

# Der Sturzflutindex SFI

ein Tool zur Vorhersage der  
lokalen Sturzflut-Gefahr

Ingo Haag<sup>1</sup>, Andreas Hänslers<sup>2</sup>, Julia Krumm<sup>1</sup>,  
Hannes Leistert<sup>2</sup>, Andreas Steinbrich<sup>2</sup>, Max Schmitz<sup>2</sup>  
und Markus Weiler<sup>2</sup>

WaX-Lunchtalks,  
08.10.2024

<sup>1</sup> HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH, Karlsruhe

<sup>2</sup> Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen,  
Universität Freiburg



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



- Ziel von AVOSS ist es, Starkregenereignisse mit den davon ausgehenden Sturzflutgefahren und potentiell resultierenden Schäden direkt zu verknüpfen
- AVOSS arbeitet prototypisch auf verschiedenen räumlichen Skalen

Die Entwicklungen sollen dazu beitragen, die bestehende Lücke bei der Warnung vor lokal auftretenden Sturzflutereignissen zu schließen.

## AVOSS ist ein Forschungsprojekt

Die Erforschung der Potentiale, Unsicherheiten und Grenzen der Vorhersageprodukte steht im Vordergrund des Projekts



# Weshalb brauchen wir einen Sturzflutindex?

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

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

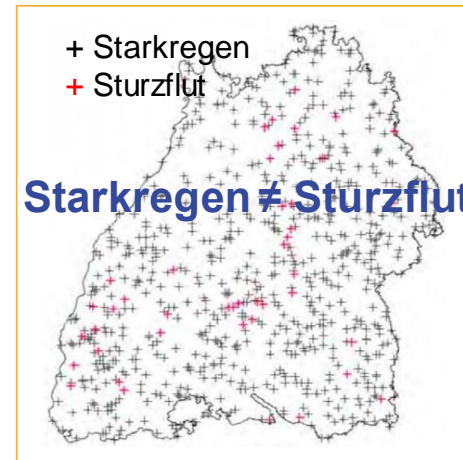
→ Ob eine Sturzflut auftritt ist neben dem Niederschlag stark von **hydrologischen / hydraulischen Einflüssen** abhängig

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

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

→ Bei Sturzflut geht die Gefährdung nicht primär vom Gewässer aus sondern von **wild abfließendem Wasser** in der Fläche

→ Für die Warnung vor Sturzfluten gibt es noch keine geeignete Systematik. Der Sturzflutindex SFI soll diese Lücke schließen.



Auswertung historischer Ereignisse in  
Baden-Württemberg (Hengst, 2019)



Beispiel für wild abfließendes Wasser  
bei einer Sturzflut (Weiler et al. 2023)

# Herausforderungen und Konsequenzen

## Herausforderungen für einen aussagekräftigen Gefahrenindex für Sturzfluten

- Sturzfluten sind das Resultat einer komplexen Prozesskette
- Wie kann die Gefahr bei einer Sturzflut quantitativ bewertet werden?
- Große Unsicherheiten vor allem beim Niederschlag (Menge und Lage)
- Extrem kurze Vorwarnzeiten bei Vorhersagen

## Konsequenzen für den neuen Sturzflutindex SFI

- Vollständige **Prozess-/Modellkette**: Niederschlag → **Hydrologie** → **Hydraulik**
- Bezug auf Gefahr durch wild abfließendes Wasser
- Einfacher, robuster Gefahrenindex (großräumig, räumlich unscharf, klassifiziert)
- Zulässige Vereinfachungen der Modellkette

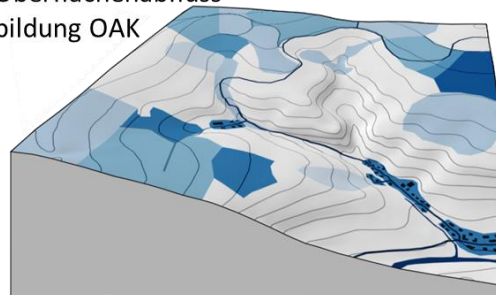
→ Entwicklung des Sturzflutindex SFI

# Prozess- /Modellkette Hydrologie - Hydraulik



## Meteorologie

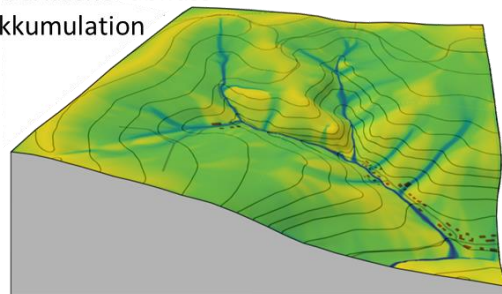
Oberflächenabfluss-  
bildung OAK



## hydrologisches Modell

- Mit fundierten Ansätzen für Infiltration und Sättigungsflächen (z.B. RoGeR, LARSIM)
- Empirische NA-Ansätze sind nicht ausreichend

Oberflächenabfluss-  
akkumulation



## hydraulisches Modell

- 2D Oberflächenhydraulik (z.B. Hydro-AS, Visdom, RIM2D)
- Akkumulationsverfahren (z.B. GeoAkk)

→ Die komplexe Prozesskette kann durch Kette geeigneter Modelle abgebildet werden

# Bezug auf Gefahr durch wild abfließendes Wasser

→ **SFGF** = direkter Bezug zu konkreten Gefahren durch wild abfließendes Wasser

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

- Hierfür werden **Sturzflut-Gefahrenflächen (SFGF)** definiert:
  - die Sicherheit/Stabilität von Fußgängern ist durch wild abfließendes Wasser gefährdet
  - die Stabilität von Autos ist gefährdet ist
- Grenzwerte für die Stabilitätskriterien wurden durch Experimente abgeleitet und sind in der Literatur verfügbar.

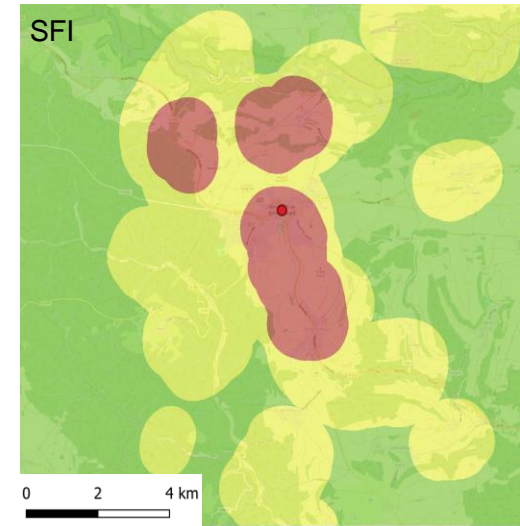


Experiment zur Ermittlung von Stabilitätskriterien für Fußgänger (Martínez-Gomariz et al., 2018)

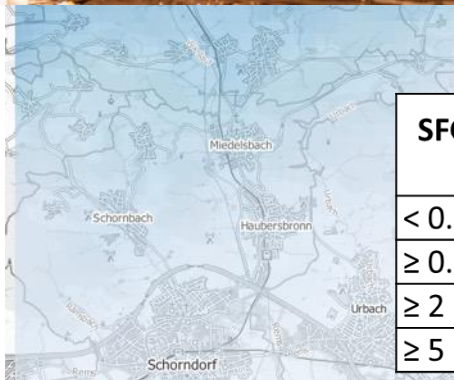
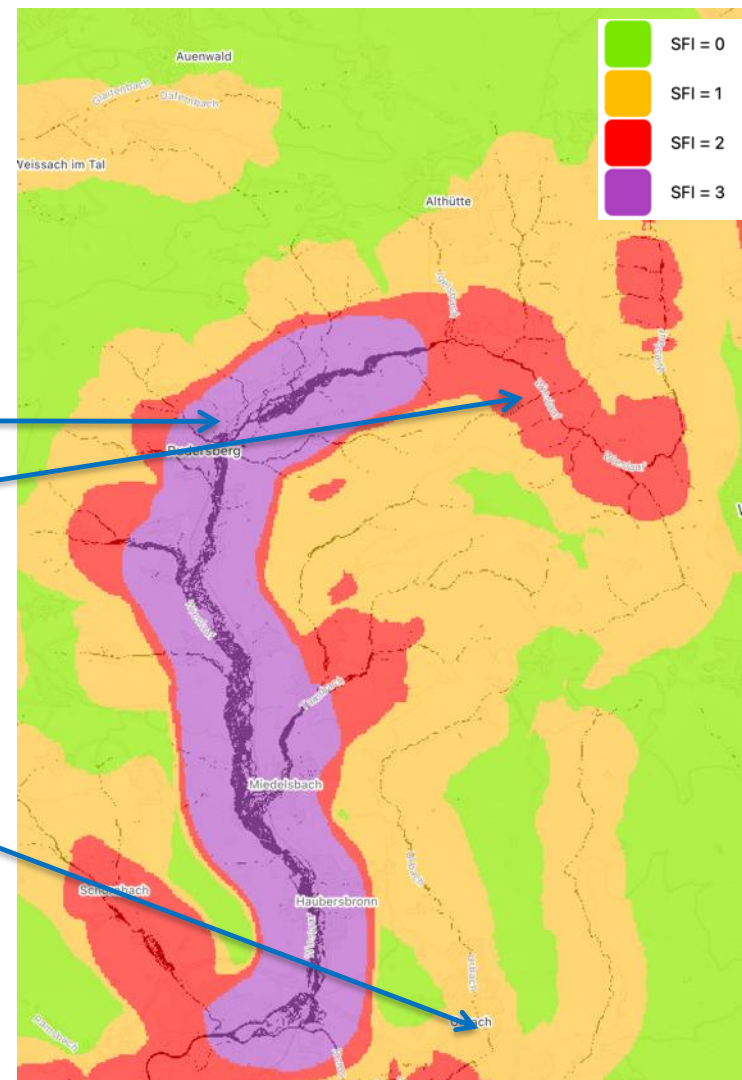
# Von SFGF zum einfachen, robusten Gefahrenindex

- Der Sturzflutindex (SFI) ergibt sich aus dem relativen Anteil von Sturzflut-Gefahrenflächen (SFGF) innerhalb einer Bezugsfläche:  
**SFGF-Anteil → SFI**
  - SFI = klassifizierter, dimensionsloser Index (einfach; 4 Klassen; nutzerabgestimmt)
  - Klassifikation mittels Schwellenwerten für SFGF-Anteile (Validierung an Ereignissen und Szenarien)
  - Bezugsfläche: räumlich „gleitende“ Fläche einheitlicher Größe zur Vermeidung von Rand- und Skaleneffekten
- **SFI**: Großräumiger (räumlich unscharfer) Index mit robuster Klassifikation

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



# Verifizierung Ereignis Wieslauf 2.6.24



SFI
< 0.
≥ 0.
≥ 2.
≥ 5.

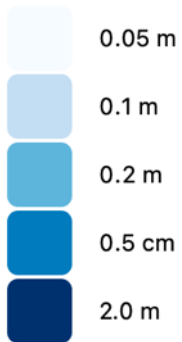




# Verifizierung SFI – Ereignis im EZG Wieslauf

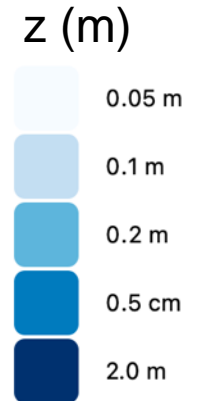
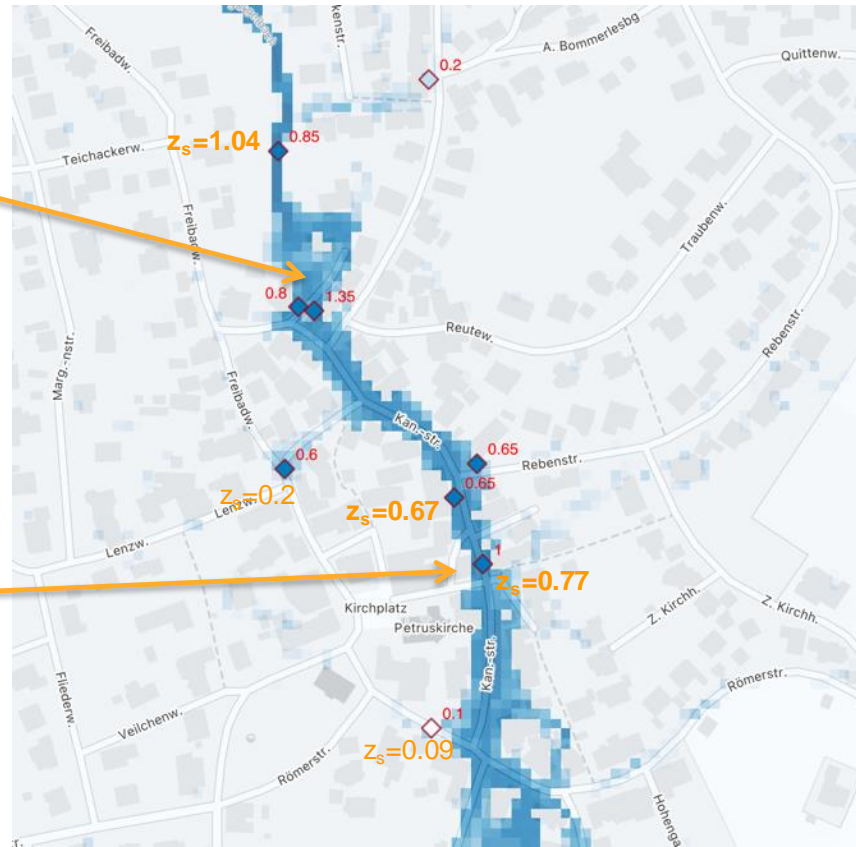
## Rudersberg

z (m)



# Verifizierung SFI – Ereignis im EZG Wieslauf

## Steinenberg



# SFI – Potential: Analyse Sturzflutanfälligkeit



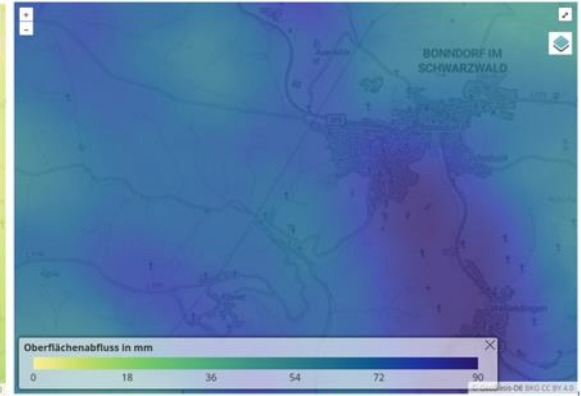
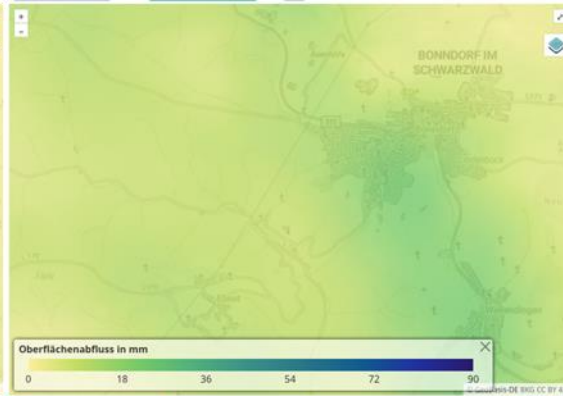
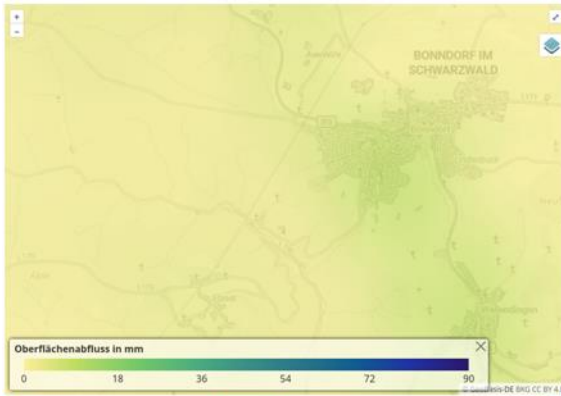
N-Input:

SRI 3

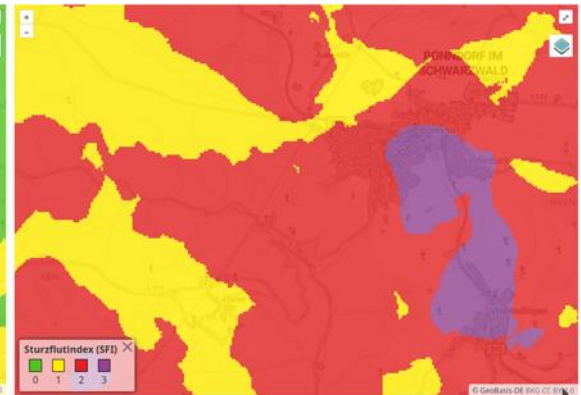
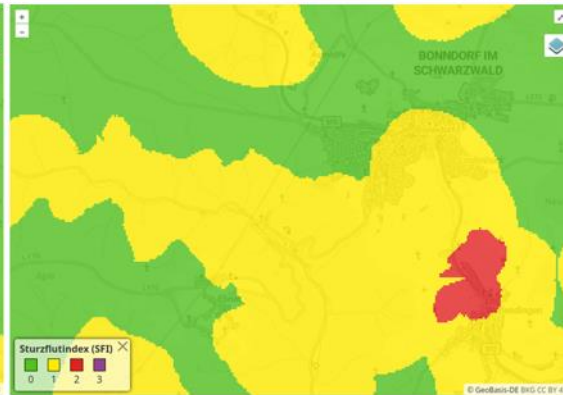
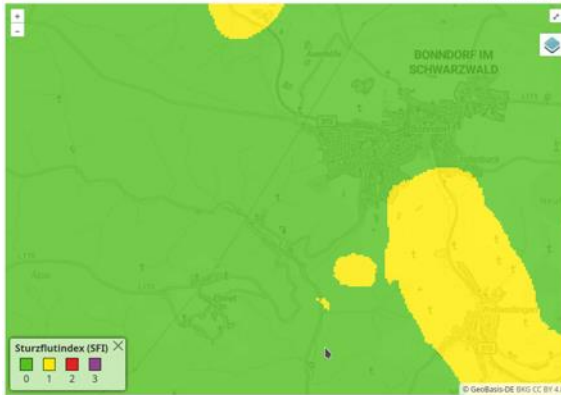
SRI 7

SRI 11

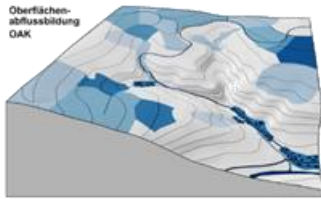
OA (mm)



SFI



# SFI – Herausforderung: Echtzeitvorhersage

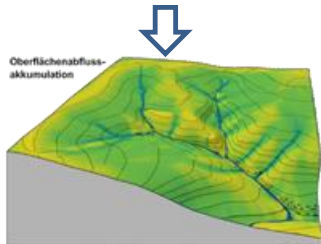


**Hydrologie:**  
Bildung von Oberflächenabfluss

Op. LARSIM ✓

**Alternativen:**

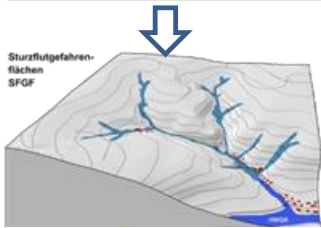
Akkumulation via ✓  
schnellem  
geomorphologischen  
Akkumulationsverfahren



**Hydraulik:**  
Akkumulation von Oberflächenabfluss

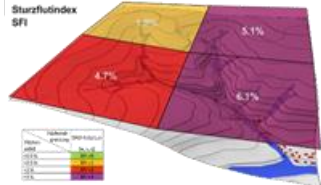
HN-Modelle zu langsam (auch Visdom, RIM2D)

SFGF = f(OAK<sub>Intensität</sub>) ✓



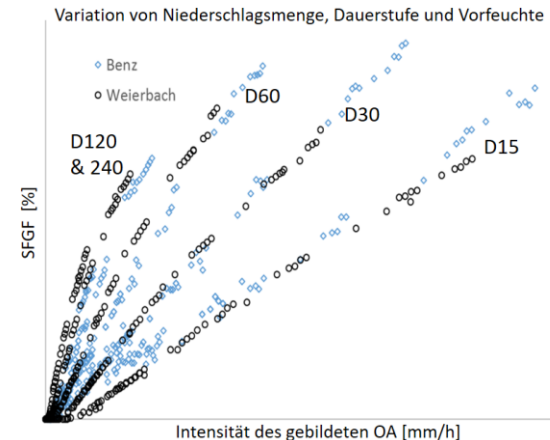
**Ermittlung SFGF:**  
Anwendung Kriterien

✓



**SFI:**  
Anwendung SFGF  
Schwellen

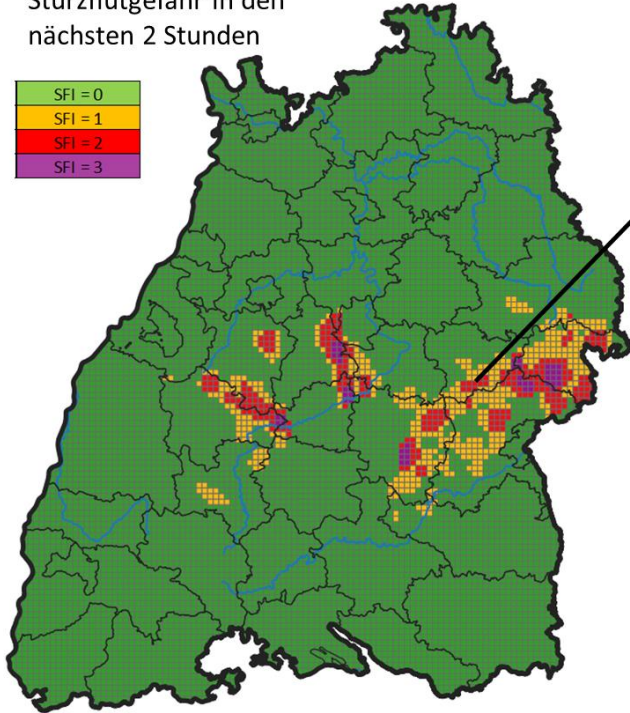
✓



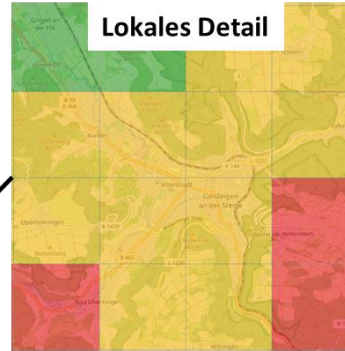
# Zukunftsvision (nach AVOSS): Großräumige operationelle Echtzeit-Warnung

## Landesweite SFI-Warnung

Sturzflutgefahr in den nächsten 2 Stunden



## Lokales Detail



+

## SRGK + Risikoanalyse



Alarm- und  
Einsatzplan

## Maßnahmen



# Mehr Infos zum SFI und zum AVOSS-Projekt



[www.avoss.uni-freiburg.de](http://www.avoss.uni-freiburg.de)

## Projektkoordination

Prof. Dr. Markus Weiler  
Professur für Hydrologie  
Universität Freiburg  
Friedrichstraße 39  
D-79098 Freiburg



Eine ausführliche Dokumentation zum SFI  
finden Sie unter:

<https://freidok.uni-freiburg.de/data/246016>



## Projektteam

universität freiburg



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung