

GS-Serie

Risikokartierung

Risikokarte Hochwasser

Zur Ermittlung des Hochwasserrisikos sind Modelle erforderlich, mit denen die gesamte Wirkungskette von der Entstehung des Ereignisses zum Beispiel durch starke Niederschläge oder Schneeschmelze über den räumlichen und zeitlichen Ablauf bis hin zu den Schadwirkungen betrachtet und analysiert werden kann.

Ausgehend von den meteorologischen Verhältnissen betrifft dies zunächst den **Bereich Hydrologie**, in dem die Niederschläge im Einzugsgebiet in Abflusswerte an ausgewählten Gewässerstellen transformiert werden. Eingangsdaten in die Niederschlags-Abfluss-Modelle (NA-Modelle) sind die räumliche Verteilung und Intensität der Niederschläge sowie relevante Kenngrößen des Einzugsgebiets, zum Beispiel Fläche, Morphologie, Geologie. Die Berechnung der maßgeblichen Abflüsse erfolgt auf Basis von NA-Modellen, in denen das Abflussverhalten unter Berücksichtigung der wichtigsten physikalischen Eigenschaften modelliert wird. Sind die zur Verfügung stehenden Messdaten für die NA-Modellierung nicht oder in nicht ausreichender Qualität vorhanden, können die Abflusswerte über Regionalisierungsverfahren ermittelt werden. Dabei macht man sich die Tatsache zunutze, dass Einzugsgebiete mit vergleichbarer Gebietscharakteristik auch ein vergleichbares Abflussverhalten aufweisen.

Mit den in hydrologischen Modellen berechneten Abflussmengen beziehungsweise Hochwasserganglinien als Eingangsgrößen können im **Bereich Hydraulik** durch hydrodynamisch-nummerische Modelle (HN-Modelle) Aussagen zu den Strömungsverhältnissen im Fließgewässer (Wasserstand, Wassertiefe, Fließgeschwindigkeiten, Wellenablauf etc.) gemacht werden. Für praxisrelevante Fragestellungen im Hochwassermanagement kommen vorwiegend eindimensionale (1D) und zweidimensionale (2D) HN-Modelle zum Einsatz. In 2D-Modellen werden die natürlichen dreidimensionalen Strömungsvorgänge über Mittelung der Erhaltungsgleichungen über die Fließtiefe sowie Vernachlässigung der vertikalen Geschwindigkeitskomponente in ein Gleichungssystem zweidimensionaler Differentialgleichungen überführt. Dieser Modelltyp erlaubt eine Analyse komplexer Strömungssituationen mit hoher

Auflösung, jedoch mit weiterhin relativ hohem Rechenzeitbedarf. Für Gebiete mit hydraulisch weniger komplexen Strömungsverhältnissen können 1D-Modelle eingesetzt werden, in denen der Flussschlauch selbst sowie die Vorländer über Querprofile abgebildet werden. Insbesondere für die Betrachtung großer Flussabschnitte sind 1D-Modelle aufgrund der hohen Effektivität bezüglich Datenhandhabung, Modellerstellung, Berechnungszeit sowie der robusten Modelltechnik sehr gut einsetzbar.

Mit den berechneten charakteristischen Hochwasserparametern und Informationen über Exposition (Lage) und Vulnerabilität (Schadenanfälligkeit) gefährdeter Objekte oder Gebiete können potenzielle Hochwasserschäden ermittelt werden. In Abhängigkeit der Fragestellung, der Größe des Untersuchungsgebietes sowie der Qualität und des Detaillierungsgrades der vorhandenen Daten werden die Schadenpotenzialanalysen in unterschiedlichen Maßstabsebenen durchgeführt. In **mikroskaligen Analysen** werden Schäden für einzelne Objekte beziehungsweise Flurstücke ermittelt. Die Schäden werden objektbezogen entweder in absoluten Geldgrößen oder als Schädigungsgrade, das heißt als prozentualer Anteil des Gesamtwerts eines Objekts, angegeben. Der Gesamtschaden im betrachteten Gebiet setzt sich aus der Summe der Einzelschäden der betroffenen Objekte zusammen. Ist eine objektscharfe Betrachtung nicht möglich, werden in **mesoskaligen Analysen** die Schadenspotenziale für homogene Nutzungseinheiten ermittelt (z. B. Flächeneinheiten mit Wohnbebauung). Die anzusetzenden Vermögenswerte werden üblicherweise aus wirtschaftsstatistischen Parametern abgeleitet (z. B. Anlagevermögen oder Bruttowertschöpfung einzelner Regionen).

Die Karte zeigt ein Beispiel für eine mesoskalige Schadensabschätzung. Dargestellt ist der geschätzte Schaden an Wohngebäuden in den Kommunen am Rhein in Deutschland. Basis für diese Berechnungen sind das Szenario eines extremen Rheinhochwassers von der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR, 2001) und die Wohngebäudewerte von Kleist et al. (2006). Das angewendete Schadensmodell berücksichtigt neben dem Wasserstand auch die Ausstattung und Zusammensetzung der Wohngebäude in den betroffenen Gemeinden (siehe Thieken et al., 2006).

In Risikoanalysen werden potenzielle Hochwasserschäden für Ereignisse mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet. Die Wahrscheinlichkeit ent-

spricht dabei dem Reziprokwert der üblicherweise für Hochwasserereignisse angegebenen Jährlichkeit (z. B. beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass ein 100-jährliches Ereignis HQ_{100} in einem beliebigen Jahr auftritt $P_{\bar{0}} = 1/100$). Das Risiko für ein Einzelereignis berechnet sich über:

$$R = P \cdot S$$

Dabei entspricht P der jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit und S dem potenziellen Schaden im Eintretensfall. Zur Bewertung des Hochwasserrisikos im Rahmen von Wirksamkeits- beziehungsweise Nutzen-Kosten-Analysen werden so genannte Schadenerwartungswerte herangezogen, die aus dem Integral der potenziellen Schäden über die zugehörige Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet werden:

$$SE_{i,k} = \int_{i=0}^k S_i(P_i) dP$$

wobei $SE_{i,k}$ der (mittlere, jährliche) Schadenerwartungswert des betrachteten Ereignisintervalls i bis k [EUR/a] ist und $S_i(P_i)$ die Verteilungsfunktion der Schäden.

weiterführende Literatur

Büchle, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A. H., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., Nestmann, F.: *Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks*. NHESS 6: 485–503 (<http://www.copernicus.org/EGU/nhess/6/nhess-6-485.pdf>) 2006.

IKSR (2001): *Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein*. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz.

Kleist, L., A. H. Thieken, P. Köhler, M. Müller, I. Seifert, D. Borst, U. Werner (2006): *Estimation of the regional stock of residential buildings as a basis for comparative risk assessment for Germany*. – *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6(4): 541–552, SRef-ID: 1684-9981/nhess/2006-6-541 (<http://www.copernicus.org/EGU/nhess/6/nhess-6-541.pdf>).

Kron, A., Evdakov, O., Nestmann, F. (2005) *From Hazard to Risk – A GIS-based Tool for Risk Analysis in Flood Management*. 3. *International Symposium on Flood Defence*, 25.–27. Mai 2005, Nijmegen, Niederlande.

Thieken, A. H., H. Kreibich, M. Müller, B. Merz (2006): *Schäden in Privathaushalten während des August-Hochwassers 2002: Analyse von Einflussfaktoren und Konsequenzen für die Modellbildung*. In: *Risikomanagement extremer hydrologischer Ereignisse*. Tag der Hydrologie 22./23.03.2006 in München (M. Disse, K. Guckenberger, S. Pakosch, A. Yörük, A. Zimmermann; Hrsg.). *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Heft 15.06, Band 2, S. 245–253.

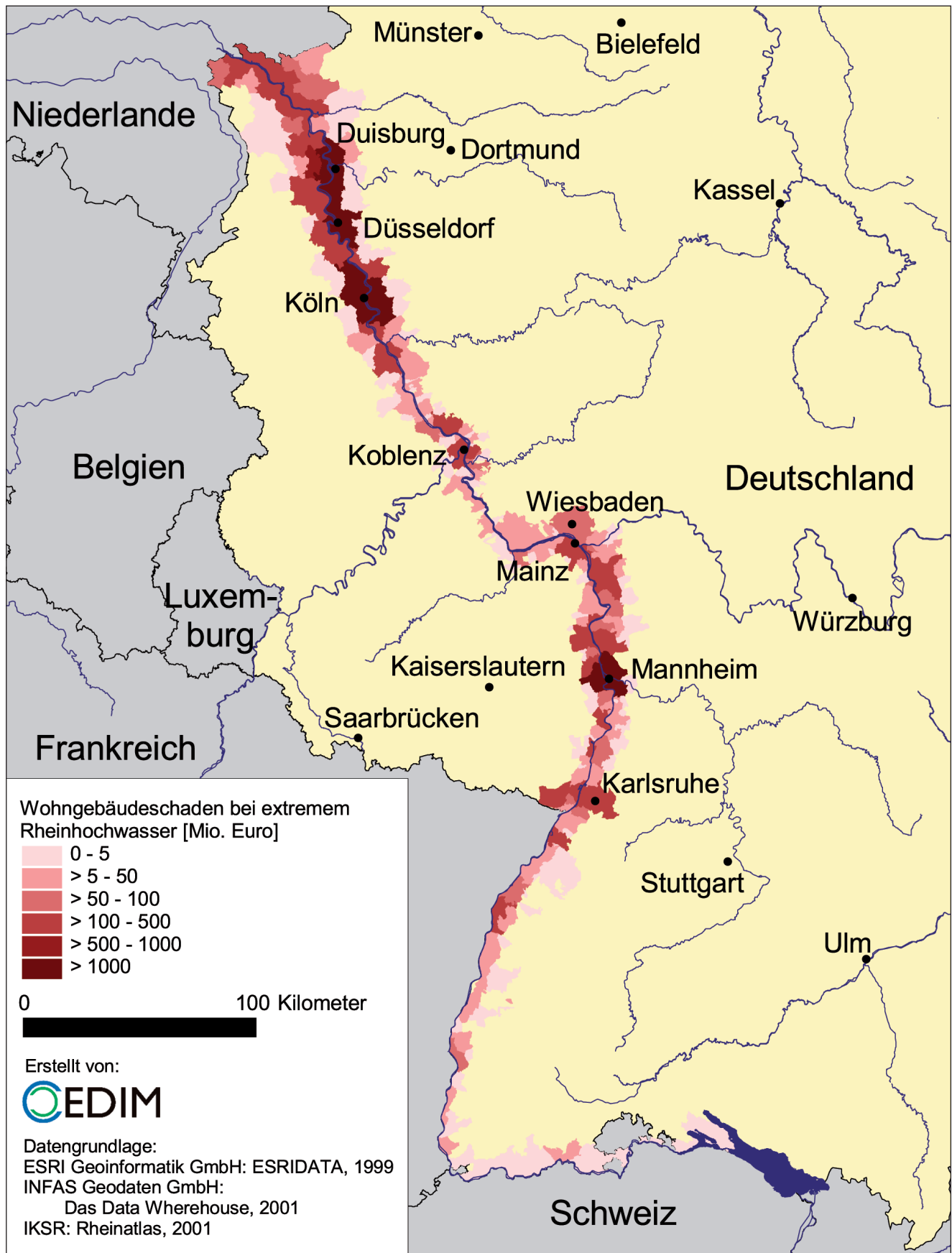
Andreas Kron

Universität Karlsruhe (TH), Inst. für Wasser und Gewässerentwicklung, Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe

Dr. Annegret Thieken

GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg Haus F, 14473 Potsdam

Geschätzte Wohngebäudeschäden für ein extremes Hochwasserereignis (IKSR, 2001) am Rhein in Deutschland



Angaben in Millionen Euro pro Gemeinde, Referenzjahr: 2000