

---

# Integrierte räumliche Schadensanalysen zum Aufbau der Datenhaltungskomponente eines webbasierten Entscheidungsunterstützungssystems

Marco NEUBERT und Rico VOGEL

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR), Dresden · m.neubert@ioer.de

## 1 Einführung

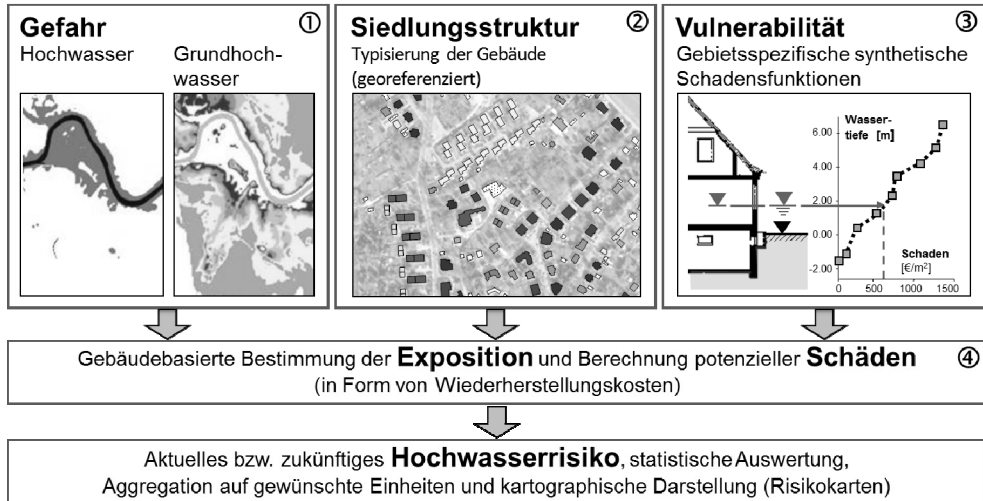
Naturgefahren, Klimawandel sowie anthropogene Umweltbelastungen können für Städte und Regionen zu ernst zu nehmenden Risiken führen. Die räumliche Planung und Steuerung hat erheblichen Bedarf an Informationen und Hilfsmitteln für die Unterstützung von Entscheidungen. Umso stärker rücken Methoden und Instrumente der raumbezogenen integrativen Risikoanalyse in den Mittelpunkt. Ausgehend von umfassenden Forschungsarbeiten zu Hochwasserschäden wurden in den letzten Jahren Modellkomponenten zur räumlich hoch auflösenden Schadens- und Risikoanalysen für Städte und Regionen bis auf die Ebene einzelner Gebäude entwickelt (SCHINKE et al. 2012; NEUBERT et al. 2014). Die einzelnen Modellkomponenten zur Simulation potenzieller Gebäudeschäden durch Gefahren wie Hochwasser (HOWAD) oder Grundhochwasser (GRUWAD) unter Berücksichtigung von Bauvorsorgeoptionen (HOWAD-Prevent) wurden zum *Integrated Spatial Vulnerability and Risk Assessment Tool* (IVART) zusammengeführt. Ergänzend sind mittlerweile auch Schadenspotenziale an Gebäuden durch Kanalüberstau infolge von Starkregen modellierbar.

Das Werkzeug ist als Impact-Modell eingebunden in die Operationalisierung eines fragestellungs- und gebietsspezifischen Szenarioansatzes zur Exploration zukünftiger Entwicklungen von Städten und Regionen durch regionale Akteure (SCHANZE & SAUER 2011). Der Ansatz wird gegenwärtig am Beispiel der Modellregion Freistaat Sachsen erprobt. Neben IVART kommen zur Ex-Ante-Analyse der Folgen von Projektionen des Klimawandels und des gesellschaftlichen Wandels weitere Modellwerkzeuge zum Einsatz.

Aufgrund der Vielschichtigkeit des Szenarioansatzes wird im Zuge der Umsetzung eine multidimensionale (Geo-)Datenbasis aufgebaut, deren gesamtes Datenvolumen bzw. Datensatzanzahl erheblich sein wird. Dies hat folgende Ursachen: 1. die Berechnungen für die Gesamtfläche des Freistaates Sachsen erfolgen räumlich und teilweise auch zeitlich hoch auflösend (z. B. gebäudescharfe integrierte Schadensanalysen), 2. im Rahmen des Szenarioansatzes werden eine Vielzahl von Themen bzw. Indikatoren untersucht und 3. bei den Untersuchungen werden verschiedene Kombinationen von Projektionen des klimatischen bzw. gesellschaftlichen Wandels und von Handlungsoptionen betrachtet (Zukünfte).

## 2 Integrierte Schadensmodellierung

Um potenzielle Schäden zu modellieren und das resultierende Risiko zu bestimmen, werden durch das empirische Modell vier Module gekoppelt (siehe Abb. 1):



**Abb. 1:** Modularer Aufbau des Schadenssimulationsmodells IVART am Beispiel von (Grund-)Hochwassergefahren (verändert nach SCHINKE et al. 2012)

1. Räumliche Gefahrendaten: z. B. Ergebnisse der hydrologisch-hydrodynamische Modellierung zur Ermittlung der Wassertiefe bei bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeiten;
2. Räumlich hoch auflösende Informationen zu Rezeptoren: z. B. mittels eines Stadtstrukturtypenansatzes (SST) klassifizierte Gebäude;
3. Vulnerabilitätsanalyse der Rezeptoren: z. B. bauingenieurtechnisch ermittelte, gebietspezifische synthetische Schadensfunktionen von Gebäuden gegenüber Überflutung;
4. Ermittlung der Exposition und Schadensberechnung: z. B. gebäudebasierte Kalkulation potenzieller Schäden (in Form von Wiederherstellungskosten).

Das Ergebnis sind Informationen zum Hochwasserrisiko für den aktuellen Zustand oder für Zukunftsprojektionen. Diese lassen sich statistisch auswerten, auf beliebige räumliche Einheiten aggregieren und kartographisch darstellen. Die Herausforderung besteht hauptsächlich in der Erstellung der Eingangsdaten bzw. der empirischen Ableitung der Schadensfunktionen und erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Dies ist insbesondere durch die Vorgehensweise bedingt und gleichzeitig die Voraussetzung für problemadäquate und fundierte Ergebnisse mit hoher räumlicher Auflösung als das besondere Merkmal des IVART-Werkzeugs. Die bisher bearbeiteten Fallstudien in Bezug auf Hochwasserschäden für die deutsche Elbtalau sowie die Städte Dresden, Valencia (Spanien) und Heywood, Greater Manchester (UK) demonstrieren die Anwendungsmöglichkeiten des Modellwerkzeugs bzw. seiner Vorläuferentwicklungen (NEUBERT et al. 2014; SCHINKE et al. 2012; GOLZ et al. 2013).

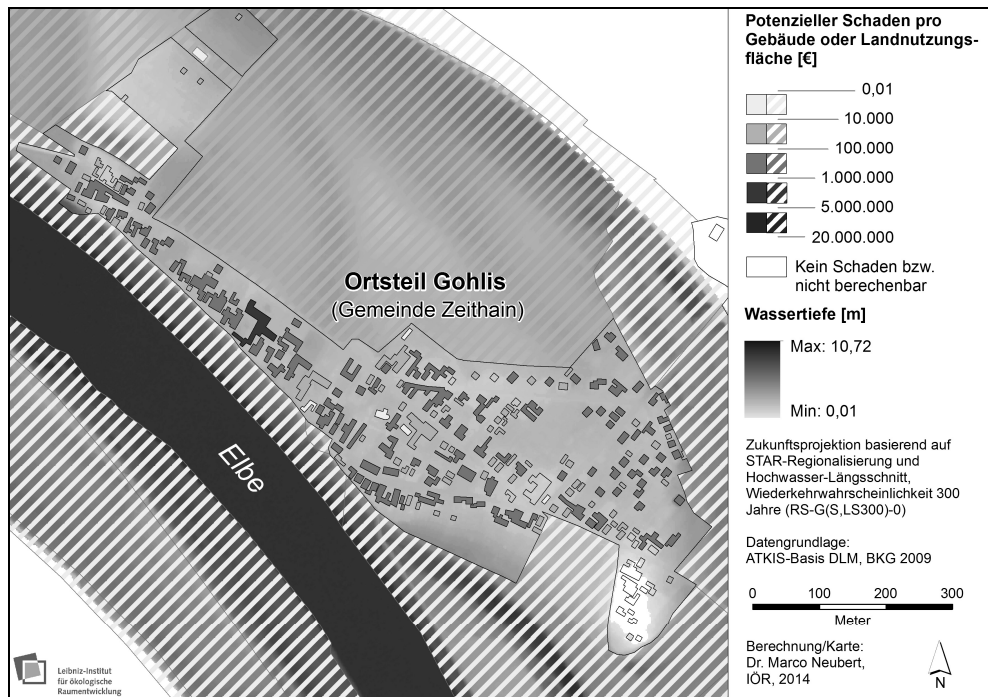
Zahlreiche eigene Analysen des Hochwasserrisikos erfolgten auf Basis von Gebäuden. Die dafür nötigen Eingangsdaten (georeferenzierte Gebäudeumringe) können z. B. durch ATKIS-Daten mit anschließender GIS-gestützter Klassifikation nach Stadtstrukturtypen sowie Baualter (digitale Stadtkarte mit Gebäudebaujahr, Luftbildinterpretation oder auto-

matisierte Klassifikation digitaler Rasterkarten bzw. Vektor-Gebäudegrundrisse mittels SEMENTA®; HECHT 2013) bereitgestellt werden.

Die Vulnerabilität gegenüber Hochwasser wird unter Nutzung gebietspezifischer synthetischer Wasserstands-Schadensfunktionen angegeben. Deren bauingenieurtechnische Erstellung für relevante Gebäudetypen erfolgte basierend auf Wiederherstellungskosten bei stufenweiser synthetischer Flutung von Gebäude-Repräsentanten (NEUBERT et al. 2014).

Die gebäudebasierte Bestimmung der Exposition und die Berechnung potenzieller Schäden erfolgt räumlich differenziert mittels GIS. Eine abweichende Vorgehensweise erfordert die Ermittlung von Schäden an landwirtschaftlichen Nutzflächen und weiteren flächenhaften Nutzungen – hier werden beispielsweise Kosten für die Minderung bzw. den Ausfall des Ertrags herangezogen. Die Ergebnisse können auf gewünschte Einheiten (Stadtteile, Gemeinden, Landkreise etc.) aggregiert und kartographisch dargestellt werden (Abb. 2).

Bei der Bestimmung des Risikos lässt sich einerseits anhand von Daten zum Ist-Zustand bzw. der beobachteten Vergangenheit das aktuelle Risiko ermitteln. Durch die Einbeziehung von Klima- und Landnutzungsprojektionen kann zudem das zukünftige Risiko bestimmt und kartographisch dargestellt werden (Risikokarten). So lassen sich Bandbreiten der Folgen möglicher zukünftiger klimatischer und gesellschaftlicher Veränderungen bestimmen und unterschiedliche Planungsvarianten (i. S. v. Handlungs-/Anpassungsoptionen) vergleichen.



**Abb. 2:** Beispielhafte Darstellung der Berechnungsergebnisse: Hochwasserrisiko an einem Abschnitt des deutschen Elbelaufs (verändert nach NEUBERT et al. 2014)

### 3 Aufbau der Datenhaltung eines webbasierten Entscheidungsunterstützungssystems

Die durch VOGEL (2013) initiierte und realisierte Entwicklung eines webbasierten raumbegrenzten Entscheidungsunterstützungssystems (Web-based Spatial Decision Support System, WebSDSS; z. B. RINNER 2003) dient in erster Linie der technischen Unterstützung des adressatenorientierten Transfers von Wissen über umfangreiche Projektionen des regionalen Klimawandels und des parallel stattfindenden gesellschaftlichen Wandels entsprechend des o. g. Szenarioansatzes von SCHANZE & SAUER (2011). Dieses Wissen wird beispielsweise durch die Impact-Modellierung mit IVART generiert.

Hinsichtlich der Entwicklung des WebSDSS besteht insbesondere aufgrund der von VOGEL (2013, 228) vorgesehenen Variante der iterativ-inkrementellen Vorgehensweise, welche dem prototypischen Ansatz folgend im ersten Inkrement primär die Lösung aller technischen Herausforderungen vorsieht (KLEUKER 2011, 30 f.), u. a. ein Erfordernis zum frühzeitigen Aufbau einer entsprechenden Datenhaltungskomponente, durch die zunächst temporäre Testdaten zur Verfügung gestellt werden. Daher wurde im Rahmen der Entwicklung einer Architektur<sup>1</sup> zum Ermöglichen erster Tests vorläufig eine dateibasierte Datenhaltung umgesetzt. Im Rahmen der weiteren Entwicklung erfolgt jedoch zunehmend ein Ersatz der Testdaten durch Daten zu konkreten Zukünften wie sie im Rahmen der laufenden Projekte *RegioRisk* und *Vulnerabilitätsstudie Sachsen* erzeugt werden.

Zur Formalisierung des Szenarioansatzes wurde ein Domänenmodell<sup>2</sup> in Unified Modeling Language (UML)-Notation (z. B. RUMBAUGH et al. 1999) erarbeitet. Das Domänenmodell dient nicht nur als elementarer Bestandteil bei der Entwicklung der Applikationskomponenten des WebSDSS, sondern fungiert gleichermaßen als Basis für die Strukturierung der Datenhaltungskomponente. Im Falle der im Prototyp bislang dateibasierten Datenhaltung mit Datenbereitstellung über Webservices liegt das Domänenmodell der Verzeichnisstruktur sowie der Namensgebung von Dateien und Webservices zugrunde. In Abhängigkeit von der Weiterentwicklung der Architektur könnte die Geodatenhaltung zukünftig in Form einer Geodatenbank realisiert werden.

Aus Sicht der Strukturierung der Datenhaltungskomponente sowie der Datenintegration ergeben sich einige Anforderungen an die Modellierung und die Modellierungsergebnisse, deren Einhaltung sowohl zunächst die Datenintegration (auch bereits der Testdaten) als auch den späteren Produktiveinsatz der WebSDSS-Applikation erleichtert. Hinsichtlich eines abgestimmten Datenflusses wurden folgende Aspekte identifiziert:

1. Frühzeitige Festlegung eines einheitlichen geodätischen Bezugssystems;
2. Festlegung einheitlicher Datenaustauschformate;
3. Favorisierung speichereffizienter Datentypen für Attribut- und Rasterdaten;
4. Festlegungen hinsichtlich der Datenstrukturierung und -benennung;

---

<sup>1</sup> Internes Projektdokument: VOGEL, R. (2013), Konzept für eine Systemarchitektur eines WebSDSS zur Analyse von Szenarien des Klimawandels und des regionalen Wandels. ZENON-Report zu AP3 – Systementwicklung.

<sup>2</sup> Internes Projektdokument: VOGEL, R. (2014), Domänenmodell für ein WebSDSS zur Analyse von Szenarien des Klimawandels und des regionalen Wandels. ZENON-Report zu AP2 – Domänenmodellierung.

## 5. Festlegungen hinsichtlich des Umgangs mit Metadaten.

In Bezug auf die aufgeführten Punkte wird insbesondere folgende Umsetzung angestrebt:

1. ETRS89/UTM Zone 33N als geodätisches Bezugssystem;
2. File-Geodatabases (FGDB; z. B. Peters 2009, 2-8) als internes Datenaustauschformat;
3. Favorisierung insbesondere der Datentypen integer und long (gegenüber speicherintensiven wie float und double);
4. Nutzung des o. g. Domänenmodells als Basis der Datenstrukturierung und -benennung;
5. Automatisierte Erstellung von Metadatensätzen.

Erfolgreich realisiert und erprobt wurde bereits ein Technologie integrierender Prototyp, der eine entsprechende Datenhaltungskomponente einbindet und einen bidirektionalen Datenfluss erlaubt (VOGEL 2012).

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen kann die gewählte Methodik der räumlichen Schadens- und Risikoanalyse als zielführend erachtet werden. Insbesondere der hohe Detaillierungsgrad wird von Anwendern oft als Vorteil genannt. Die Integration der Ergebnisse in ein WebSDSS bietet den Nutzern einerseits ein umfangreiches Informationsangebot und unterstützt sie andererseits beim Treffen von teils weitreichenden Entscheidungen, indem u. a. Abschätzungen von Folgen diverser Projektionen des Klimawandels, Vergleiche von Planungsvarianten oder Bewertungen von Handlungsoptionen vereinfacht werden.

Basierend auf seinem modularen Aufbau wird das GIS-basierte Berechnungswerkzeug IVART in der Folge weiterentwickelt. Als Entwicklungsplattform dient dabei ESRI ArcGIS. Einerseits erfolgt die Erweiterung über die bisher abbildbaren Einwirkungen auf Gebäude durch (Grund-)Hochwasser hinaus für die Simulation von Schäden z. B. durch Starkregen, Hagel oder Sommerhitze. Andererseits werden zusätzlich zu Gebäudeschäden weitere Wirkungszusammenhänge berücksichtigt, v. a. die Beeinflussung der Vegetation durch Trockenheit auf Land- und Forstwirtschaftsflächen. Teile dieser Erweiterungen können mittels Modellkopplung (z. B. Ertragsmodelle, Waldbrandgefährdung) realisiert werden. Schrittweise soll damit das Ziel einer flächendeckenden, regionalen und integrierten Impaktanalyse erreicht werden.

Die mit IVART generierten Analyseergebnisse vervollständigen sukzessive ausgewählte Inhalte der Datenhaltungskomponente der in Entwicklung befindlichen WebSDSS-Applikation (VOGEL 2012, 2013) und ersetzen somit die bisher genutzten Testdaten. Außerdem eignen sich die Modellergebnisse grundsätzlich zur Ableitung verallgemeinerter Indikatoren für den *Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung* (IÖR-Monitor) mit deutschlandweiten Kartendarstellungen. Erste Visualisierungen flächenhafter Risiko-Indikatoren sind bereits verfügbar, so etwa der Anteil baulich geprägter Siedlungs- und Verkehrsfläche in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten (IÖR-MONITOR 2014).

## Literatur

- GOLZ, S., SCHINKE, R., NAUMANN, T., GARVIN, S. & WHITE, I. (2013), Assessing the Effects of Flood Resilient Technologies. In: DJORDJEVIC, S., BUTLER, D., KURZBACH, S., MARK, O. & GOURBESVILLE, P. (Eds.), Proceedings of the International Conference on Flood Resilience: Experiences in Asia and Europe, University of Exeter, United Kingdom, 5-7 September 2013, 109-119.
- HECHT, R. (2013), Automatische Erkennung von Gebäudetypen auf Grundlage von Geobasisdaten In: MEINEL, G., SCHUMACHER, U. & BEHNISCH, M. (Hrsg.), Flächennutzungsmonitoring V – Methodik, Analyseergebnisse, Flächenmanagement. Rhombos-Verlag, Berlin, 199-210. (= IÖR-Schriften 61).
- IÖR-MONITOR (2014), Anteil baulich geprägter Siedlungs- und Verkehrsfläche im amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet.  
<http://www.ioer-monitor.de/index.php?id= 8&idk=1386> (04.04.2014)
- KLEUKER, S. (2011), Grundkurs Software-Engineering mit UML: Der pragmatische Weg zu erfolgreichen Softwareprojekten. 2. Aufl. Vieweg + Teubner, Wiesbaden.
- NEUBERT, M., NAUMANN, T., HENNERSDORF J. & NIKOLOWSKI, J. (2014), The Geographic Information System-based flood damage simulation model HOWAD. Journal of Flood Risk Management. DOI: 10.1111/jfr3.12109
- PETERS, D. (2009), System Design Strategies. 26th Edition ArcGIS Desktop Developer Guide, ESRI® Technical Reference Document.  
<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/sysdesig.pdf> (04.04.2014).
- RINNER, C. (2003), Web-based Spatial Decision Support: Status and Research Directions. Journal of Geographic Information and Decision Analysis, 7 (1), 14-31.
- RUMBAUGH, J., JACOBSON, I. & BOOCH, G. (1999), The Unified Modeling Language Reference Manual. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- SCHANZE, J. & SAUER, A. (2011), Dokumentation des fragestellungs- und gebietsspezifischen Szenarioansatzes. REGKLAM Ergebnisbericht Produkt 2.4a (Konzept); unveröffentlicht.
- 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. Natural Hazards and Earth System Sciences 12, 2865-2877.  
<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/2865/2012/nhess-12-2865-2012.pdf> (04.04.2014).
- VOGEL, R. (2012), Prototypische Technologieintegration für ein WebSDSS zur Folgenabschätzung des Klimawandels und des regionalen Wandels. Vortrag, IÖR Dresden.
- VOGEL, R. (2013), ZENON – Entwicklung eines WebSDSS zur Abschätzung der Folgen des Klimawandels und des regionalen Wandels. In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIES-EBNER, G. & ZAGEL, B. (Hrsg.), Angewandte Geoinformatik 2013. Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann: Berlin, 227-232.  
[http://gispoint.de/fileadmin/user\\_upload/paper\\_gis\\_open/537533082.pdf](http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537533082.pdf) (04.04.2014).