

Conference Paper, Published Version

**Schinke, Reinhard; Neubert, Marco; Hennersdorf, Jörg**  
**Modellierung von Gebäudeschäden infolge von**  
**Grundhochwasser auf Grundlage gebäudetypologischer**  
**Untersuchungen und synthetisch ermittelter**  
**Schadensfunktionen**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103518>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Schinke, Reinhard; Neubert, Marco; Hennersdorf, Jörg (2013): Modellierung von Gebäudeschäden infolge von Grundhochwasser auf Grundlage gebäudetypologischer Untersuchungen und synthetisch ermittelter Schadensfunktionen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Technischer und organisatorischer Hochwasserschutz - Bauwerke, Anforderungen, Modelle. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 48. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 365-372.

**Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# **Modellierung von Gebäudeschäden infolge von Grundhochwasser auf Grundlage gebäudetypologischer Untersuchungen und synthetisch ermittelter Schadensfunktionen**

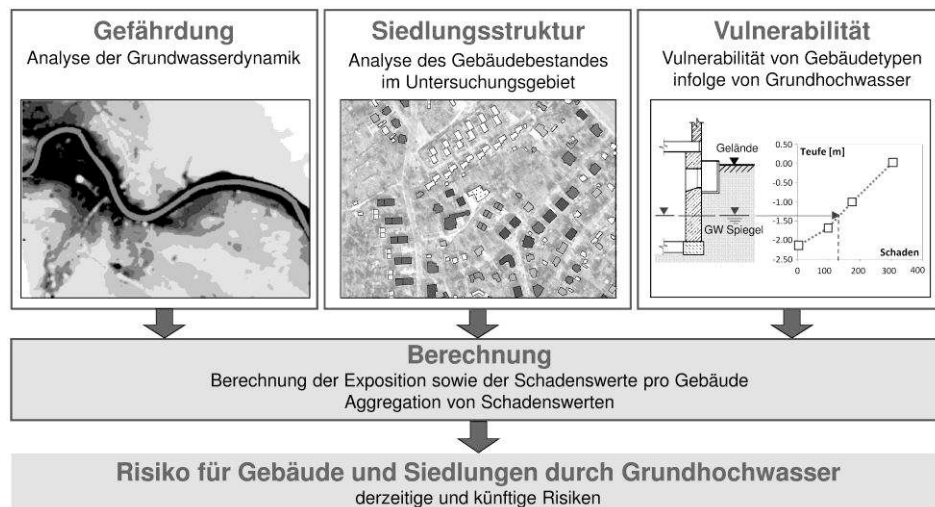
Reinhard Schinke  
Marco Neubert  
Jörg Hennersdorf

Der infolge von Hochwasserereignissen zu beobachtende Grundwasseranstieg stellt ein nicht unerhebliches Risiko für die unterirdische Bebauung dar. Um diese Risiken erfassen zu können, wurde das Schadenssimulationsmodell Grundhochwasser (GRUWAD) entwickelt. Im Mittelpunkt des Modells steht die synthetische Analyse der Vulnerabilität von unterirdisch gelegenen Gebäudeteilen infolge von Grundhochwasser. Der Ansatz basiert im Wesentlichen auf einer stufenweisen, virtuellen Flutung ausgewählter Repräsentanten von Gebäudetypen und der ingenieurmäßigen Ermittlung notwendiger Wiederherstellungskosten. Die daraus abgeleiteten Schadensfunktionen werden GIS-basiert den Gebäuden jedes Gebäudetyps zugeordnet, was in Abhängigkeit des örtlichen Grundwasserstands die Berechnung der Exposition und der Schadenswerte pro Gebäude ermöglicht. Damit wird eine hohe räumliche Auflösung erzielt. Am Beispiel des Elbtalgrundwasserleiters und der Gebäudesubstanz von Dresden werden dazu grundlegende Ergebnisse der Anwendung aufgezeigt.

Stichworte: Hochwasser, Grundhochwasser, Schadensmodellierung, Risikoanalyse, synthetische Schadensfunktionen

## **1 Methodischer Ansatz**

Der entwickelte Ansatz für das Schadenssimulationsmodell Grundhochwasser (GRUWAD) hat einen modularen Aufbau. Die Abb. 1 zeigt die Modellstruktur mit den drei Input-Modulen, dem Berechnungsmodul sowie den generellen Modellergebnissen, die insbesondere die Risiken für Gebäude und Siedlungen infolge von konkreten Grundhochwasserszenarien abbilden (Schinke et al. 2012).



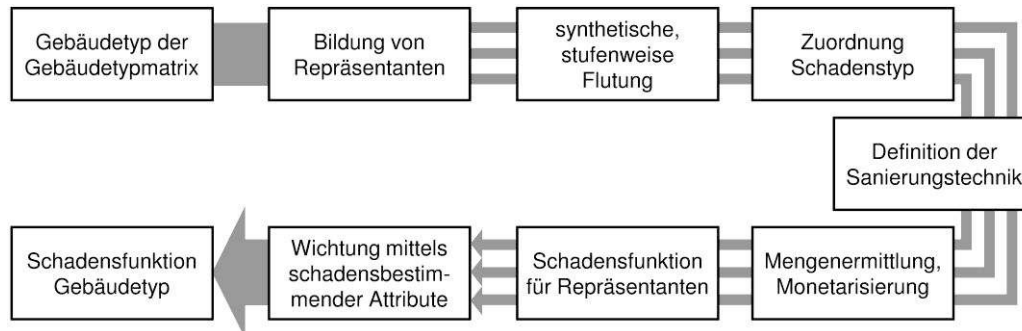
**Abbildung 1:** Modellschema GRUWAD zur Ermittlung von Grundhochwasserschäden (Schinke et al. 2012)

Das Modul *Gefährdung* dient der Analyse der Grundwasserströmungsverhältnisse als Folge eines abgelaufenen hydro-meteorologischen Ereignisses bzw. der Projektion künftiger Ereignisse im Zuge von Szenarienanalysen. Zur Integration der Berechnungsergebnisse in das Schadensmodell ist es erforderlich, den berechneten, instationären Grundwasserspiegel durch einen charakteristischen und schadensrelevanten Parameter zu substituieren. Mit dem "Minimalen Grundwasserflurabstand" wird dabei ein Parameter definiert, der in einem spezifizierten Zeitraum während und nach einem Hochwasserereignis auftritt. Dieser wird für das Modellgebiet räumlich hoch aufgelöst ermittelt und für die Schadensberechnung herangezogen.

Das Modul *Siedlungsstruktur* zielt auf die Zusammenfassung von Gebäuden ab, die hinsichtlich Größe, Bauweise, Grundrissgestaltung, Konstruktionslösungen und Baumaterialien vergleichbar sind. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass eine vergleichbare Einwirkung (Überflutungshöhe) zu ähnlichen Schäden an den Gebäuden des gleichen Typs und damit zu einem charakteristischen Verlauf der Schadensfunktion führt. Für eine derartige Differenzierung des Gebäudebestandes wird ein Gebäudetypenansatz genutzt, der die Eigenschaften jedes einzelnen Gebäudes im Hinblick auf die Bebauungsart und das Baualter untersucht. Der Bezug zu jedem einzelnen Gebäude sichert dabei die hohe räumliche Auflösung des Schadensmodells über die verschiedenen räumlichen Maßstabsebenen.

Die nach Bebauungsart und Baualter differenzierten Gebäudetypen sind Basis für die synthetischen Untersuchungen des Gebäudebestandes im Modul *Vulnerabilität*. Aufbauend auf Naumann et al. (2009) wird die in Abbildung 2 dargestellte, synthetische Herangehensweise genutzt, um die Schadensfunktionen von

unterirdisch gelegenen Gebäudeteilen infolge von Grundhochwasser zu bestimmen.

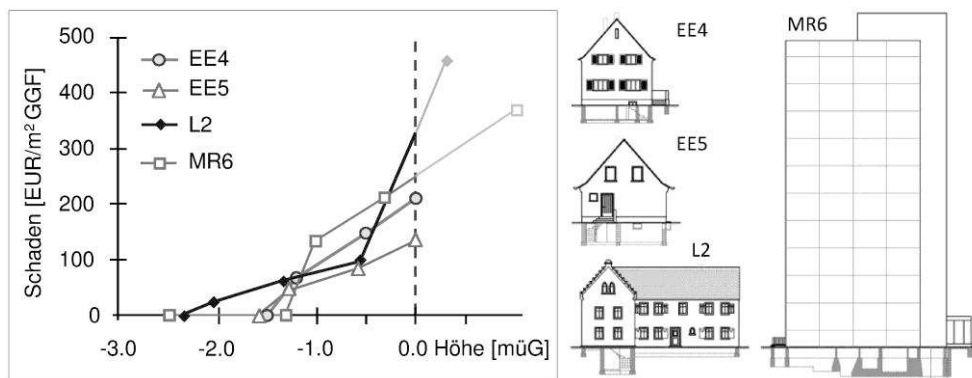


**Abbildung 2:** Synthetische Prozedur zur Ermittlung der Schadensfunktion (Naumann et al. 2009, modifiziert)

Den Ausgangspunkt bildet die qualifizierte Auswahl geeigneter Gebäuderepräsentanten, die charakteristisch im Sinne des Schadensverhaltens für eine bestimmte baualtersspezifische Bebauungsart sind. Zur Analyse der Schäden werden diese Repräsentanten - im Hinblick auf verschiedene Grundwasserstände - stufenweise synthetisch geflutet. Die Lage der Stufen ist so festgelegt, dass der potenzielle Schadensumfang sinnvoll abgrenzbar ist. In Abhängigkeit des betrachteten Schadenstyps und der Überflutungsstufe sind zur Beseitigung der Schäden entsprechende Bauleistungen erforderlich, die konkrete Wiederherstellungskosten bedingen. Das Vorgehen dieser Untersuchungen entspricht damit dem Prinzip einer Schadensexpertise mit der Festlegung von Sanierungsleistungen und -kosten, wodurch sich eine hohe Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ergibt. Sowohl die Untersuchung mehrerer Repräsentanten als auch die spezifische Analyse schadensbestimmender Attribute und deren Berücksichtigung bei der Wichtung der Schadensfunktionen erhöht die Bestimmtheit der Funktionen für den Gebäudetyp (Schinke et al. 2012). Beispiele für das Ergebnis der Vulnerabilitätsuntersuchungen zeigt Abbildung 3.

Das Modul *Berechnung* ermittelt GIS-basiert die Exposition und die Schadenswerte für jedes einzelne Gebäude. Auf Basis des Gebäudelayers bzw. der Gebäudepolygone werden die für unterschiedliche Szenarien simulierten minimalen Grundwasserflurabstände mit den Informationen zum jeweiligen Gebäudetyp und der Schadensfunktion verbunden, so dass für ein definiertes Untersuchungsgebiet Schadensabschätzungen möglich werden.

Bei der Modellentwicklung von GRUWAD wurde auf die in Neubert et al. (2008) beschriebene konzeptionelle Architektur des Modells HOWAD zurückgegriffen. Dieses wurde im Hinblick auf die spezifischen Anforderungen des Grundhochwassers, der veränderten Eingangsgrößen sowie der Randbedingungen weiterentwickelt und angepasst.



**Abbildung 3:** Beispiele für Schadensfunktionen infolge Grundhochwasser

## 2 Ergebnisse der Fallstudie Dresden

Als Fallstudie für den Aufbau und den Test des Schadensmodells diente der Elbtalgrundwasserleiter im Stadtgebiet von Dresden. Hier wurden etwa 23.000 Wohn- und Nichtwohngebäude betrachtet, die während des Hochwasserereignisses von 2002 durch einen Grundwasserflurabstand von weniger als 3,5 m betroffen waren.

Dazu wurde vom Dresdner Grundwasserforschungszentrum (DGFZ e.V.) mit der Software PCGEOFIM<sup>®</sup> ein Grundwasserströmungsmodell aufgebaut, welches auf die Abbildung eines HQ 100-Ereignisses der Elbe mit saisonal bedingten Effekten für das Grundwasser (Sommer, Winter) fokussiert sowie die Wirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen betrachtet.

Die Kartierung der Gebäudetypen erfolgte im Wesentlichen durch die Interpretation von aktuellen und historischen Luftbildern bzw. Karten, statistischen Informationen sowie Ortsbegehungen. Als ein Ergebnis dieser Kartierung ist in Abbildung 4 die Gebäudetypenmatrix der Wohngebäude dargestellt. Sie enthält die aufsummierten Flächenanteile für die einzelnen Gebäudetypen. Für alle Wohngebäudetypen mit einem Flächenanteil von über 1 % wurden synthetische Schadensfunktionen ermittelt. Dabei fanden schadensbestimmende Attribute wie der Ausbauzustand, der Unterkellerungsanteil und die Einbindetiefe eine gesonderte Berücksichtigung. Für ausgewählte Nichtwohngebäudetypen wie Schulen, Kindertagesstätten, Büro- und Verwaltungsgebäude konnten ebenfalls synthetische Funktionen ermittelt werden. Darüber hinaus wurde ein vereinfachter Ansatz zur Abschätzung der Funktionen erschlossen.

Bebauungsart		EE	ME	L	HM	ER	MRO	MRG
Baualter	vor 1870 Holz / Holzskelett	1						
	vor 1870 Massivbau	2	0,0	0,4	3,6	0,4	0,0	0,3
	1870-1918 Massivbau	3	1,7	16	0,2	0,98	0,3	14
	1919-1945 überwiegend Massivbau	4	2,7	3,7		0,0	3,1	12
	1946-1990 Massivbau	5	1,6	0,4			0,6	7,2
	1970-1990 Platten und Skelettbau	6		1,6				7,9
	nach 1990 überwiegend Massivbau	7	2,5	6,8	0,1	0,0	1,6	9,5

**Bebauungsarten:**

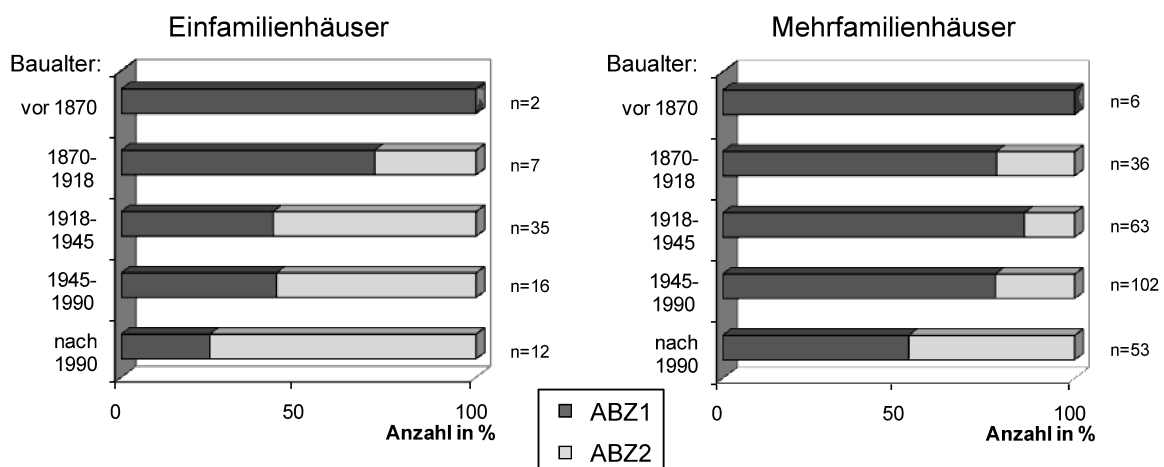
EE ... Einzel stehende Einfamilienhäuser  
ME ... Mehrfamilienhäuser, offene Bebauung  
L ... Ländliche Wohngebäude  
HM ... Hochwertige Mehrfamilienhäuser / Villen  
ER ... Doppel- und Reihenhäuser  
MRO ... In Reihe stehende Mehrfamilienhäuser, offene Blockstruktur  
MRG ... In Reihe stehende Mehrfamilienhäuser geschlossene Blockstruktur

**Anteil an der Gebäudegrundfläche:**

■ >5%    □ ≤1%  
■ 2 - 5%    □ keine Relevanz  
■ 1 - 2%    □

**Abbildung 4:** Gebäudetypenmatrix mit den Grundflächenanteilen der Wohngebäude aus der Fallstudie Dresden

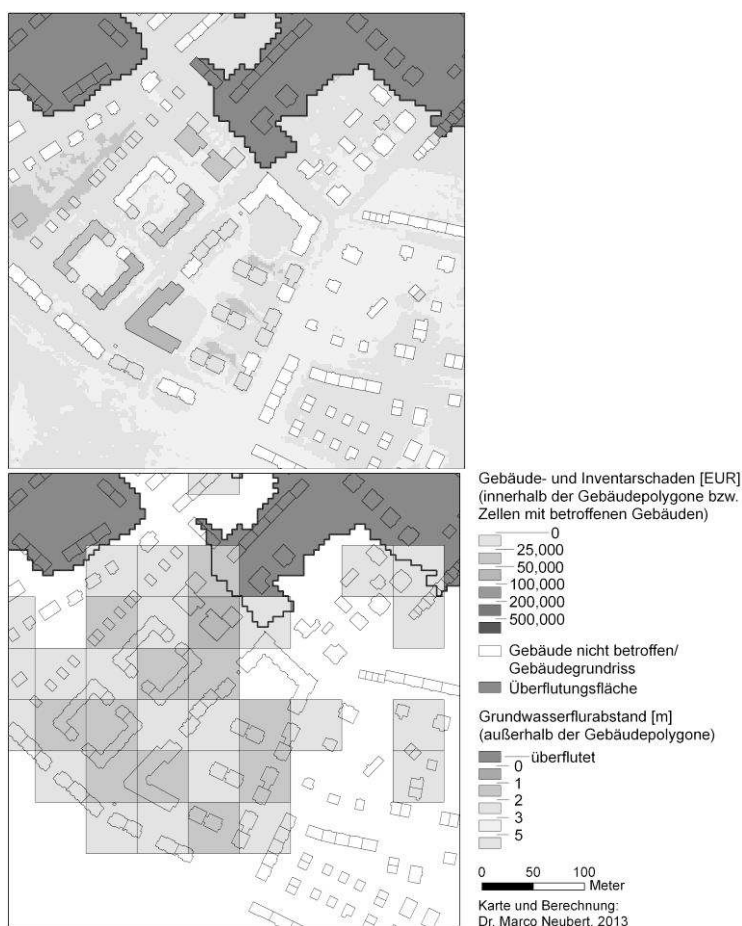
Zur Bestimmung dieser Attribute konnten u.a. die Ergebnisse einer Telefonbefragung genutzt werden, die das SOKO Institut Bielefeld im August und September 2007 durchführte. Beispielsweise wurde die Charakterisierung des Ausbauzustandes (ABZ) anhand der angegebenen Nutzungen im Kellergeschoss vorgenommen (ABZ 1: geringwertige Nutzung, ABZ 2: hochwertige N.). Die Abbildung 5 zeigt dazu die abgeleitete Verteilung gering- und hochwertig genutzter Kellergeschosse. Daran wird deutlich, dass bei jüngeren Gebäuden - insbesondere bei den Einfamilienhäusern - zunehmend auch eine höherwertige Nutzung des Kellergeschosses anzutreffen ist. Auf Basis der dargestellten Verteilungen erfolgte die Wichtung der Funktionen mit Ausbauzustand 1 und 2 zur Schadensfunktion des Gebäudetyps.



**Abbildung 5:** Ableitung von Ausbauzuständen (ABZ) als Basis für die Wichtung der entsprechenden Funktionen.

In Zusammenführung der dargestellten Datengrundlagen konnten die Folgen eines HQ 100-Hochwasserereignisses der Elbe auf das Grundwasser und die unterirdische Bebauung ermittelt werden. In Auswertung und Interpretation der Berechnungsergebnisse ließen sich die Risiken gegenüber Grundhochwasser

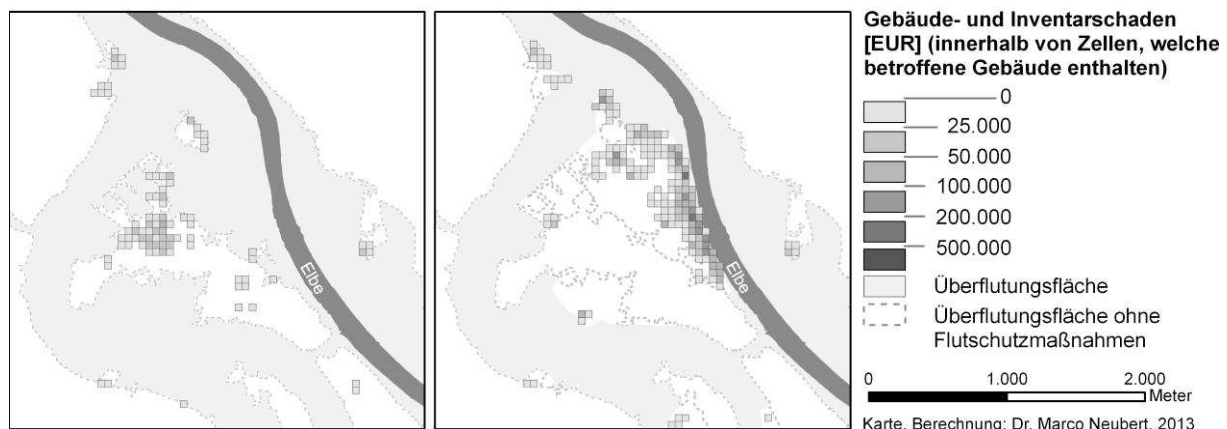
darstellen und die Wirkung von Schutzkonzepten aufzeigen. Die Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt der Ergebnisse mit den gebäudescharf ermittelten Schadenswerten (Abb. 6 links) sowie eine Möglichkeit für die räumliche Aggregation der Daten zu Schadenszellen (Abb. 6 rechts). Weitere Aspekte der Auswertung ergeben sich darüber hinaus mit einer differenzierten Betrachtung der Gebäude und -typen und spezifischer Aspekte zu den Hochwasser- bzw. Grundhochwasserverhältnissen.



**Abbildung 6:** Ergebnis der Schadensmodellierung mit den potentiellen unterirdischen Gebäudeschäden infolge Grundhochwasser (Winterhochwasser HQ 100 ohne Hochwasserschutzmaßnahmen) – links: Gebäudescharf ermittelte Schadenswerte; rechts: Beispiel einer Datenaggregation (Schadenszellen 50 x 50 m); Datenquelle: Digitale Stadtkarte (2006/07), Überflutungsflächen: LH Dresden; Grundwasserflurabstände: DGFZ e.V.

Im Hinblick auf die grundlegenden Ziele des Schadenssimulationsmodells zeigt Abbildung 7 Ausschnitte für das Winterhochwasserszenario HQ 100 mit bzw. ohne die Wirkung ausgewählter Hochwasserschutzmaßnahmen. Die dargestellten Schadenszellen (50 x 50 m Raster) ergeben sich aus den ermittelten, unterirdischen Gebäudeschäden infolge Grundhochwasser. Die Wirkung der Barriersysteme gegenüber der oberirdischen Überflutung ist darüber hinaus an

den verringerten Überflutungsflächen erkennbar. In den Vorteilsgebieten wird somit ersichtlich, dass mit geringen Grundwasserflurabständen und entsprechenden unterirdischen Gebäudeschäden zu rechnen ist. Die ausgewiesenen Schäden in diesem Bereich wären bei Nutzen-Kosten-Untersuchungen für die Hochwasserschutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Die Hochwasserschutzmaßnahmen bedingen außerhalb von Überflutungsflächen und Vorteilsgebieten in der Regel auch abnehmende Schäden durch Grundhochwasser, die sich u. a. mit verringerten Versickerungsflächen begründen lassen.



**Abbildung 7:** Unterirdische Gebäudeschäden infolge Grundhochwasser als Folge eines Winterhochwassers HQ 100 – links: ohne HW-Schutzmaßnahmen; rechts: mit HW-Schutzmaßnahmen; Datenquelle Überflutungsflächen: LH Dresden

### 3 Schlussfolgerungen

Anhand der durchgeführten Untersuchungen wurde deutlich, dass Grundhochwasser ein zusätzliches Gefahren- und Schadenspotenzial darstellt und demzufolge in das Hochwasserrisikomanagement integriert werden sollte. Mit dem innovativen Modellansatz von GRUWAD lassen sich dabei die Risiken für unterirdisch gelegene Gebäudeteile unter Einbeziehung der flutbeeinflussten Randbedingungen berechnen und flächendifferenziert ausweisen. Die hohe räumliche Auflösung der Ergebnisse liefert eine entscheidende Voraussetzung für die Nutzung des Ansatzes im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Nutzen-Kosten-Untersuchungen).



## 4 Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes "Entwicklung multisequenzieller Vorsorgestrategien für grundhochwassergefährdete urbane Lebensräume" (MULTISURE, FKZ: 0330755). Die Landeshauptstadt Dresden unterstützte die Projektarbeiten als Leadpartner insbesondere mit der Bereitstellung von Informationen aus dem Untersuchungsgebiet.

## 5 Literatur

- Naumann, T.; Nikolowski, J. & Golz, S: Synthetic depth-damage functions - a detailed tool for analysing flood resilience of building types, In: Pasche, E.; Evelpidou, N.; Zevenbergen, C.; Ashley, R. & Garvin, S. (Eds.) Road map towards a flood resilient urban environment. Final conference of the COST action C 22 Urban Flood Management in cooperation with UNESCO-IHP, 2009.
- Neubert, M.; Naumann, T. & Deilmann, C.: Synthetic water level - building damage - relationships for GIS-supported flood vulnerability modelling of residential properties. In: Samuels, P., Huntington, S., Allsop, W. & Harrop, J. (eds.): Flood Risk Management - Research and Practice, Proceedings of the European Conference on Flood Risk Management (FLOODrisk 2008), Oxford, UK, 30 Sept - 2 Oct 2008, CRC Press/Balkema, 2008, 1717-1724.
- Schinke, R.; Neubert, M.; Hennersdorf, J.; Stodolny, U.; Sommer, T. & Naumann, T. 2012: Damage estimation of subterranean building constructions due to groundwater inundation – the GIS-based model approach GRUWAD, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 2865–2877, 2012.

Autoren:

Dr.-Ing. Reinhard Schinke  
Dr. rer. nat. Marco Neubert  
Dipl.-Vw. Jörg Hennersdorf

Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden

Tel.: +49 351 4679 246  
Fax: +49 351 4679 212  
E-Mail: R.Schinke@ioer.de,  
M.Neubert@ioer.de,  
J.Hennersdorf@ioer.de