

# Analyse und Prognose von Bauwerksschäden infolge extremer Hochwassereinwirkungen

Dr.-Ing. Holger Maiwald, Dr.-Ing. Jochen Schwarz

**Bauhaus-Universität Weimar**  
**Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden (EDAC)**



1. KAHR Wissenschaftskonferenz  
29.06.-30.06.2022





## Hochwasser 2021 in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz

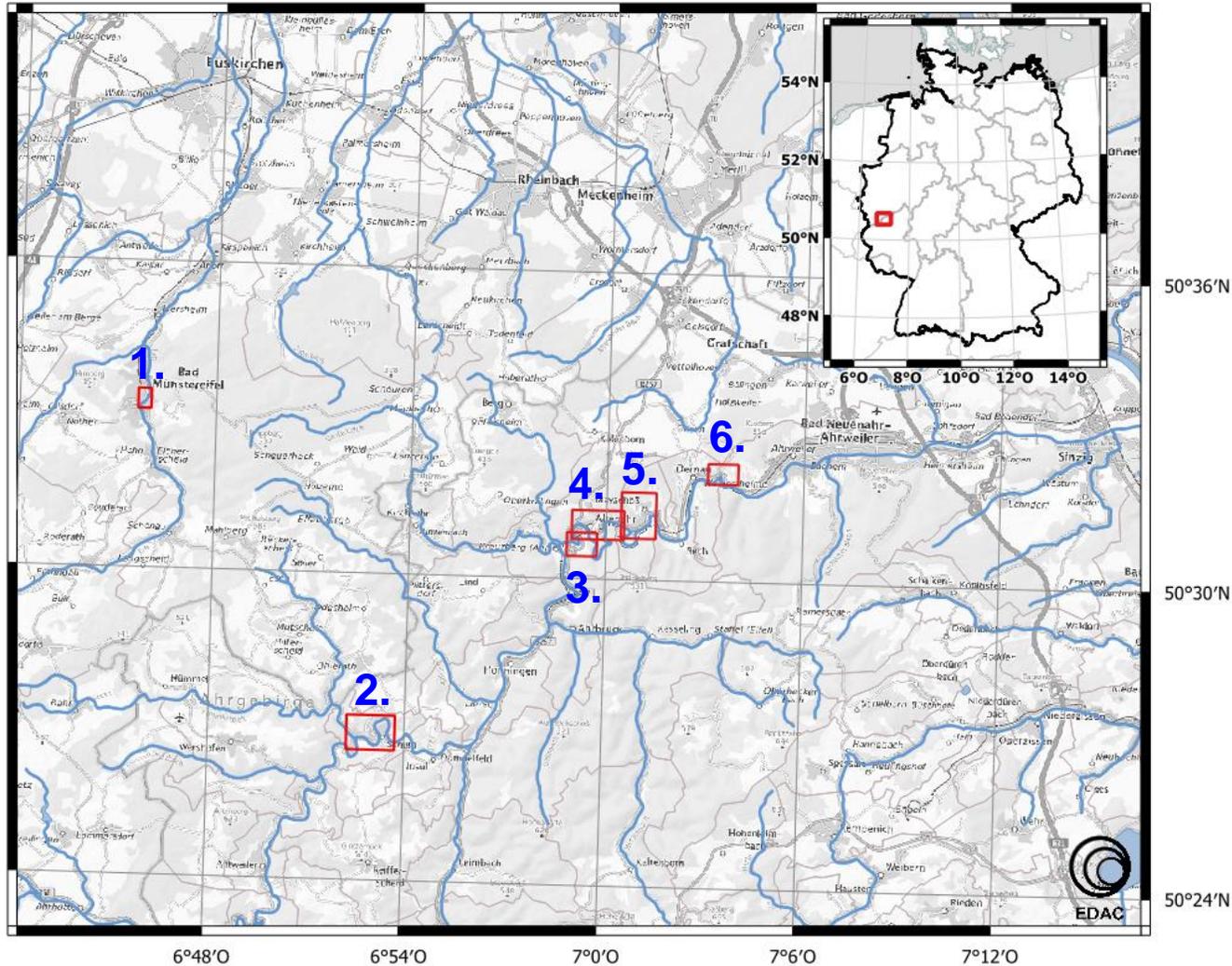
- **Starkregen 14. - 15. Juli 2021**
  - Extreme Abflussmengen
  - 184 Opfer (HW 2002: 21)
  - Schadenssumme (Bund): 29,2 Mrd. € (HW 2002 ca. 18 Mrd. €, 2021)
  - Extreme Zerstörung der Bebauung und der Infrastruktur
- **Schadensaufnahme** durch das Erdbebenzentrum der Bauhaus-Universität  
Zeitraum **19. Juli - 05. August 2021**

Forschungsprojekt: „3D-Lageinformationen von durch Starkregen und Hochwasser betroffenen Gebieten“ (01.08.2021-31.12.2022)

Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Gleichstellung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# 1. Einführung



## Schadensaufnahmen EDAC

1. Bad Münstereifel (hist. Altstadt)
2. Schuld
3. Altenburg
4. Altenahr + Reimerzhoven
5. Mayschoß + Laach
6. Marienthal

+ markante Schadensfälle in Insul, Ahrbrück, Kreuzberg und Rech

### Dokumentierte Schadensfälle:

Ahrtal:	1152
Bad Münstereifel:	<u>312</u>
	<u>1464</u>



## Schadenskala für Hochwasser gemäß EDAC-Hochwasserschadensmodell

Damage grade	Damage		Description
	Structural	Non structural	
D1	kein	leicht	<b>reiner Durchfeuchtungsschaden</b> , Verschmutzungen
D2	leicht	moderat	leichte Risse in tragenden Wänden, eingedrückte Türen und Fenster, Unterspülung von Fundamenten, <b>Austausch von Ausbauteilen erforderlich</b> , <i>Kontaminationen</i>
D3	moderat	schwer	<b>größere Risse / Verformungen in tragenden Wänden und Decken</b> , Setzungen Einsturz nichtragender Wände, <i>Austausch von nichttragenden Bauteilen erforderlich</i>
D4	schwer	sehr schwer	<b>Einsturz von tragenden Wänden, Decken</b> , <i>Austausch von tragenden Bauteilen erforderlich</i>
D5	sehr schwer	sehr schwer	<b>Kollaps bzw. Einsturz von größeren Gebäudeteilen</b> , <i>Abriss erforderlich</i>
D6	vollständig	vollständig	Dislokation: <b>Bauwerk vollständig weggeschwemmt</b> , umgestürzt oder vom Fundament verschoben



### Besonderheiten der Schadensfälle vom Hochwasser 2021 (Ahrtal)

**Extreme Überflutungshöhen** in Altenburg  
(> 5 m, Schadensgrad D2)



**Schwere strukturelle Schäden** in Insul  
(Schadensgrad D4)





### Besonderheiten der Schadensfälle vom Hochwasser 2021 (Ahrtal)

**Weggespültes Gebäude** in Insul  
(Schadensgrad D6)



Strukturelle Schäden durch **Anprall von Treibgut** in Schuld (Schadensgrad D4)





### Besonderheiten der Schadensfälle vom Hochwasser 2021 (Ahrtal)

Teileinsturz durch **Fundamentunterspülung**  
in Insul (Schadensgrad D4 - D5)



Gesperrtes Bauwerk mit **Ölkontamination**  
in Altenahr (D2)





### Besonderheiten der Schadensfälle vom Hochwasser 2021 (Ahrtal)

**Fachwerkbau** in Altenburg (D4)



**Fachwerkbau** in Schuld (D3-D4)





### Besonderheiten der Schadensfälle vom Hochwasser 2021 (Ahrtal)

**Verklauste und geschädigte Brücken  
zwischen Altenburg und Altenahr**



**Zerstörte Brücke der Ahrtalbahn in Altenahr**





### Besonderheiten der Schadensfälle vom Hochwasser 2021

**Freigelegte unterirdische Infrastruktur in Schuld**



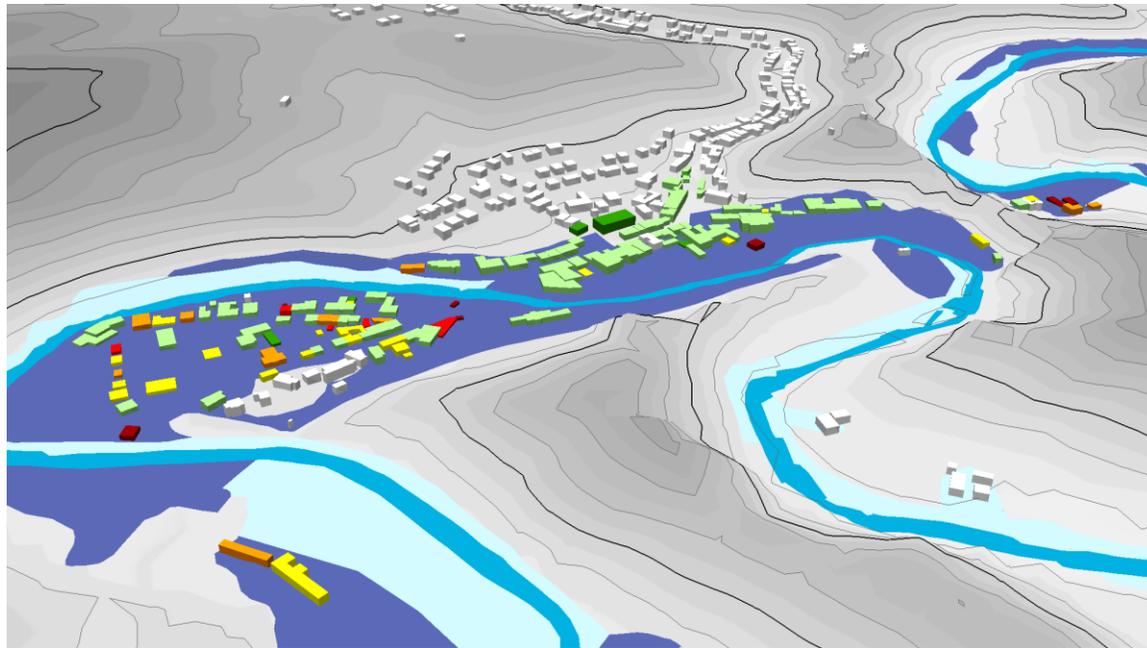
**Zerstörte Straßen in Bad Münstereifel**





# Bewertung der Schäden an der allgemeinen Bebauung in Altenahr → Lagebilder

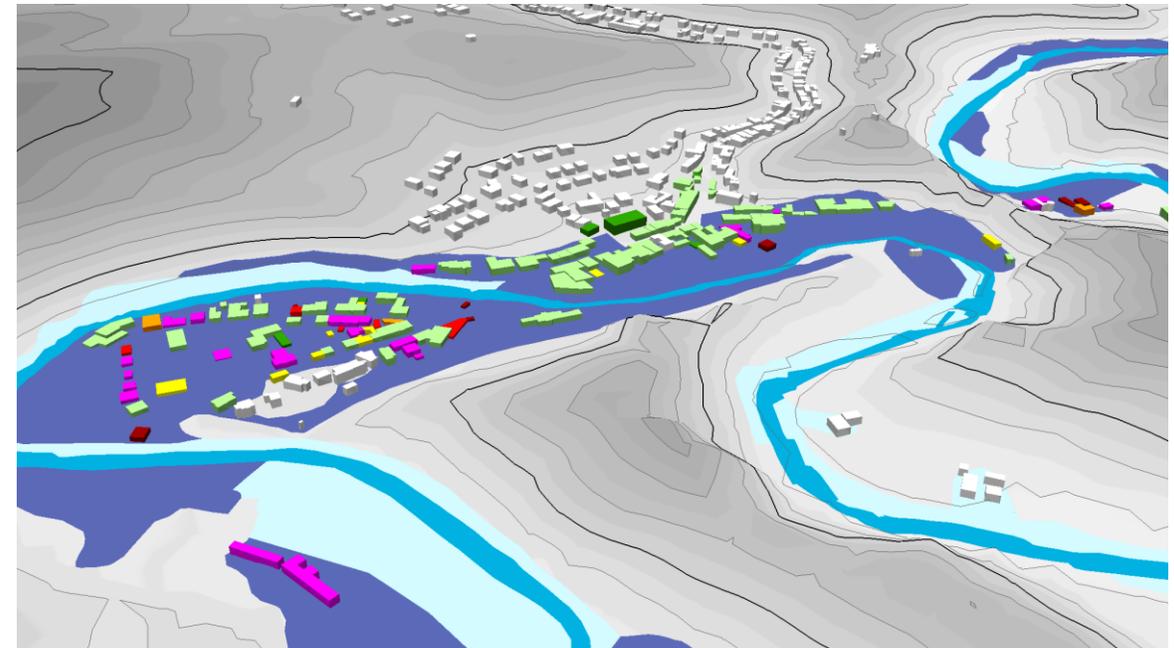
### Schadensgrade nach dem Hochwasser



### Schadensgrad



### Schäden inkl. Abrisse (Stand Oktober 2021)



### Überflutungsgebiet





## Erste Schlussfolgerungen aus dem Hochwasser 2021

Besonderheiten gegenüber normalen Hochwasserereignissen:

- **Extreme Überflutungshöhen** bis > 5m gekoppelt mit hohen Fließgeschwindigkeiten  
→ **schwere strukturelle Schäden** bis zu komplett **weggespülten Gebäuden**,
- **Anprall von Treibgut und Fundamenterosion** → Starke Erhöhung der strukturellen Schäden,
- Austritt großer Mengen **Heizöl** → Erhöhung der Schadenssummen, teilweise Abriss notwendig,
- **Schäden an historischen Fachwerkbauten** → hohe Verletzbarkeit der Bauweise,

**Wie können diese Effekte berücksichtigt werden?**

### 3. Schadens- und Verletzbarkeitsmodelle



#### INNOVARU (2019 – 2021)

**Innovative Vulnerabilitäts- und Risikobewertung urbaner Räume gegenüber Überflutungsereignissen**

**Bundesministerium für Bildung und Forschung**  
**Fördermaßnahme: Zivile Sicherheit - Anwender-Innovativ**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Freistaat  
SACHSEN



**Web:** <https://edac.biz/projekte/innovaru/>



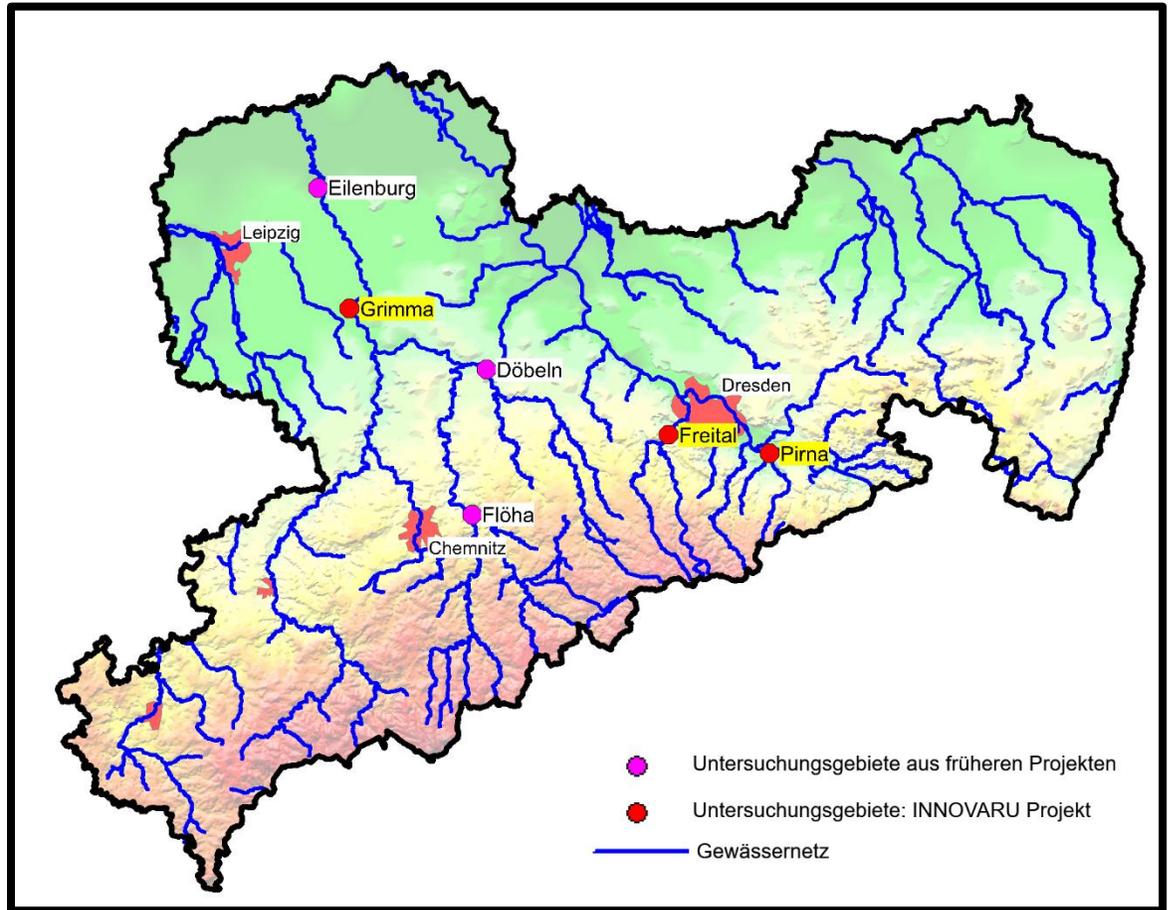
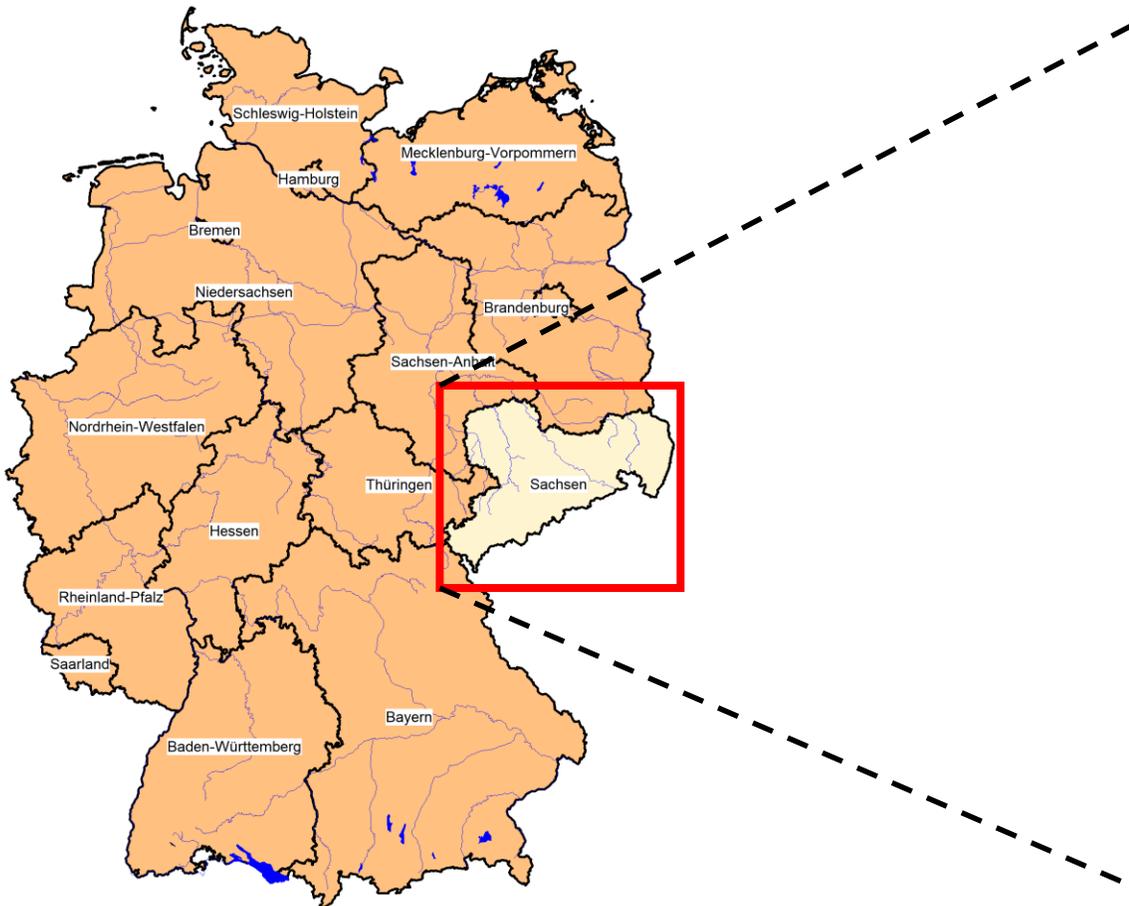
## **Motivation des INNOVARU Projektes (Parallelität zum Hochwasser 2021)**

- Schwere strukturelle Schäden aufgrund hoher Fließgeschwindigkeiten und hoher Verletzbarkeit mancher Bauweisen infolge der Hochwasserereignisse (2002, 2013) und von Sturzflutereignissen (z.B. Braunsbach, 2016),
- Keine (ausreichende) Berücksichtigung dieser Schäden und der unterschiedlichen Verletzbarkeit der Bauweisen bei herkömmliche Hochwasserschadensmodellen,
- Entwicklung verbesserter Ansätze zur Berücksichtigung von Wasserstand und Fließgeschwindigkeit sowie der Verletzbarkeit der Bauwerke (Bauweisen, Geschosszahl ...) bei der Prognose struktureller Schäden infolge Hochwasser.

# 3. Schadens- und Verletzbarkeitsmodelle



## Untersuchungsgebiete





### **EDAC-Hochwasserschadensdatenbank**

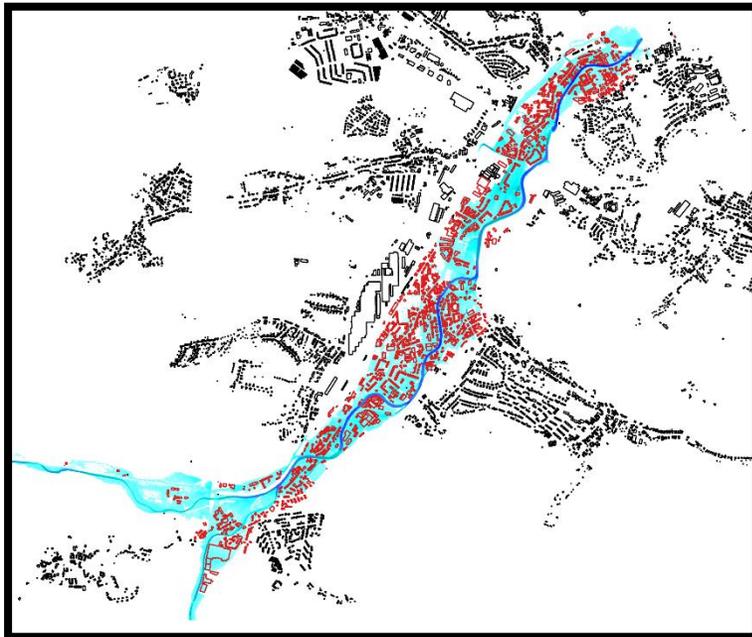
- Umfangreiche Schadensdatenbank mit ca. 5.000 Schadensfällen (1.200 mit Fließgeschwindigkeiten) vom Hochwasser 2002 in Sachsen,

### **Tsunami Schadensdaten vom Tohoku Erdbeben 2011 in Japan**

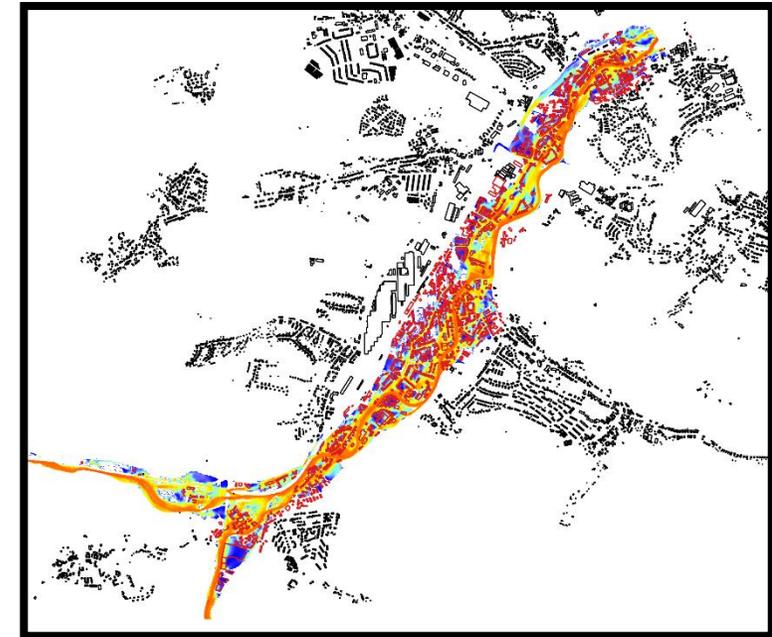
- Schadensdaten des “Ministry of Land, Infrastructure and Transportation (MLIT)”
- 238.000 Schadensfälle mit Bauweisen, Schadensgraden und Wasserhöhen  $h$
- Abschätzung der Fließgeschwindigkeiten entsprechend der Küstensituation „Ria“ oder „Plain coast“ (Maiwald & Schwarz, 2017)

## 2D - Hochwasserszenarien: Beispiel Freital (2002)

### Wasserstand



### Fließgeschwindigkeit



Übernahme der Berechnungsergebnisse vom Projektpartner LfULG

### 3. Schadens- und Verletzbarkeitsmodelle



## Hochwasserverletzbarkeitsklassen (Schwarz & Maiwald, 2007)

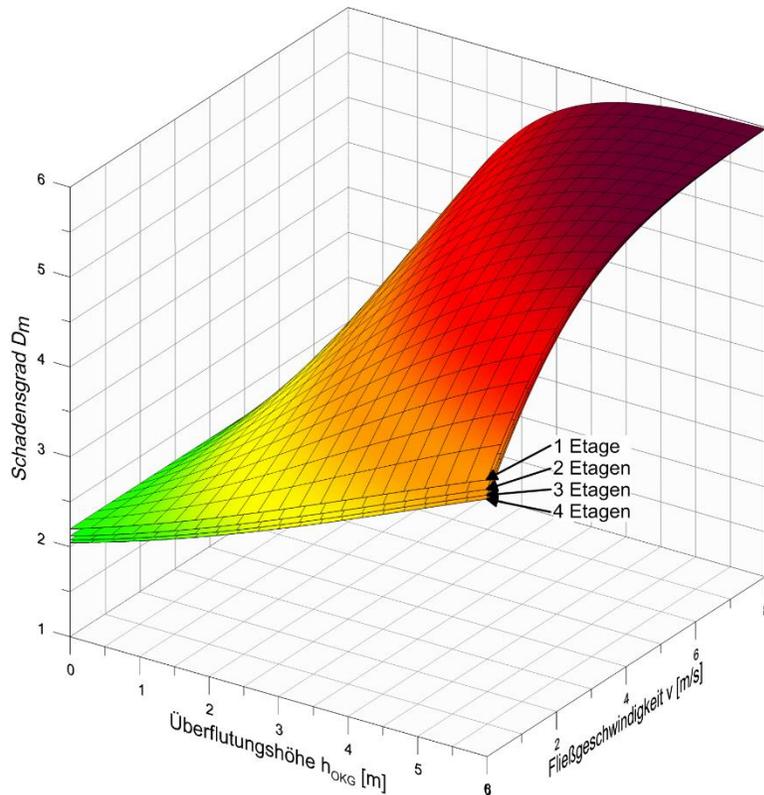
Klassifikation der Bauweisen		Hochwasserverletzbarkeitsklasse HW-					
Hauptbauweise	kurz	A	B	C	D	E	F
Lehmbauweise	Lehm	○					
Fertigteilbauweise	FT	┌──○──┐					
Fachwerkbauweise	FW	┌──○──┐	...				
Mauerwerksbauweise	MW	┌──○──┐	...				
Stahlbetonbauweise	STB			┌──○──┐			
<i>Flood Resistant Design</i>	<i>FRD</i>				┌──○──┐		
<i>Flood Evasive Design</i>	<i>FED</i>						○

- wahrscheinlichste Verletzbarkeitsklasse
- möglicher Streubereich
- ... wenig wahrscheinlicher Streubereich, seltene Fälle

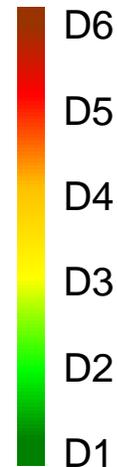
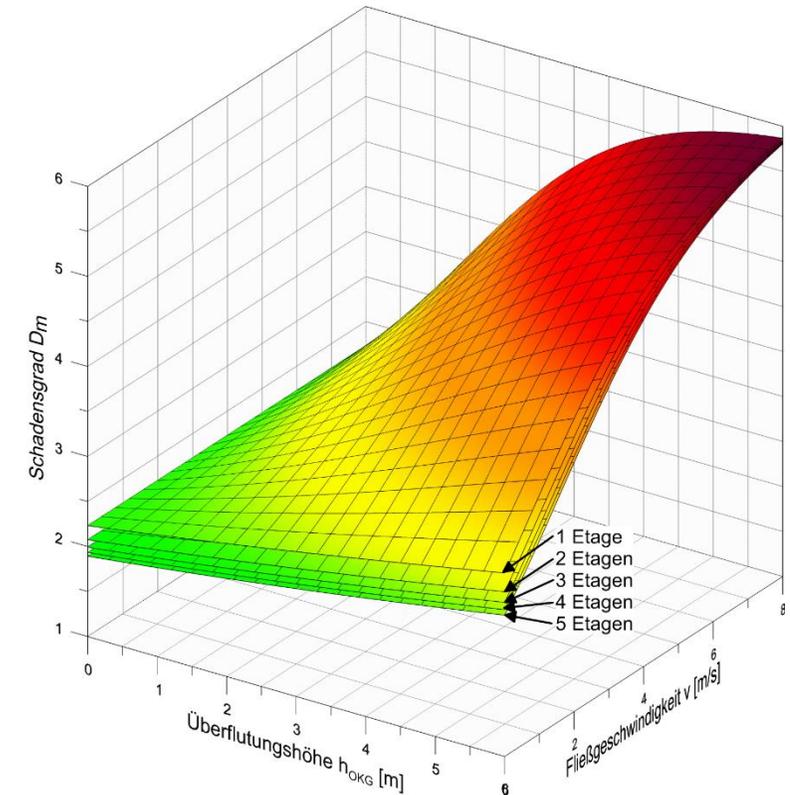


## Berücksichtigung von Wasserstand, Fließgeschwindigkeit und Etagenzahlen (Variante 2)

### HW-B



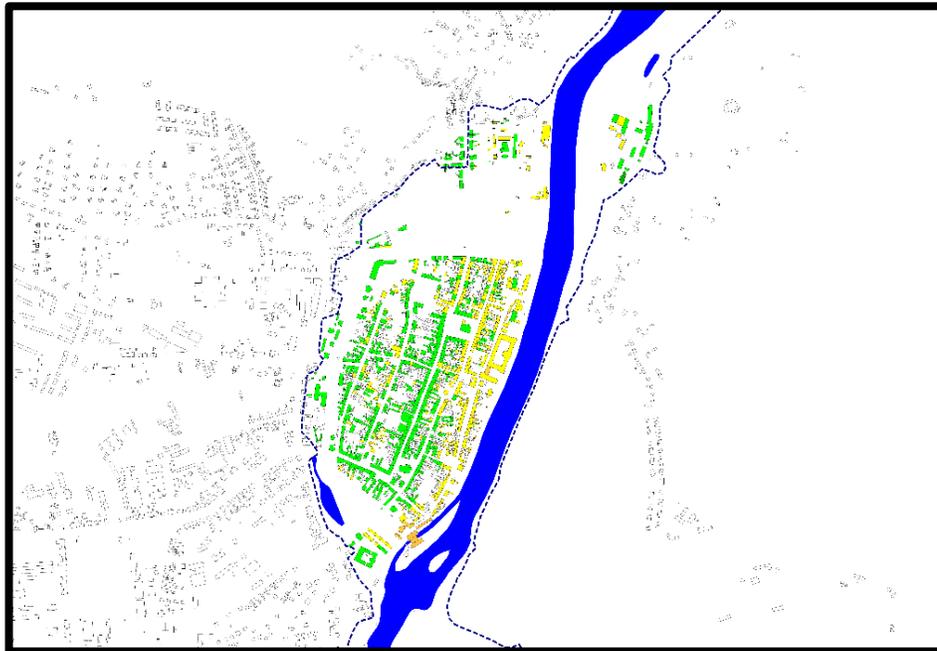
### HW-C



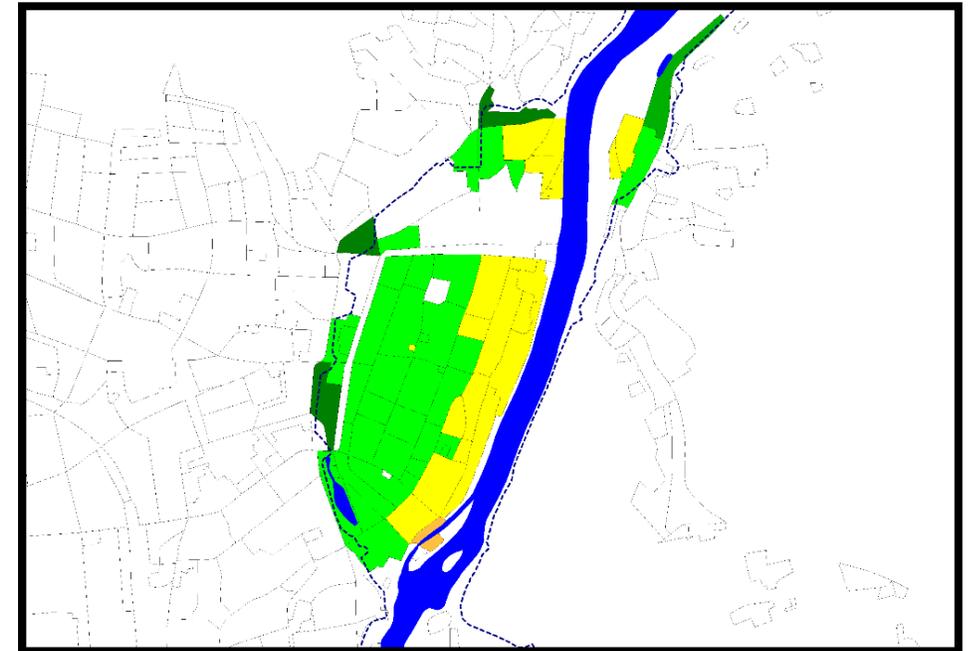


## Validierung des neuen Ansatzes am HW 2002 (Beispiel Grimma, Variante 2)

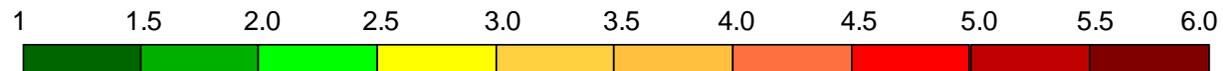
### Einzelgebäude



### ATKIS – Landnutzung (aggregiert)



Mittlerer  
Schadensgrad  $D_m$

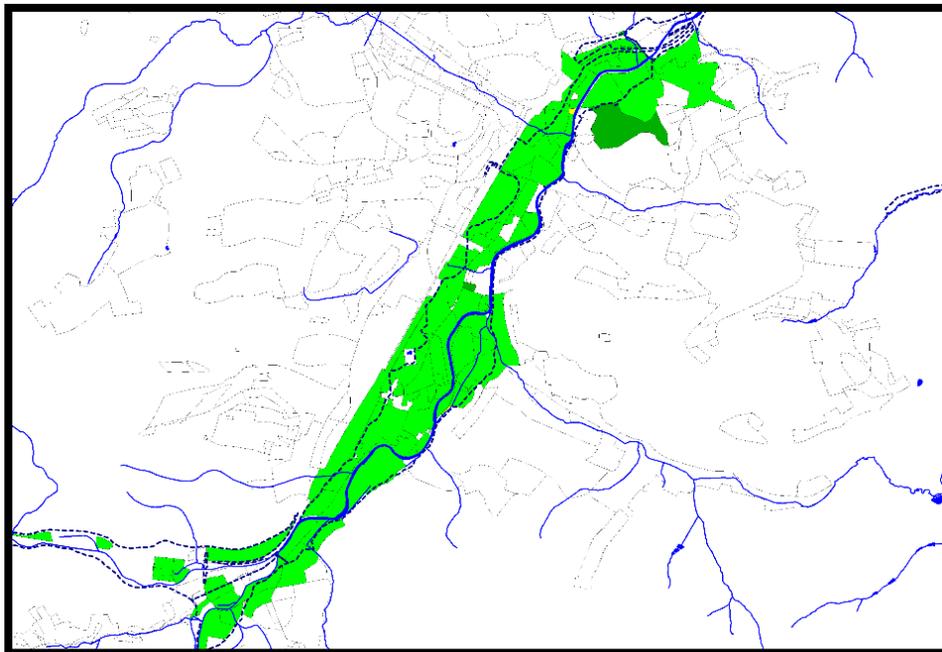


Kein Schaden beobachtet

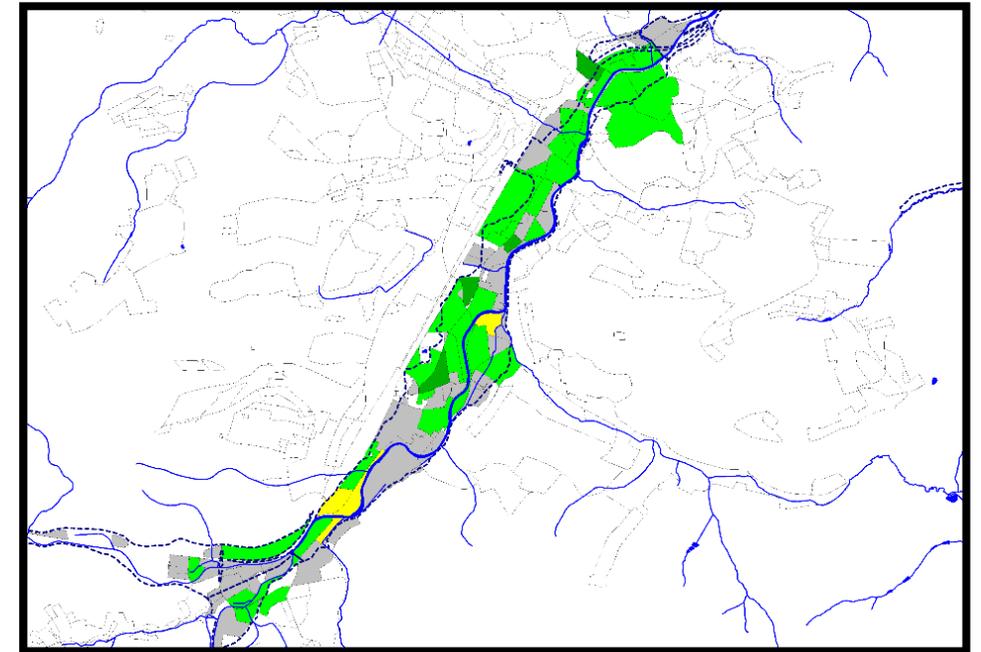


## Vergleich der Ergebnisse in den Landnutzungsflächen: Freital (Variante 2)

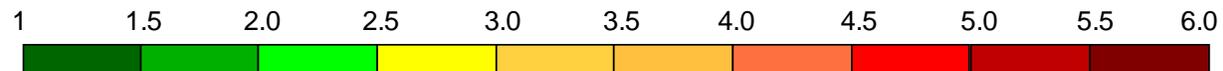
### Berechnung



### Beobachtung



Mittlerer Schadensgrad  $D_m$



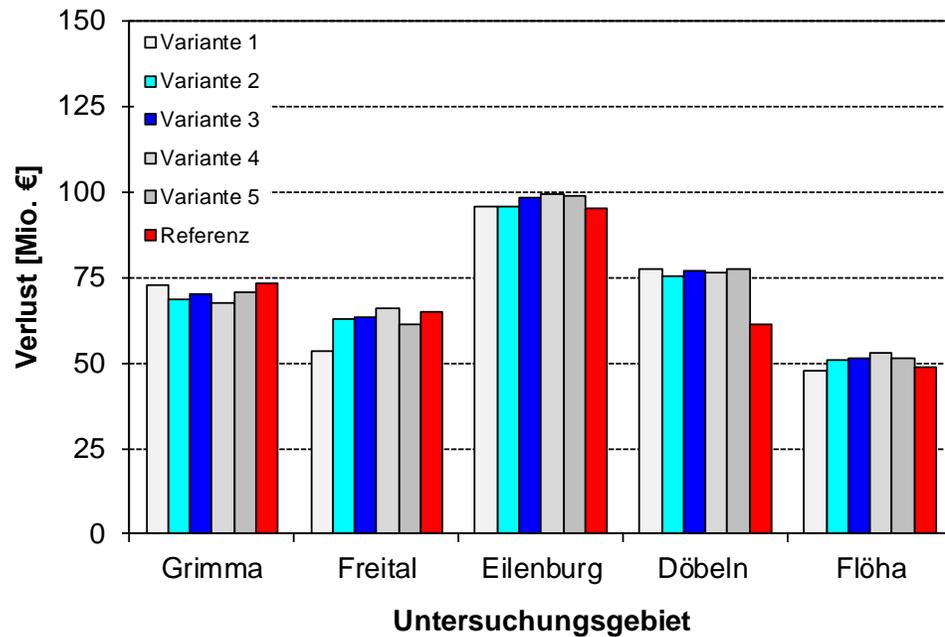
Kein Schaden beobachtet



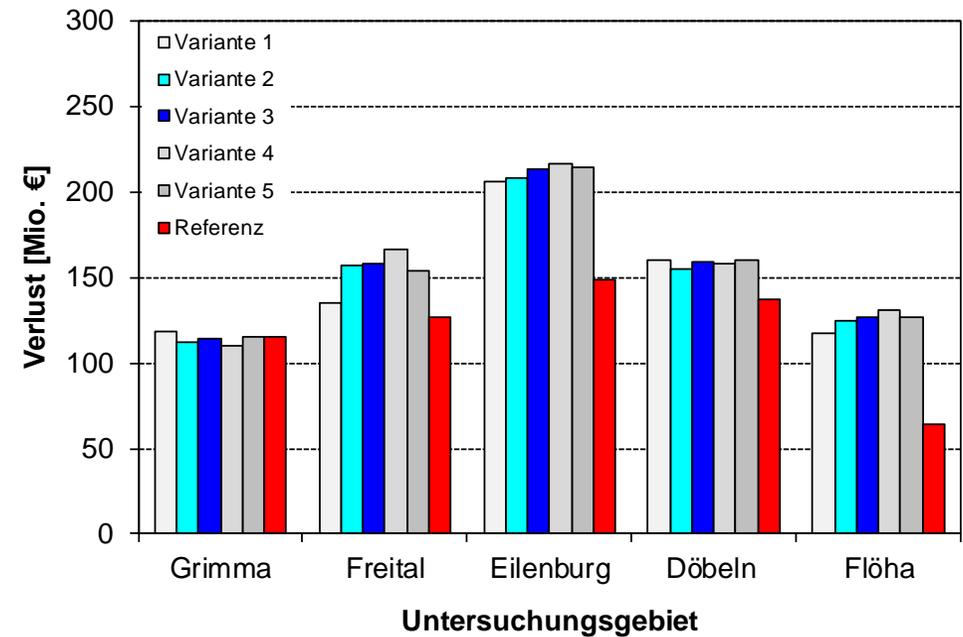
Keine Schadensdaten vorhanden

## Spiegelung der Verluste aus den Varianten 1 – 5 (SVF Typ 3b) mit EDAC - Schadensfunktionen SDF Typ 2 am HW 2002

### Wohnbebauung



### Gesamtbestand



Referenz: Finale Kostenabrechnung der SAB (skaliert)



### **Forschungsbedarf:**

- Erhöhung der strukturellen Schäden verursacht durch den Anprall von Treibgut und Fundamenterosion,
- Schadenserhöhung durch Ölkontaminationen,
- Auswertung der Schadensdaten des Hochwassers 2021 (Zugänglichkeit der Schadensgutachten?)

Schnelle Erfassung unmittelbar nach dem Ereignis notwendig (Zeitfenster nach Beginn der Aufräumarbeiten, Beseitigung von Treibgut, Abrisse, ....)

- Einsatz von Drohnen zur Schadenserfassung (Sicherung des IST-Zustandes und Lageaufklärung aus der Luft)
- Schaffung einer Einsatzgruppe für die Schadensaufnahme (Task Force)