



Originally published as:

Thielen, A., Heneka, P., Kreibich, H., Hofherr, T., Grünthal, G., Tyagunov, S., Poser, K., Müller, M., Wenzel, F., Stempniewski, L., Zschau, J. (2007): Risikokarten für Deutschland : Ergebnisse aus dem Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM). - *GAiA - Ecological Perspectives in Science Humanities and Economics*, 16, 4, 313-316

## **Risikokarten für Deutschland: Erste Ergebnisse des „Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology“ (CEDIM)**

Dr. Annegret Thieken, GeoForschungsZentrum Potsdam, thieken@gfz-potsdam.de

Dr.-Ing. Patrick Heneka, Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe (TH)

Dr. Heidi Kreibich, GeoForschungsZentrum Potsdam

Thomas Hofherr, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Universität Karlsruhe (TH)  
und Forschungszentrum Karlsruhe

Dr. Gottfried Grünthal, GeoForschungsZentrum Potsdam

Dr. Sergey Tyagunov, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Karlsruhe  
(TH)

Kathrin Poser, GeoForschungsZentrum Potsdam

Matthias Müller, GeoForschungsZentrum Potsdam

Prof. Dr. Friedemann Wenzel, Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe (TH)

Prof. Dr. Lothar Stempniewski, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität  
Karlsruhe (TH)

Prof. Dr. Jochen Zschau, GeoForschungsZentrum Potsdam

*Im Projekt Risikokarte Deutschland des Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) wurden Methoden und Werkzeuge für großräumige Kartierungen von Risiken durch Naturgefahren und anthropogene Gefahren erarbeitet. Damit kann das Ausmaß verschiedener Risiken auf Gemeindeebene verglichen werden.*

Das Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) wurde im November 2002 vom GeoForschungsZentrum Potsdam und der Universität Karlsruhe (TH) gegründet. 2007 trat das Forschungszentrum Karlsruhe CEDIM bei. Ziel von CEDIM ist es, Risiken durch die Naturgefahren Sturm, Hochwasser und Erdbeben und durch anthropogene Gefahren zu quantifizieren und die Folgen von extremen Ereignissen besser zu beherrschen.

### **Konzept der Risikoanalyse**

Wie bei vielen technischen Risikoanalysen wird der Begriff „Risiko“ in CEDIM als Schaden definiert, der mit einer bestimmten jährlichen Wahrscheinlichkeit eintritt oder überschritten

wird. Somit ergibt sich das Risiko aus drei Komponenten: der Gefährdung, den potenziell betroffenen Objekten (inkl. den Vermögenswerten) und deren Schadensanfälligkeit. Gefährdungsabschätzungen beinhalten räumliche Szenarios mit Intensitätsaussagen: Überflutungstiefen für Hochwasser, Böenwindgeschwindigkeiten für Winterstürme und makroseismische Intensitäten für Erdbeben. Für quantitative Risikoabschätzungen muss jeder Intensität eine Überschreitungswahrscheinlichkeit oder Wiederkehrperiode zugeordnet werden. Die Wiederkehrperiode beschreibt die Zeitdauer, die im langjährigen statistischen Mittel zwischen Ereignissen derselben Größenordnung liegt und ist der Reziprokwert der Überschreitungswahrscheinlichkeit.

Da Naturkatastrophen in Deutschland potenziell hohe Schäden an Vermögenswerten und Infrastrukturen verursachen, wurden im Projekt für die Risikoanalysen zunächst direkte monetäre Schäden an Wohngebäuden – definiert als Wiederherstellungskosten für das Referenzjahr 2000 – als Risikoindikator ausgewählt. Um verschiedene Risiken vergleichen zu können, basieren alle Schadensabschätzungen auf demselben Wertinventar. Diese Festlegung impliziert, dass die verwendeten Schadensmodelle zunächst nur Schädigungsgrade berechnen, das heißt den Schaden als Prozentanteil des betroffenen Gesamtvermögenswertes beschreiben. Der monetäre Schaden wird durch Multiplikation von Schädigungsgraden und Vermögenswerten ermittelt.

Risikoaussagen entstehen durch die Abschätzung von Schäden für mehrere Gefährdungsszenarios, denen jeweils eine Wiederkehrperiode zugeordnet ist. Aufgrund des großräumigen Ansatzes und der damit verbundenen Unsicherheiten werden Risikoaussagen in CEDIM pro Gemeinde angegeben.

### **Vermögenswerte von Wohngebäuden**

Ein einheitlicher Datenbestand ist Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der abgeschätzten Risiken. Um Vermögenswerte der Wohngebäude in ganz Deutschland zu ermitteln, wurde eine Methode zur Abschätzung der Wohngebäudewerte auf Basis von Normalherstellungskosten (NHK) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung und verschiedenen statistischen Daten über den Gebäudebestand, die Wohnflächen und die Haushalte auf Gemeindeebene entwickelt (siehe Kleist et al. 2006). Die NHK enthalten die durchschnittlichen Baukosten pro m<sup>2</sup> Fläche für Gebäude, differenziert nach Typen, Baualtersklassen und Ausstattungsstandards. Damit konnten pro Gemeinde das Gesamtwohnvermögen sowie das Pro-Kopf-Wohnvermögen berechnet werden. Das so

ermittelte mittlere Pro-Kopf-Wohnvermögen in Deutschland beträgt 46601 € (Kleist et al. 2006).

Da Werte auf Gemeindeebene für Risikoanalysen zu grob sind, wurden die Wohngebäudewerte innerhalb der Gemeindegrenzen mit Hilfe von Landnutzungsdaten<sup>1</sup> disaggregiert (Thieken et al. 2006a). Um exponierte Werte zu ermitteln, wurde das spezifische Wohnvermögen in Euro pro Quadratmeter mit Gefährdungsszenarios verschnitten.

### **Risikoanalyse Erdbeben**

Einschätzungen der Erdbebengefährdung und des dadurch verursachten Risikos sind ein wichtiger Beitrag zum wirksamen Risikomanagement bereits in den Planungs- und Konstruktionsphasen von Gebäuden und Infrastrukturen, wie z.B. Brücken. Große Gebiete Deutschlands sind potenziell erdbebengefährdet; es handelt sich teilweise um dicht besiedelte oder industrialisierte Gebiete mit einer hohen Konzentration von Werten.

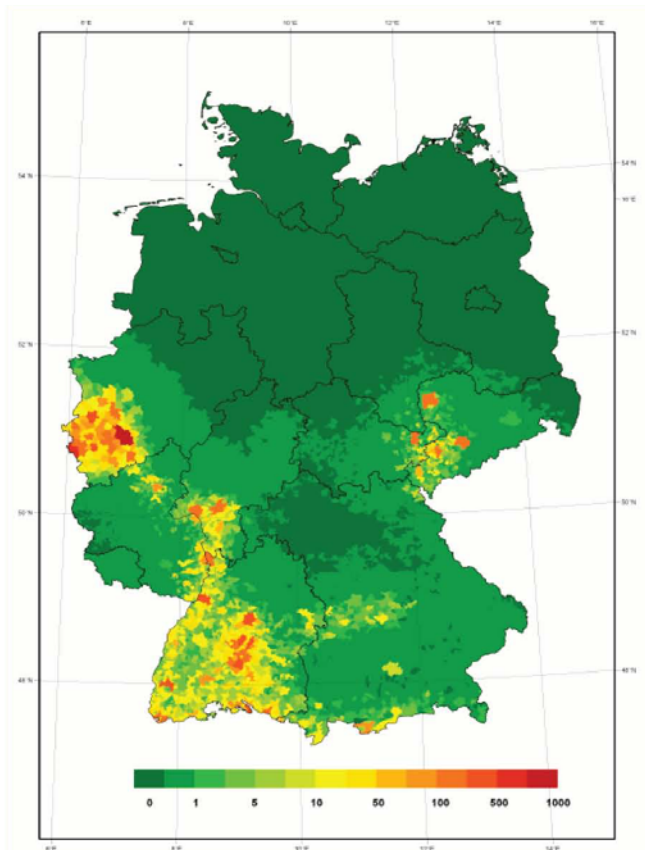
Die Erdbebengefährdung wurde auf Basis der existierenden Gefährdungskarte für Deutschland, Österreich und die Schweiz für eine Nicht-Überschreitungswahrscheinlichkeit von 90 Prozent in 50 Jahren abgeleitet („D-A-CH-Karte“ von Grünthal et al. 1998).

Weiterhin wurden Modelle der Vulnerabilitätsverteilung für repräsentative Gemeinden mit unterschiedlichen Einwohnerzahlen konstruiert. Dafür wurden Schadens-Wahrscheinlichkeits-Matrizen sowie Vulnerabilitätskurven für verschiedene Gebäudetypen entsprechend der Europäischen Makroseismischen Skala EMS-98, in der typische Schadensbilder und Anfälligkeiten für verschiedene Gebäudetypen beschrieben sind (Grünthal 1998), erstellt und auf statistische Daten zum Gebäudebestand angewendet. Die räumliche Verteilung des Erdbebenrisikos (Abbildung 1) wurde durch Kombination von Daten zur seismischen Gefährdung, zu Vulnerabilitäten des Gebäudebestands und zu den Werten der gefährdeten Gebäude für alle Gemeinden in Deutschland abgeschätzt (Tyagunov et al. 2006).

Wie die Analyse zeigt, können Erdbeben mit kleinen Eintreffenswahrscheinlichkeiten potenziell hohe finanzielle Verluste in Deutschland verursachen.

---

<sup>1</sup> Eingesetzt wurden Daten aus CORINE Land Cover (CLC) für das Jahr 2000. Das Projekt CLC ist Teil des Programms CORINE (Coordination of Information on the Environment) der Europäischen Union. Auf Basis von Satellitendaten wurde die Bodenbedeckung einheitlich in 44 Landnutzungsklassen erfasst. Im CEDIM-Projekt wurden diese sieben Kategorien zugeordnet: sehr dicht besiedelte Gebiete, Siedlungsflächen, Ackerflächen, komplexe Parzellenstrukturen, Wiesen/Weiden, Wälder und natürliche Vegetation sowie sonstige Nutzungen.



*Abbildung 1: Erdbebenrisikokarte für Deutschland. Pro Gemeinde ist der Schaden an privaten Wohngebäuden (Millionen Euro) mit einer Nichtüberschreitungswahrscheinlichkeit von 90 Prozent in 50 Jahren dargestellt (Referenzjahr 2000; Quelle: Tyagunov et al. 2006).*

### **Risikoanalyse Sturm**

Winterstürme fordern in Deutschland Jahr für Jahr Tote und Verletzte und verursachen vor allem an Wohngebäuden Schäden in mehrstelliger Millionenhöhe. Daher ist es für Vorsorge, Anpassungs- und Bewältigungsmaßnahmen unerlässlich, das Sturmschadensrisiko zu quantifizieren. Ziel in CEDIM war es, ein Verfahren zur bundesweiten Abschätzung des Sturmschadensrisikos in hoher räumlicher Auflösung zu entwickeln, Sturmgefährdungskarten für beliebige Überschreitungswahrscheinlichkeiten zu erstellen sowie die Schadensanfälligkeit von Wohngebäuden zu modellieren.

Anhand der langjährigen Wetterstationsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurden die stärksten Sturmereignisse zwischen 1971 und 2000 ermittelt und mit dem numerischen Modell KAMM (Karlsruher Atmosphärisches Mesoskaliges Modell) in hoher räumlicher Auflösung (1 km x 1 km) nachsimuliert. Die Anfangswindfelder wurden hierfür aus Reanalysedaten (ERA-40) des Europäischen Zentrums für Mittelfristprognosen (ECMWF) gewonnen. Mit extremwertstatistischen Methoden wurde dann an jeden Rasterpunkt eine Verteilungsfunktion (Gumbelverteilung) angepasst, welche Aussagen über die

Auftretenswahrscheinlichkeiten bestimmter Windgeschwindigkeiten an einem bestimmten Ort erlaubt.

Die Schadensanfälligkeit von Wohngebäuden wurde mit Sturmschadensfunktionen abgeschätzt, die mit Schadensdaten vergangener Sturmereignisse in Baden-Württemberg kalibriert und validiert wurden (Heneka et al 2006). Das Schadensmodell berechnet die Anzahl der betroffenen Gebäude und die Schadenshöhe in Gemeinden in Abhängigkeit von den Windgeschwindigkeiten, dem Windklima und der Ortslage (Heneka 2007). Für die Anwendung auf Gesamtdeutschland wurde eine einheitliche Bauweise vorausgesetzt. Durch die Verknüpfung von Sturmgefährdung, Vulnerabilität und Werten der gefährdeten Gebäude lassen sich für alle Gemeinden Risikokurven erstellen, welche die potenziellen Schadenssummen angeben. Das deutschlandweite Schadensrisiko für eine jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,5 Prozent ist in Abbildung 2 dargestellt. Hohe Schäden treten potenziell in den Ballungsräumen, vor allem im Nordwesten Deutschlands, auf.

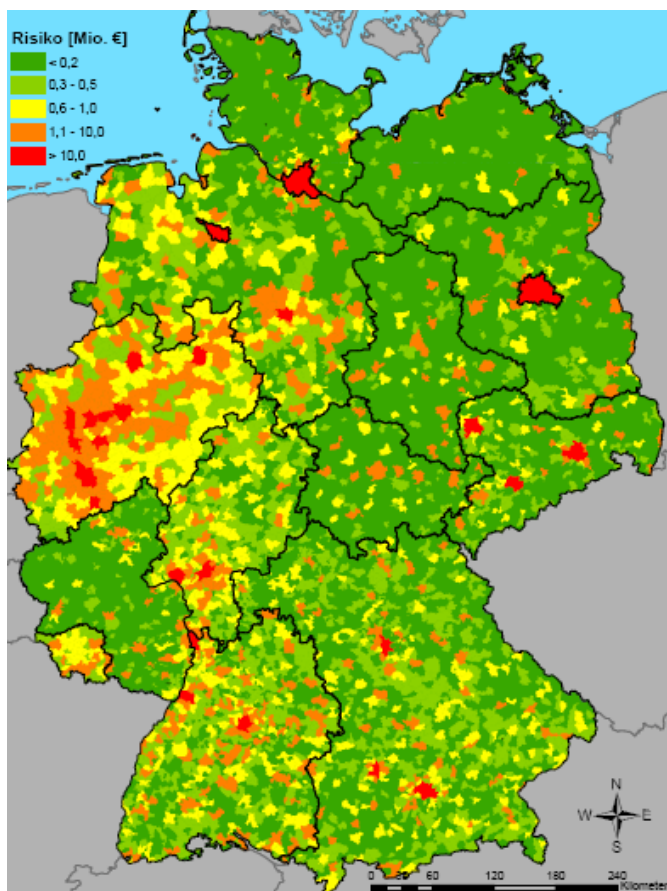


Abb. 2: Sturmschadensrisikokarte für Deutschland. Pro Gemeinde ist der Schaden an privaten Wohngebäuden mit einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,5 % dargestellt (Referenzjahr: 2000).

## **Risikoanalyse Hochwasser**

Ausgelöst durch die schweren Hochwasserereignisse der letzten Jahre, vor allem das August-Hochwasser 2002, werden für Hochwasser – im Gegensatz zu den anderen beiden Naturgefahren – von offizieller Seite vermehrt Gefahrenkarten angefertigt. Die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten ist im Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes sowie in der neuen EU-Hochwasserrichtlinie geregelt. In CEDIM wird daher zum einen angestrebt, die Werkzeuge zur Erstellung von Gefahren- und Risikokarten zu verbessern (Büchle et al. 2006). Zum anderen werden die offiziellen Hochwassergefahrenkarten als Grundlage für eine Risikokartierung genutzt, die mit dem Wertinventar und dem multifaktoriellen, mesoskaligen Schadensmodell FLEMO (Flood Loss Estimation Model) verknüpft werden.

FLEMO basiert auf empirischen Daten, die nach dem August-Hochwasser 2002 in Bayern, Sachsen und Sachsen-Anhalt durch Telefonbefragungen in 1697 Haushalten erhoben wurden. Das Modell berücksichtigt die Faktoren Wasserstand, Gebäudetyp und –qualität, die private Vorsorge und die Kontamination des Wassers, falls entsprechende Informationen vorliegen. Aus den Einzelschäden wurde ein mikroskaliges Modell zur Abschätzung von Schäden an einzelnen Gebäuden abgeleitet (Büchle et al. 2006). Um das Modell für Schadensabschätzungen auf Basis von Landnutzungseinheiten zu verwenden, wurden anhand von statistischen Daten typische Gebäudezusammensetzungen und mittlere Gebäudequalitäten auf Gemeindeebene ermittelt. Für jeden Typ wurde ein mittleres Schadensmodell berechnet (Thieken et al. 2006b). Dies ermöglicht die deutschlandweite Anwendung des Modells. In Abbildung 3 ist der mit FLEMO geschätzte Schaden an Wohngebäuden in den Gemeinden am Rhein in Deutschland dargestellt – ohne Berücksichtigung von Vorsorge und Kontamination. Basis für diese Berechnungen ist das IKS-R-Szenario (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) eines extremen Rheinhochwassers (IKSR 2001). Vor allem im Rhein-Neckar-Raum sowie am Niederrhein werden hohe Schäden geschätzt.

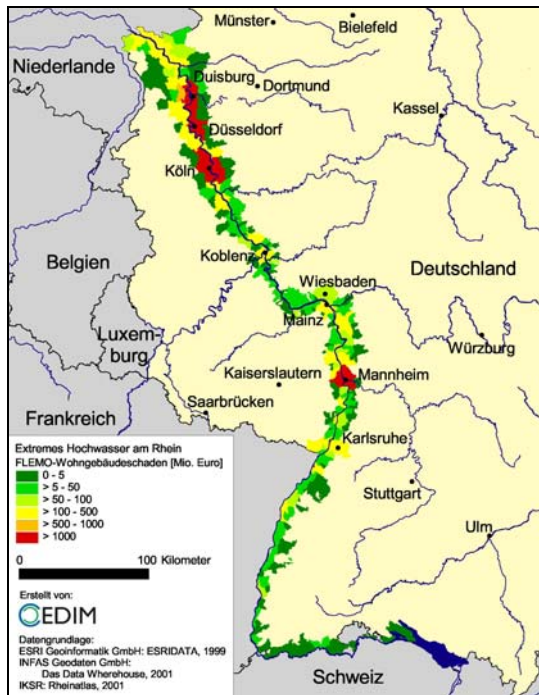


Abbildung 3: Geschätzte Schäden an Wohngebäuden für ein extremes Hochwasser am Rhein in Deutschland (Hochwasserszenario nach IKSR 2001, Angaben in Millionen Euro pro Gemeinde, Referenzjahr: 2000).

### Zusammenführung der Ergebnisse

Im CEDIM-Projekt „Risikokarte Deutschland“ wurden neue Methoden zur großräumigen Abschätzung von Risiken durch die Naturgefahren Erdbeben, Sturm und Hochwasser entwickelt. Damit wurden erstmals bundesweite Gefahren- und Risikokarten erstellt, die den quantitativen Vergleich dieser Risiken erlauben. Die Karten sollen das Risikobewusstsein der Entscheidungsträger und in der Bevölkerung erhöhen und diese motivieren, adäquate Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Weiterhin ist es möglich, mit den entwickelten Methoden Szenarioanalysen durchzuführen.

Um alle Projektergebnisse einheitlich aufzubereiten und in einem System zu veröffentlichen, wurde der internetbasierte Kartenservice *CEDIM Risk Explorer* auf Basis des *Internet Map Service ArcIMS* der Geoinformatikfirma ESRI entwickelt (Müller et al. 2006). Unter [www.cedim.de/riskexplorer.php](http://www.cedim.de/riskexplorer.php) können einzelne Karten für die Visualisierung ausgewählt und kombiniert werden. Darüber hinaus können potentielle Schäden - auch von extremen Ereignissen - auf Gemeindeebene abgefragt werden. Die vorliegenden Arbeiten werden zurzeit so ergänzt, dass ein quantitativer Risikovergleich auf Gemeindeebene möglich wird.



## Literatur

- Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A.H., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., Nestmann, F. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6: 485-503.
- Grünthal, G. (Ed.). 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Volume **15**, 99 pp., Luxembourg.
- Grünthal, G., Mayer-Rosa, D., Lenhardt, W. A.. 1998. Abschätzung der Erdbebengefährdung für die D-A-CH-Staaten - Deutschland, Österreich, Schweiz, *Bautechnik* 75/10: 753-767.
- Heneka, P., Hofherr, T., Ruck, B., Kottmeier, Ch. 2006. Development of a storm damage risk assessment method nad application to the German state of Baden-Württemberg. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6: 721-733.
- Heneka, P. 2007. Schäden durch Winterstürme – das Schadensrisiko von Wohngebäuden in Baden-Württemberg, Dissertation, Universität Karlsruhe.
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins). 2001. Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein. IKSR, Koblenz.
- Kleist L., Thieken A., Köhler P., Müller, M., Seifert I., Borst D., Werner U. 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: 541-552.
- Müller, M., Vorogushyn, S., Maier, P. Thieken, A.H., Petrow, Th., Kron, A., Büchele, B., Wächter, J. 2006. “CEDIM Risk Explorer” – A Map Server Solution in the Project „Risk Map Germany”. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6: 711-720.
- Thieken, A.H., Müller, M., Kleist, L., Seifert, I., Borst, D., Werner, U. 2006a. Regionalisation of asset values for risk analyses. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6: 167-178.
- Thieken, A.H., Kreibich, H., Müller, M., Merz, B. 2006b. Schäden in Privathaushalten während des August-Hochwassers 2002: Analyse von Einflussfaktoren und Konsequenzen für die Modellbildung. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 15.06, Band 2, S. 245-253.
- Tyagunov, S., Grünthal, G., Wahlström, R., Stempniewski, L., Zschau, J. 2006. Seismic risk mapping for Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6: 573-586.