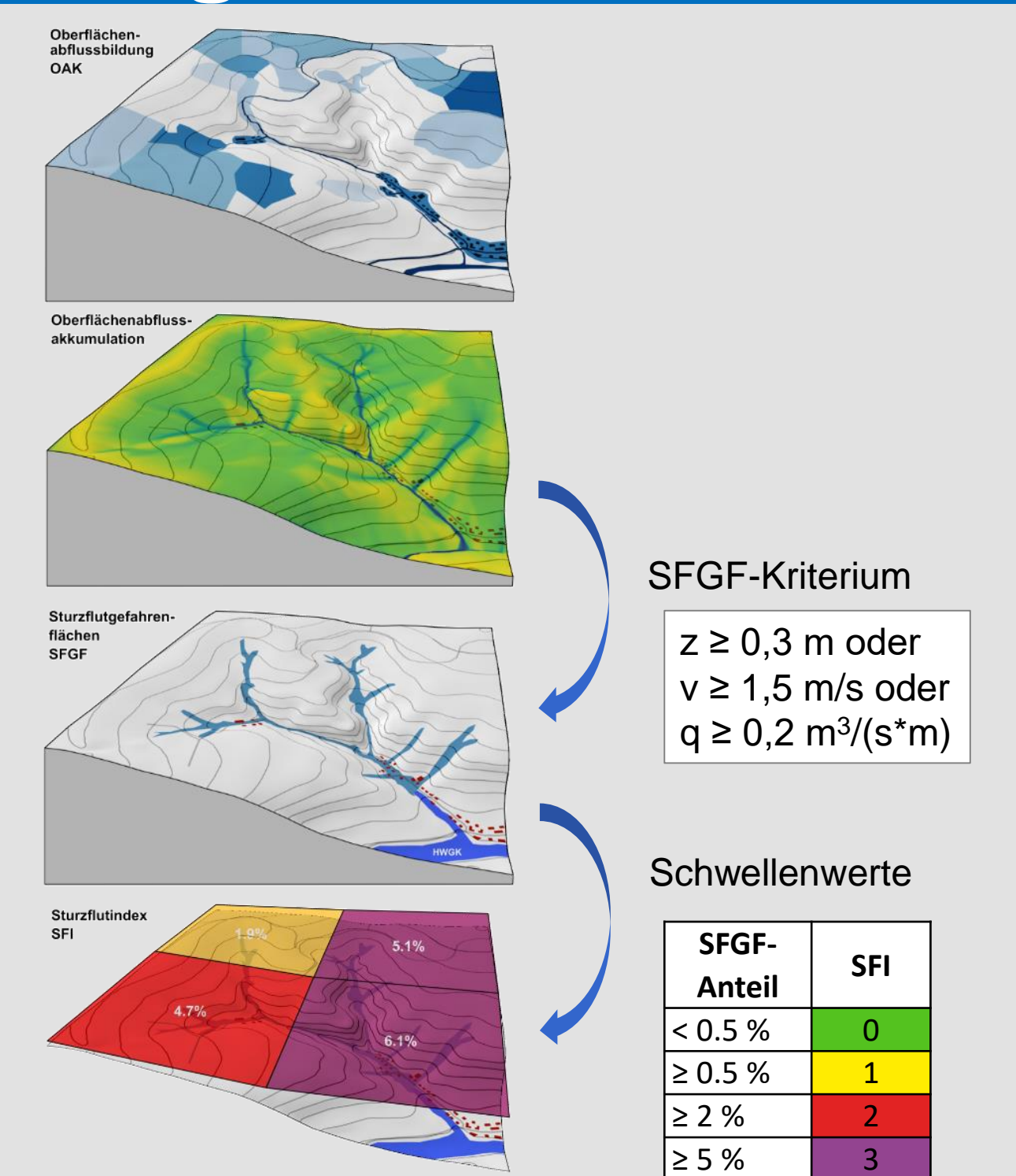
## 5. Erste Ergebnisse

Ermittlung des SFI für drei Starkregengefahrenszenarien (selten, außergewöhnlich, extrem) für die Einzugsgebiete der Stadt Emmendingen.



## 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 (SFGF; 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 und in 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 und getestet.
- 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-Gomariz, 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-Gomariz, 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] Steinbrich, A., Leistert, H. & Weiler, M. (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