



## Entwicklungsbericht 2010



## Inhalt

Impressum .....	4
Vorwort .....	5
<b>I. Forschungsarbeiten .....</b>	<b>7</b>
Naturrisiken im Klimawandel .....	7
<i>Hochwassergefahr durch Klimawandel</i> .....	8
<i>HARIS-CC</i> .....	11
<i>Abschätzung oberer Grenzen von Hochwasserabflüssen in Sachsen</i> .....	14
Globaler Risikowandel: Global Earthquake Model GEM .....	18
<i>Zentralasien Initiative</i> .....	19
<i>GEM - Sozioökonomisches Modul</i> .....	22
<i>GEM - Data Inventory Capture Tool</i> .....	24
<i>Verfahren zur Abschätzung von Schäden mit Hilfe globaler Erdbebenmodellierung</i> .....	25
<i>Fernerkundung und Bevölkerungsmodellierung</i> .....	28
Vulnerabilität vernetzter und kritischer Infrastruktur .....	33
<i>KRITIS</i> .....	33
<i>Verkehrsinfrastruktur und Vulnerabilität</i> .....	35
<i>WEATHER</i> .....	37
<i>Analyse der indirekten Vulnerabilität bei Naturkatastrophen</i> .....	40
<i>SYNER-G</i> .....	43
Katastrophenmanagement .....	47
<i>Das Internet-Projekt „Wettergefahren – Frühwarnung“</i> .....	47
<i>Geoinformationsmanagement</i> .....	50
<i>Menschen als Sensoren</i> .....	52
<i>Krisenmanagement bei großflächiger Unterbrechung der Stromversorgung</i> .....	55
<i>Security2people</i> .....	57
<i>EWS Transport</i> .....	60
<i>Projekt EDIM</i> .....	61

<b>II. Strategische Partnerschaften.....</b>	<b>63</b>
Die cedim AG.....	63
Zusammenarbeit mit der Versicherungsindustrie .....	64
Fraunhofer IOSB.....	65
Helmholtz Task Force Großschadensereignisse .....	66
SFB / TR Extreme Events.....	66
MATRIX.....	67
Naturkatastrophen – Management Programm.....	67
World Bank Institute Academic Fellows Program .....	68
Zusammenarbeit mit dem Internationalen Institut für Erdbebentechnik und Seismologie (IIES), Teheran, Iran.....	69
<b>III. Publikationen 2010.....</b>	<b>70</b>
Beiträge in Fachzeitschriften und Büchern .....	70
CEDIM Research Reports .....	72
Konferenzbeiträge.....	72
Öffentlichkeitsarbeit .....	74

## Impressum

### Herausgeber

#### **CEDIM**

Center for Disaster Management and  
Risk Reduction Technology  
c/o Karlsruhe Institute of Technology (KIT)  
Hertzstraße 16  
D-76128 Karlsruhe

Tel.: +49 721 608-444 36  
Fax: +49 721 71173

**Verantwortlich:** Prof. Dr. Friedemann Wenzel

**Stand:** November 2010

**Gestaltung:** ki-werkstatt®  
Dipl.-Ing. (FH) Holger Tuttas  
Weltzienstr. 35  
D-76135 Karlsruhe  
<http://www.ki-werkstatt.com/>

**Betreuung:** Dr. Tina Kunz-Plapp

## Vorwort

Das Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology, (CEDIM, [www.cedim.de](http://www.cedim.de)) ist eine interdisziplinäre Forschungseinrichtung zweier Helmholtz-Zentren im Bereich des Katastrophenmanagements: dem Helmholtz Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungs-Zentrum GFZ und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Die Forschung innerhalb des CEDIM konzentriert sich momentan auf zwei Bereiche: „Naturrisiken im Klimawandel“ und „Monitoring des globalen Risikowandels“. In beiden Bereichen behandeln wir Risiken im Hinblick auf Naturgefahren, Anfälligkeit der Bevölkerung und Minderung des Risikos.

Im Schwerpunkt „Naturrisiken im Klimawandel“ werden globale und regionale Klimamodelle auf kleine räumliche Skalen „herunter gerechnet“ und damit Niederschlagsmuster, insbesondere deren Extreme, als Ensemble berechnet. Diese wiederum werden mit hydrologischen Modellen gekoppelt, so dass am Ende des Projekts eine Bewertung der sich ändernden Hochwassermuster und die Angabe von Unsicherheiten in dieser Bewertung geliefert werden kann. Bereits heute findet ein intensiver wissenschaftlicher Diskurs mit verschiedenen Akteuren und Nutzern statt.

Die Arbeiten im Bereich des globalen Risikowandels finden im Rahmen des globalen Erdbebenmodells (GEM, Global Earthquake Model, [www.globalquakemodel.com](http://www.globalquakemodel.com)) statt. CEDIM ist dabei zuständig und initiativ für das regionale Risikoprogramm in Zentralasien. Wir beteiligen uns an einem Programm zur globalen Bestandsaufnahme von Risikoinventaren und entwickeln federführend die Konzepte für die sozioökonomische Bewertung von Erdbebenrisiken.

Als neues drittes Tätigkeitsfeld entwickelt sich der Bereich der kritischen Infrastruktur. In einem Beurteilungsprogramm (SIMKRIT) wurden die Bedürfnisse für Forschung und Ausübende benannt. Als Konsequenz daraus wurde mit der Entwicklung des Programms KRITIS begonnen, das als Werkzeug zur Entscheidungshilfe für kritische Infrastrukturen dienen soll und dessen Bandbreite dabei von operativer über technischer bis hin zu strategischer

Entscheidungsunterstützung reichen soll. Dies wird in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) als neuem Schlüsselpartner für CEDIM in diesem Bereich durchgeführt. Die Arbeiten am Krisenmanagement im Fall eines Stromausfalls mit Baden-Württemberg als Beispiel wurden unter wesentlicher Mitarbeit von CEDIM-Partnern, aber auch in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) abgeschlossen. Das Ergebnis dieses Projekts ist ein Handbuch, das weite Verbreitung in Städten, Feuerwehren und Gemeinden fand.

Die Zusammenarbeit mit der Versicherungsbranche wurde fortgesetzt; Willis Research Network finanziert eine Stelle am CEDIM. Eine intensive Zusammenarbeit, vor allem im Bereich des Hagel- und Erdbebenrisikos, hat sich nach dem ersten Treffen im Jahr 2009 mit der SV Sparkassenversicherung ergeben.

Angesichts des Ausbruchs des Vulkans Eyjafjallajökull auf Island im April 2010 und dessen weitreichenden Folgen ergriff CEDIM die Initiative, die Helmholtz Task Force für Extremereignisse bzw. Großschadensereignisse aufzubauen und zu etablieren. Ziel der Task Force ist es, im Katastrophen- bzw. Großschadensfall schnell die Information zu wissenschaftlichen Kapazitäten und Beiträgen zur Katastrophen- und Schadensminderung einzelner Helmholtz Zentren zentral für die Helmholtz-Gemeinschaft zusammenzuführen. CEDIM, d.h. KIT und GFZ bilden gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) den Kern der Task Force, die zunächst zwischen den drei Helmholtz-Zentren aufgebaut werden soll und die nach der Anlaufphase auf alle EOS-Helmholtz-Institute ausgedehnt werden soll. Das Konzept für die Task Force ist unter der Federführung von CEDIM entwickelt worden. Die Aufbauarbeit hat im Dezember 2010 begonnen.

Friedemann Wenzel

Bruno Merz

Christoph Kottmeier



# I. Forschungsarbeiten

## Naturrisiken im Klimawandel

### Ausgangslage / Einführung

Nach dem vierten Sachstandsbericht des IPCC (2007) werden extreme Wetterereignisse wie Winterstürme oder Starkniederschläge über Mitteleuropa infolge des anthropogen bedingten Klimawandels „sehr wahrscheinlich“ zunehmen. Diese Erhöhung der Gefährdung führt dazu, dass Schutzmechanismen immer häufiger versagen und damit die mit Naturereignissen verbundenen Schäden voraussichtlich zunehmen werden. Dieser Veränderung auf der Gefährdungsseite steht eine Veränderung der Vulnerabilität (Exposition und Schadenanfälligkeit) durch wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen (demographischer Wandel, Landnutzungsänderungen, Wertezuwachs, zunehmende Vernetzung von Infrastruktureinrichtungen) gegenüber. Damit steigt das Risiko als Produkt von Gefährdung und Vulnerabilität in Zukunft erheblich an.

Diesem Themenkomplex widmet sich der Forschungsschwerpunkt „Naturrisiken im Klimawandel“ innerhalb von CEDIM. Im Mittelpunkt stehen dabei derzeit Arbeiten zur Änderung der Hochwassergefährdung in verschiedenen kleinen Flusseinzugsgebieten und der Hagelgefährdung in Süddeutschland. Klimawandelszenarien fließen zudem in die Arbeiten zur Anfälligkeit der Verkehrsinfrastruktur bei Hochwasser, den Indikatoren für die Quantifizierung indirekter Schäden sowie Folgen und Schutzoptionen im Falle eines Ausfalls von Stromversorgung und Telekommunikation mit ein (siehe Kapitel Vulnerabilität vernetzter und kritischer Infrastrukturen).

Im Verbundprojekt „Hochwassergefahr durch Klimawandel“ werden ausgehend von globalen Klimaprojektionen verschiedene regionale Klimasimulationen durchgeführt, um Ände-

rungen des Niederschlags und der Temperatur in hoher räumlicher Auflösung von 7 x 7 km<sup>2</sup> zu untersuchen. Dem Ensemble-Ansatz folgend werden mit diesen Ergebnissen die Wasserhaushaltsmodelle PRMS, SWIM und WASIM angetrieben und für drei Einzugsgebiete die Veränderungen von Starkniederschlägen und Hochwasser untersucht. Die Daten der regionalen Klimamodelle fließen außerdem in die CEDIM-Arbeiten zur Abschätzung der künftigen Hagelgefährdung in Deutschland im Rahmen des Projekts HARIS-CC (Hail Risk and Climate Change) ein.

### Ausblick

Ziel der verschiedenen Arbeiten am KIT und GFZ ist es, die Arbeiten zur Veränderung von Hochwasser- bzw. Hagelgefährdung auf die damit verbundene Veränderung des Risikos auszuweiten. Für den Bereich Hagelschlag ist die Entwicklung eines Schadenmodells zur Quantifizierung maximaler Kumulschäden vorgesehen. Für den Bereich Hochwasser wird bereits eine Risikoanalyse an der Vereinigten Mulde durchgeführt. Hierbei wird durch eine Sensitivitätsanalyse quantifiziert, welchen Einfluss die Komponenten Klimawandel, Landnutzungsänderungen und Änderungen der Gebäudewerte auf die Änderungen des Risikos haben. Dieses Vorgehen soll im nächsten Jahr auf das gesamte Einzugsgebiet der Elbe übertragen werden.

Parallel zum Abschluss des Verbundprojektes „Hochwassergefahr durch Klimawandel“ soll ein Anschlussprojekt entwickelt werden, dessen interdisziplinäre Ausrichtung wie bisher den einzelnen Arbeiten einen erheblichen Mehrwert bringt und CEDIM in diesem Bereich ein Alleinstellungsmerkmal sichert.

## Hochwassergefahr durch Klimawandel

### Ausgangslage / Einführung

In mehreren Studien wird für den prognostizierten Klimawandel von einer zunehmenden Variabilität von Niederschlag und Temperatur ausgegangen. Das könnte bedeuten, dass extreme Ereignisse wahrscheinlicher werden und bedeutende Auswirkungen auf die Gesellschaft haben können. Weil jedoch extreme Ereignisse sehr selten sind, ist es anhand von nur kurzen Zeitreihen schwierig einen Wandel im Extrembereich zu identifizieren. Zudem ist es wichtig, kleinräumige Informationen bspw. auf Länder- oder Flusseinzugsgebietsebene zu haben, um geeignete Anpassungsstrategien entwickeln zu können. Hierzu wird eine Modellkette bestehend aus globalen und regionalen Klimamodellen (RCMen) sowie hydrologischen Modellen (HMen) angewandt.

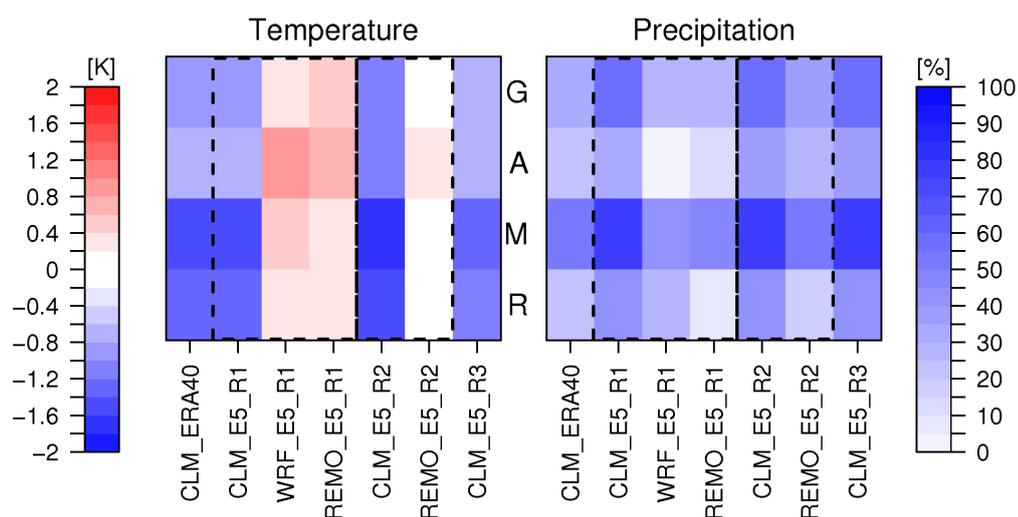
### Ziele / Arbeitsschritte

Zur dynamischen Regionalisierung der Simulationsergebnisse globaler Klimamodelle (GCMs) des Jetztzeit-Klimas und zukünftiger Klimaszenarien basierend auf Treibhausgas-Emissions-Szenarien werden zwei RCMs eingesetzt. Die dynamische Regionalisierung mittels RCMs stellt den Hochwassermodellen die erforderlichen meteorologischen Ein-

gangsdaten in 7 km horizontaler Auflösung im Vergleich zu ~200 km (GCM) bereit. Diese hohe Auflösung ermöglicht den Einsatz für die Hochwassermodelle und die zu simulierenden Einzugsgebiete. Hierfür wird ein kleines Ensemble regionaler Klimasimulationen generiert und Unsicherheiten auf Grund der natürlichen Variabilität und der zum Einsatz kommenden Modelle verglichen. Dies ermöglicht eine Einschätzung der Klimaänderungssignale im Zusammenhang mit den großen Unsicherheiten, die bei der Modellierung auftreten.

### Projektstatus

Drei Realisationen des ECHAM5-Modells wurden mit dem RCM COSMO-CLM am IMK-TRO (Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Forschungsbereich Troposphäre) dynamisch regionalisiert. Das GCM CCCma3 wird zusätzlich verwendet, um das Ensemble zu vergrößern und die Unsicherheiten des Klimaänderungssignals aufgrund des verwendeten GCMs zu berücksichtigen. Eine Realisation des ECHAM5-Modells wurde zusätzlich mit dem RCM WRF am IMK-IFU (Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Atmosphärische Umweltforschung) zur Untersuchung des Einflusses des verwendeten RCMs dynamisch regionalisiert. Abbildung 1 zeigt einen Leistungs-



**Abb. 1:** Mittlerer jährlicher Bias der CLM-, WRF- und REMO-Kontrollläufe (E5), für verschiedene Realisationen (R1-3), und eine ERA40-angetriebene Simulation mit CLM. Dargestellt sind räumliche Mittelwerte für die Regionen Deutschland („G“), Ammer („A“), Mulde („M“) und Ruhr („R“). Temperaturen werden mit dem E-OBS-Datensatz [Haylock et al., 2008], und Niederschlag mit dem REGNIE-Datensatz des DWD verglichen.

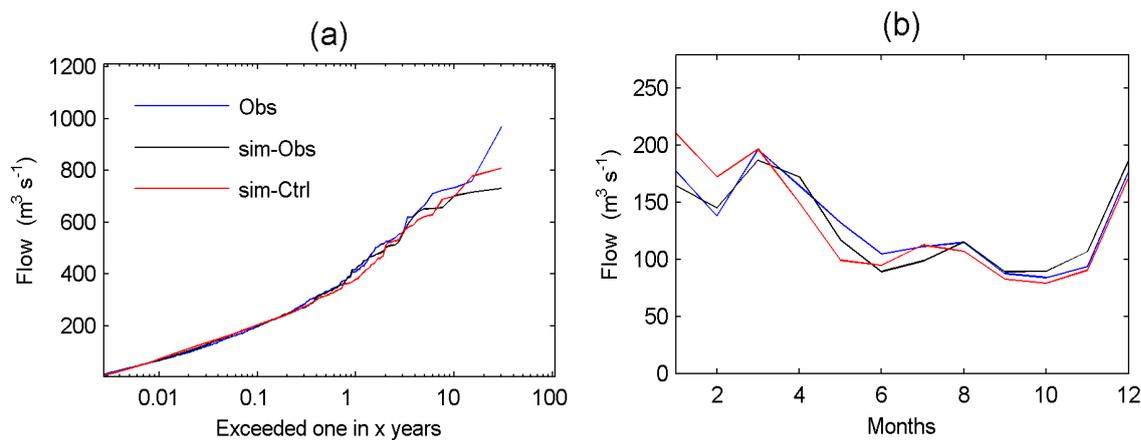
vergleich der RCMe CLM und WRF (7 km) sowie der frei verfügbaren REMO Ergebnisse in 10 km Auflösung für den Kontrollzeitraum. Die CLM-Ergebnisse sind im Vergleich zu den Beobachtungen 0,5 bis 2 K zu kalt, wohingegen die WRF- und REMO-Ergebnisse ungefähr 0,5 K zu warm sind. Die Niederschlagssummen werden in allen drei Modellen überschätzt. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Überschätzung zu mindestens teilweise aus dem ECHAM5-Modell stammt. Die größte Niederschlagsüberschätzung tritt bei CLM und WRF im Winter auf, bei REMO im Herbst (nicht gezeigt).

Die Abweichungen der Ergebnisse der RCMe erfordert eine Korrektur vor der Anwendung in den Hochwassermodellen. Die Simulationsergebnisse der RCMe werden am IMK-TRO mit dem Bias-Korrektur-Verfahren „quantile mapping“ korrigiert [Berg et al., 2010]. Dieses Verfahren korrigiert die Verteilungsfunktion der Zielgröße. Dabei werden Mittelwert und Variabilität geringfügig korrigiert. Die zu Grunde liegende Annahme bei der Bias-Korrektur ist, dass sich der Bias nicht mit dem Klima verändert. Daher ist es sehr wichtig sicherzustellen, dass die Bias-Korrektur nicht das Klimasignal beeinflusst. Dies wird gerade am IMK-TRO untersucht.

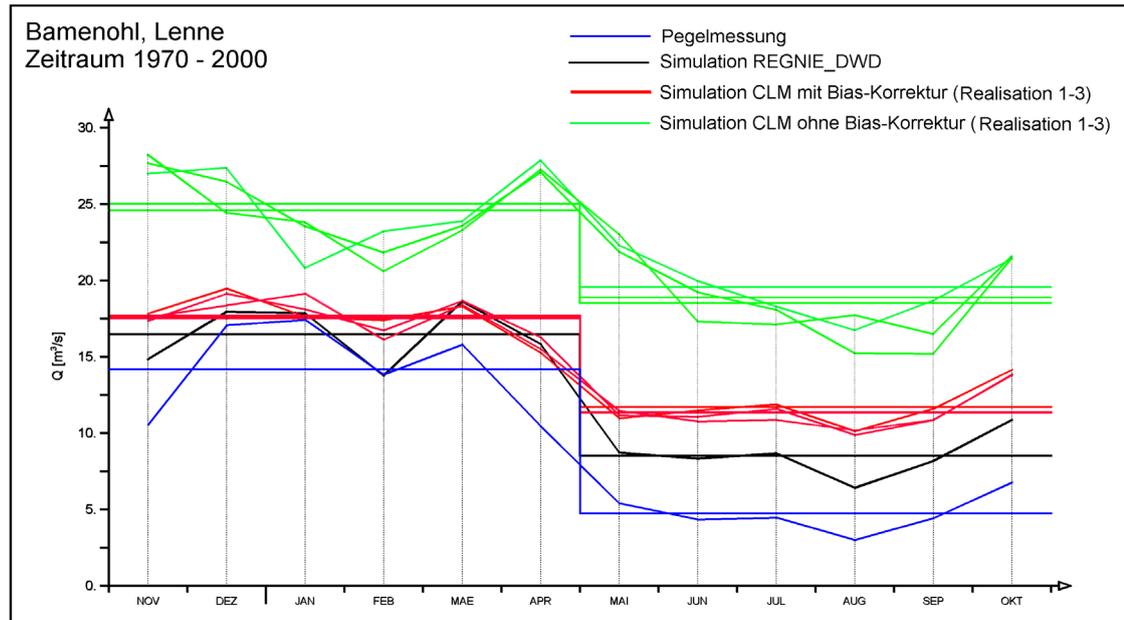
Drei hydrologische Modelle werden jeweils auf zwei der drei ausgewählten Einzugsgebiete Ammer, Mulde und Ruhr angewandt. Beispielsweise wird am GFZ das hydrologische Modell

SWIM für die Einzugsgebiete Mulde und Ruhr aufgesetzt. Die Modellkalibrierung erfolgt teileinzugsgebietsspezifisch unter Verwendung des SCE-UA-Algorithmus [Duan et al., 1993; Duan et al., 1994] über einen Zeitraum von fünf Jahren (1991-95). Als Gütekriterium wird dabei eine gewichtete Summe aus der Nash-Sutcliffe Efficiency, einer modifizierten Efficiency mit höherer Gewichtung für hohe Abflüsse, der log Efficiency und des Abflussvolumenfehlers verwendet. Dabei wurden zufriedenstellende Ergebnisse erreicht, mit Medianwerten der Nash-Sutcliffe Efficiency von 0,7 bis 0,8 und Volumenfehlern unter 10 %. Daneben erfolgte auch eine visuelle Bewertung der Modellgüte anhand täglicher Abflussganglinien, mittlerer und maximaler monatlicher Abflussregime, mittlerer und maximaler jährlicher Abflüsse und Abflussdauerkurven. Nach erfolgreichem Abschließen der Modellkalibrierung mit beobachteten Klimadaten erfolgen die Modellläufe mit um systematische Abweichungen korrigierten Daten der regionalen Klimamodelle. Ein Vergleich der Modellsimulationen mit Klimainput aus Beobachtungsdaten und aus regionalen Klimamodellen zeigt, ob das statistische Verhalten, z.B. in Bezug auf Abflussdauerkurven oder monatliche mittlere und maximale Abflussregime, wiedergegeben werden kann (Abb. 2).

Für das Einzugsgebiet der Ruhr wurde am IWG (Institut für Wasser und Gewässerforschung) das hydrologische Modell PRMS [Leavesley & Stannard, 1995] angepasst. Zur Berücksichtigung der vielfältigen wasserwirtschaftlichen



**Abb.2:** Ergebnisse der SWIM Simulationen mit um systematische Fehler korrigierten 18 km-CLM Daten für die Kontrollperiode 1971-2000 (sim-Ctrl), im Vergleich zu Simulationen mit beobachtetem Klimainput (sim-Obs) und beobachtetem Abfluss (Obs) für den Pegel Golzern, Mulde. (a) Abflussdauerkurve, (b) mittlere maximale monatliche Abflüsse.



**Abb. 3:** Beispiel Pegel Bamenohl (Lenne) Jahresregime der mittleren Abflüsse der drei Realisierungen des RCM (ECHAM5, CLM, 1970-2000) mit und ohne Bias-Korrektur.

Systeme im Einzugsgebiet wurde weitergehend das Bewirtschaftungsmodell BEWASYS angewandt [Brudy-Zippelius, 2003]. Die Modelle wurden für die Wasserwirtschaftsjahre 1992 und 1993 kalibriert, anhand langer Datenzeitreihen (20–30 Jahre) validiert und weisen weitestgehend gute Gütekriterien auf. Für die hydrologische Analyse wurden als erstes die drei Realisierungen des Control-Laufes (ECHAM5, CLM, 1971–2000) bearbeitet. In Abbildung 3 ist beispielhaft für den Pegel Bamenohl das Jahresregime der mittleren Abflüsse der drei Realisierungen mit und ohne Bias-Korrektur dargestellt. Deutlich erkennbar ist die starke Auswirkung der Bias-Korrektur der Niederschlagshöhen und Temperatur auf die Abflussreaktion der Einzugsgebiete.

Am IMK-IFU werden hydrologische Simulationen mit dem Wasserhaushaltsmodell WaSiM für das Einzugsgebiet von Ammer und Mulde durchgeführt. Die erforderlichen Eingangsdaten der WaSiM setups sind zusammengestellt und die Einzugsgebiete in 6 (Ammer) bzw. 22 (Mulde) Teilgebiete untergliedert. Die Model-Setups werden momentan mit beobachteten, meteorologischen Eingangsdaten und gemessenen Abflusskurven kalibriert und validiert. Darauf folgt die Anwendung der Ergebnisse der RCMs als meteorologische Antriebsdaten für die hydrologische Modellierung.

### Ausblick

Die Anwendung und Kalibrierung der hydrologischen Modelle steht kurz vor dem Abschluss und für alle Einzugsgebiete sind Simulationen für die Kontrollperiode verfügbar. Im nächsten Schritt können nun Simulationen für die Zukunftsszenarien durchgeführt und mit den Kontrollläufen verglichen werden. Ein Konzept zur Bewertung des Klimaänderungssignals und zur Untersuchung davon, wie sich Änderungen in den meteorologischen Größen auf Änderungen in den hydrologischen Größen auswirken, befindet sich in der Ausarbeitung. Die Verwendung verschiedener Modelle in den verschiedenen Schritten des Projekts ermöglicht zumindest eine teilweise Abschätzung der Unsicherheiten, mit denen solche Untersuchungen behaftet sind.

### Publikation

Berg, P., Düthmann, D., Feldmann, H., Liebert, J., Wagner, S. (2010): Assessing uncertainties in observations and RCM bias correction, submitted to International Journal of Climatology.

### Referenzen

Brudy-Zippelius, T. (2003): Wassermengenbewirtschaftung im Einzugsgebiet der Ruhr: Simulation und Echtzeitbetrieb, Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik

der Universität Karlsruhe (TH), 221.

Duan, Q. Y., V. K. Gupta and S. Sorooshian (1993): Shuffled complex evolution approach for effective and efficient global minimization, *Journal of Optimization Theory and Applications* 76(3), 501-521.

Duan, Q. Y., S. Sorooshian and V. K. Gupta (1994), Optimal use of the sce-ua global optimization method for calibrating watershed models, *Journal of Hydrology* 158(3-4), 265-284.

Haylock, M., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, and M. New (2008): A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature, precipitation and sea-level pressure, *J. Geophys. Res.*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD010201.

Jacob, D, H. Göttel, S. Kotlarski, P. Lorenz, and K. Sieck (2008), Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Tech. Rep. Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 204 41 138, 11, UBA-Reihe Climate Change, Dessau, 154.

Leavesley, G.H., and Stannard, L.G. (1995): The precipitation-runoff modeling system PRMS, in Singh, V.P., ed., *Computer Models of Watershed Hydrology: Highlands Ranch, CO*, Water Resources Publications, 281-310.

### Bearbeitung

Peter Berg  
Gerhard Schädler  
*Institut für Meteorologie und Klimaforschung -  
Forschungsbereich Troposphäre, KIT*

Sven Wagner  
Harald Kunstmann  
*Institut für Meteorologie und Klimaforschung,  
Atmosphärische Umweltforschung, KIT*

Joachim Liebert  
Jürgen Ihringer  
*Institut für Wasser und Gewässerforschung, KIT*

Doris Düthmann  
Bruno Merz  
*Sektion 5.4 – Hydrologie, GFZ*

## HARIS-CC

### Hail Risk and Climate Change

#### Ausgangslage / Einführung

In den vergangenen Jahrzehnten haben in Mitteleuropa Schäden durch schwere Hagelstürme erheblich zugenommen. So ist in Baden-Württemberg Hagelschlag mittlerweile für über 40% aller Gebäudeschäden durch Elementarschadenereignisse verantwortlich (1986-2008). Um dieser Gefährdungsänderung Rechnung zu tragen, ist eine möglichst genaue Quantifizierung der Hagelgefährdung und des Hagelrisikos für die Wirtschaft, insbesondere für die Versicherungswirtschaft, von großer Bedeutung. Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit die Zunahme der Hagelschäden durch den anthropogen bedingten Klimawandel bestimmt ist.

Aufgrund der lokal-skaligen Ausdehnung von wenigen hundert Metern bis einigen Kilometern kann Hagelschlag von den derzeitigen Messsystemen oder numerischen Modellen nicht

hinreichend genau erfasst oder simuliert werden. Daher werden im Projekt HARIS-CC, das seit Juni 2009 auch im Rahmen von CEDIM bearbeitet wird, verschiedene Datensätze miteinander kombiniert und statistisch ausgewertet. Ziel ist es, sowohl die Hagelgefährdung für Deutschland in hoher räumlicher Auflösung zu quantifizieren als auch Trends für die Zukunft abzuschätzen.

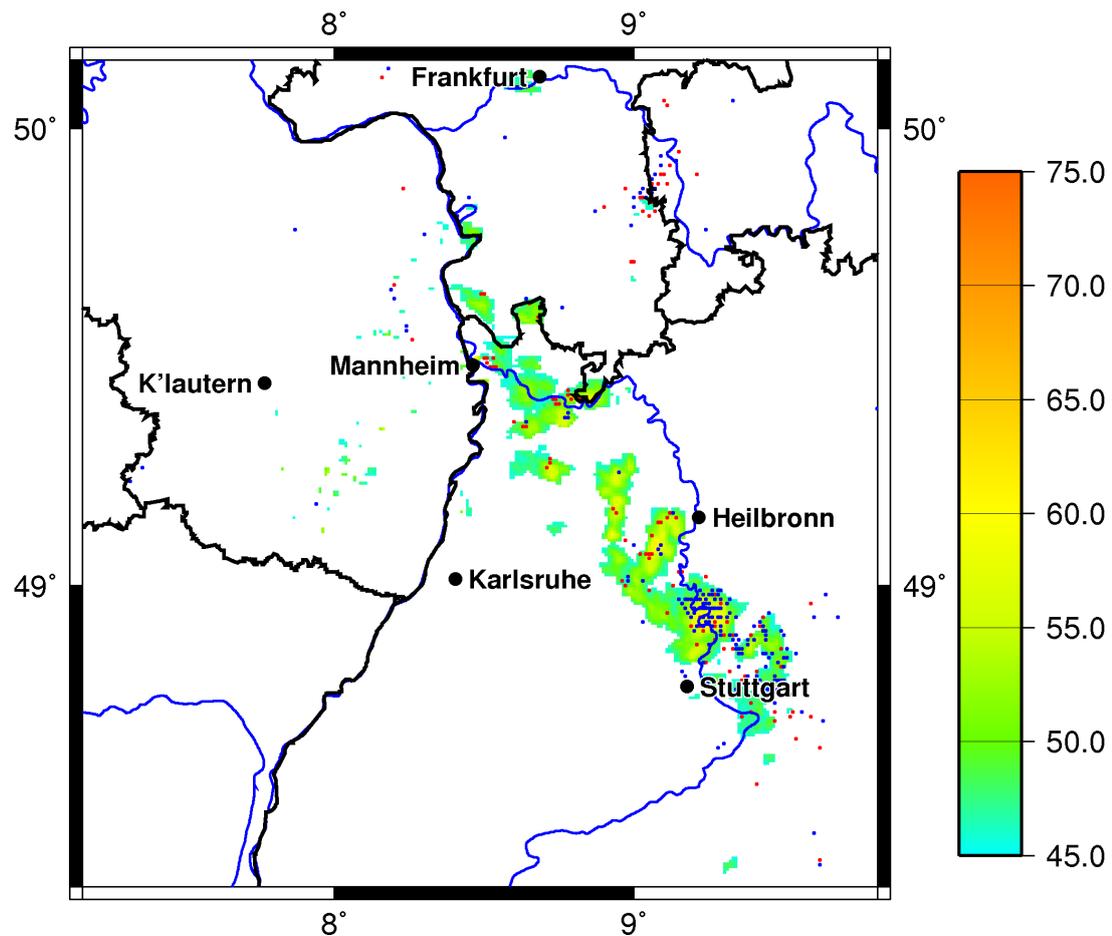
#### Ziele / Arbeitsschritte

Auf der Grundlage von Radardaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und des Blitz-Informationen-Dienstes von Siemens (BLIDS) werden Zugbahnen einzelner Hagelstürme der Vergangenheit mit Hilfe eines Zellverfolgungs-Algorithmus rekonstruiert. Um Ereignisse ohne schadenrelevanten Hagel am Boden auszuschließen, werden zusätzliche Beobachtungsdaten verwendet. Diese umfassen aerologische und stationsgebundene Daten, Schadendaten

von Versicherungen (SV Sparkassenversicherung und Vereinigte Hagelversicherung) und Web-basierte Informationen (siehe Projekt „Menschen als Sensoren“). Damit die Stichprobenzahl in den einzelnen Rasterzellen für die Anwendung statistischer Methoden ausreichend ist, werden mittels stochastischer Modellierung synthetische Zugbahnen unter Berücksichtigung der vorherrschenden meteorologischen Randbedingungen generiert. Die Anwendung extremwertstatistischer Verfahren erlaubt es dann, Intensitäten für bestimmte Jährlichkeiten zu schätzen. Darüber hinaus wird ein Hagelschadenmodell entwickelt, mit dem die gemessenen und modellierten Intensitäten (z.B. Radarreflektivitäten oder hagelkinetische Energie) in monetäre Größen wie Durchschnittsschaden oder Maximalschaden überführt werden können. Damit ist es möglich, aus der abgeleiteten Hagelgefährdung schließlich das Hagelrisiko für bestimmte Jährlichkeiten zu quantifizieren.

Langfristige Änderungen der atmosphärischen

Bedingungen für hochreichende Konvektion werden aus einem Ensemble hoch-aufgelöster regionaler Klimamodelle (RCM) quantifiziert. Ein wesentlicher Bestandteil des Ensembles sind Klimarechnungen, die im Rahmen des Projekts „Klimawandel und Hochwasserrisiko“ durchgeführt werden. In einem mehrdimensionalen Parameterraum geeigneter atmosphärischer Indikatoren (z.B. Konvektionsenergie, Feuchteflusskonvergenz, Großwetterlagen u.a.), abgeleitet aus Reanalysedaten und Radiosondendaten, wird zunächst die Auftretenswahrscheinlichkeit vergangener Hagelereignisse statistisch beschrieben. Die an reale Ereignisse angepassten Methoden werden anschließend auf die verschiedenen Klimaprojektionen übertragen. Aus der Differenz der maßgeblichen Indikatoren zwischen Vergangenheit (z.B. 1971-2000) und Zukunft (z.B. 2021-2050) kann die erwartete Änderung des Konvektionspotentials quantifiziert werden. Das abschließende Ziel ist es, auf der Grundlage der vergangenen Hagelgefährdung die zukünftig zu erwartende Hagelgefährdung zu projizieren.



**Abb. 1:** Positive (rot) und negative (blau) Blitze kombiniert mit der Radarreflektivität (in dBZ) bei einem Hagelereignis nördlich von Stuttgart am 25. Juni 2006 um 21 UTC.

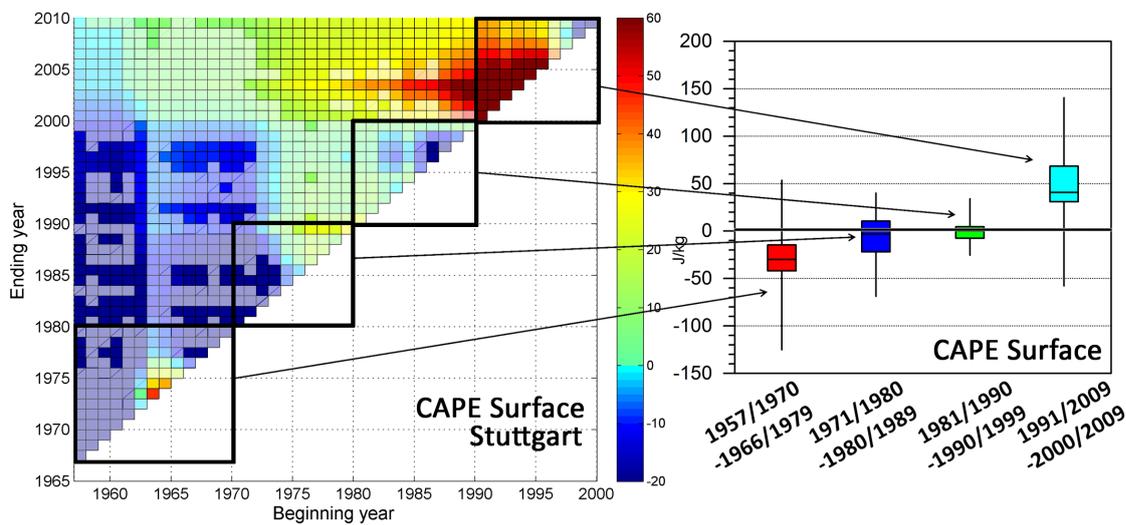
**Projektstatus**

Erste Ergebnisse wurden für eine Testregion von Baden-Württemberg erarbeitet, für die umfassende und hoch-aufgelöste qualitätsgesicherte Daten bereits vorlagen (siehe Entwicklungsbericht 2009).

Aufgrund ihrer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung sowie der deutschlandweiten Abdeckung sind Radar- und Blitzdaten besonders gut für die Detektion von Gewitterstürmen und der Bestimmung ihrer Zugbahnen geeignet. Da Blitzschläge mit Hilfe elektromagnetischer Sensoren sehr genau und über große Distanzen lokalisiert werden können, wurde zunächst untersucht, inwiefern positive und negative Blitze sowie eine bestimmte Blitzdichte mit Hagelschlag bzw. einer bestimmten Radarreflektivität in Verbindung gebracht werden können. Anhand mehrerer Fallbeispiele konnte gezeigt werden, dass eine erhöhte Blitzaktivität in einem Bereich mit einer besonders hohen Radarreflektivität zusammenfällt. Betrachtet man die Verteilung von positiven und negativen Blitzen, ist erkennbar, dass besonders im Entwicklungsstadium eines Gewitters die negativen Blitze überwiegen, während im Reifestadium eine Häufung von positiven Blitzen auftritt. Des Weiteren ist erkennbar, dass negativ geladene Blitze während der Entwicklungsphase eine geringe räumliche Ausdehnung aufweisen,

während positive Blitze auch in weiterer Umgebung um das Zentrum eines Gewitters auftreten können (Abb. 1). Der gefundene Zusammenhang ermöglicht es, in Gebieten, in denen das Radarsignal aufgrund von Hindernissen abgeschattet ist, die Radarreflektivität indirekt aus Blitzdaten zu rekonstruieren.

Statistische Analysen der Konvektionsindizes, welche die Stabilität der Atmosphäre beschreiben, haben gezeigt, dass sich das Gewitterpotential in den letzten Jahren bereits merklich verändert hat (Abb. 2). Als Datengrundlage für diese Untersuchungen dienten aerologische Messungen in Deutschland und Europa jeweils für das Sommerhalbjahr um 12 UTC. Den Analysen zufolge hat sich über Deutschland in den vergangenen 50 Jahren ein Wechsel in der Richtung des Trends ergeben. Während in den 60/70er Jahren das Potential für die Gewitterentstehung geringer war, stieg dieses in den 90ern erheblich an. Dabei vollzog sich der Wechsel im Süden früher als im Norden. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich auch über Mitteleuropa. Dabei ist zu beobachten, dass die Änderungen der Konvektionsindizes insbesondere von der Zunahme der Temperatur und Feuchtigkeit in den bodennahen Luftschichten, die die lokalen Verhältnisse wiedergeben, bestimmt ist. Dagegen kann in höheren Atmosphärenschichten keine statistisch signifikante Änderung beobachtet werden.



**Abb. 2:** a) Lineare Trends der jährlichen 90% Perzentile für variierende Zeitperioden (mind. Zeitraum von 10 Jahren) für die verfügbare konvektive Energie (CAPE) an der Station Stuttgart; die x-Achse markiert den Beginn, die y-Achse das Ende der jeweiligen Zeitreihe. b) zugehörige Boxplots für den linearen Trend verschiedener variabler Zeitreihen.

Um einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Konvektionsindizes und Hagelerignissen herzustellen, wurden mittels kategorialer Verifikation die Indizes mit Schadendaten von Gebäuden und aus der Landwirtschaft verglichen. Dabei zeigte sich, dass einzelne Indizes alleine schon im statistischen Mittel gut in der Lage sind, auf Gewitter bzw. Hagel zu schließen (z.B. CAPE oder Lifted-Index).

### Ausblick

In den nächsten zwei Jahren werden die beschriebenen Arbeitsschritte umgesetzt.

Das Projekt HARIS-CC wird von der Stiftung Umwelt und Schädenvorsorge, von Willis Research Network (WRN) sowie der SV Sparkassenversicherung unterstützt.

### Bestehende Kooperationen

SV Sparkassenversicherung, Stuttgart  
Vereinigte Hagelversicherung, Gießen  
Willis Research Network (WRN), London  
Blitz Informationsdienst von Siemens (BLIDS)

### Publikationen

Kunz, M., Puskeiler, M. (2010): High-resolution assessment of the hail hazard over complex terrain from radar and insurance data. *Meteorol. Z.*, doi: 27/0941-2948/2010/0452.

Kunz M., Sander, J., Kottmeier, Ch. (2009): Recent trends of thunderstorm and hailstorm frequency and their relation to atmospheric characteristics in southwest Germany. *Int. J. Climatol.*, 29, 2283–2297. doi: 10.1002/joc.1865.

Kunz, M., (2007): The skill of convective parameters and indices to predict isolated and severe thunderstorms, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 327–342, doi:www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/7/327/2007/.

### Bearbeitung

Christoph Kottmeier  
Michael Kunz  
Susanna Mohr  
Marc Puskeiler

*Institut für Meteorologie und Klimaforschung, KIT*

## Abschätzung oberer Grenzen von Hochwasserabflüssen in Sachsen

### Ausgangslage / Einführung

Dieses Projekt war ein Teilprojekt der „Synopse der Naturgefahren in Sachsen“, in der das Risiko von drei verschiedenen Naturgefahren (Erdbeben, Hochwasser, Sturm) verglichen wurde. Um einen konsistenten Vergleich der drei Naturgefahren in einem möglichst großen „Überlappungsbereich“, d.h. insbesondere für hohe Wiederkehrintervalle zu ermöglichen, war es notwendig, Hochwasserabflüsse für Wiederkehrintervalle von 100–1000 Jahren abzuschätzen. Da die statistische Abschätzung von Abflüssen mit Wiederkehrintervallen > 100 Jahren großen Unsicherheiten unterliegt, war es notwendig, die bestehenden Methoden zu erweitern.

### Ziele / Arbeitsschritte

Ziel dieses Projektes war die Ableitung von Extremabflüssen mit großen Wiederkehrin-

tervallen sowie die Abschätzung von oberen Grenzen von Hochwasserabflüssen mit probabilistischen und empirischen Hüllkurven und deren Integration in Verteilungsfunktionen. Durch die Verwendung von zusätzlichen Informationen in Form von Extremabflüssen und deren Wiederkehrintervallen sollte eine Verbesserung der Abschätzung von Hochwasserabflüssen mit einem hohen Wiederkehrintervall realisiert werden.

### Projektstatus / Ergebnisse

In diesem Projekt wurden Hüllkurven, d.h. Grenzlinien oberhalb aller bislang beobachteten Hochwasserereignisse in einer Region, untersucht. Die Basis dieser Untersuchungen waren kontinuierliche Abflussdaten an gleichmäßig verteilten Pegeln in Sachsen. Aus den ersten Studien folgte die Erkenntnis, dass die bestehenden Ansätze der empirischen und probabilistischen Hüllkurve einer detaillierten

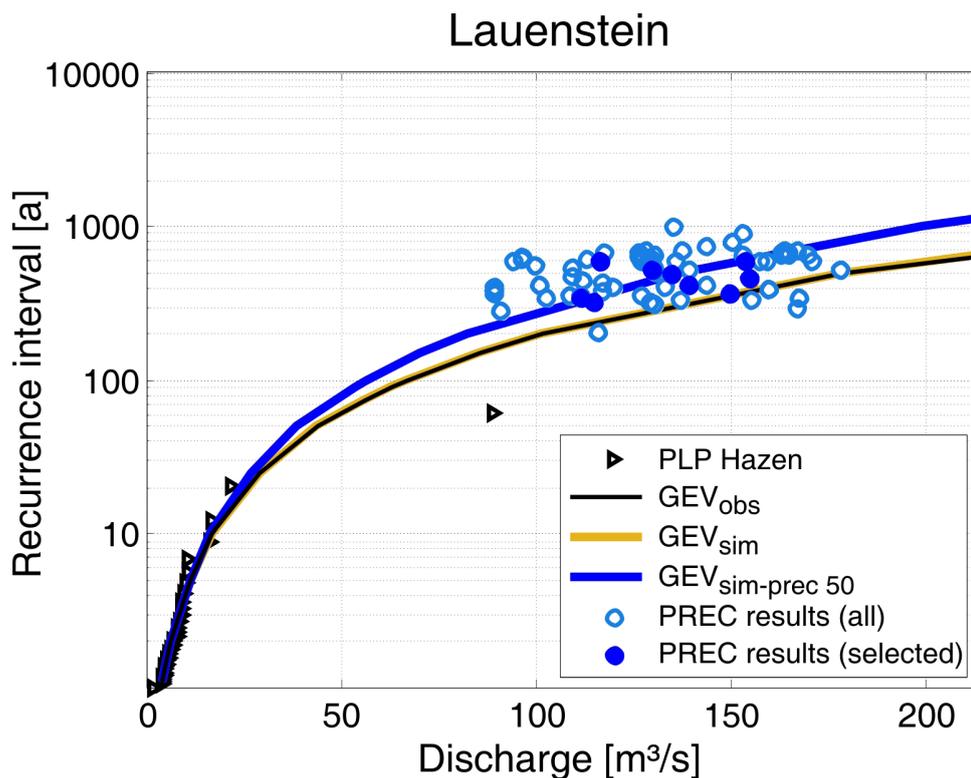
Untersuchung bedürfen, um die Anforderungen einer verbesserten Abschätzung von Abflüssen mit hohen Wiederkehrintervallen zu erfüllen.

Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse konnte die Eignung von zwei Methoden zur Ableitung von homogenen Regionen untersucht werden. Die Sensitivitätsanalyse erlaubt eine Abschätzung der Variabilität der probabilistischen regionalen Hüllkurven. Der Einfluss der Korrelation von Abflusszeitreihen untereinander auf das Wiederkehrintervall einer probabilistischen Hüllkurve wurde in einer weiteren Studie untersucht. Diese beiden Studien ermöglichen eine verbesserte Abschätzung des Extremabflusses und des zugehörigen Wiederkehrintervalls einer probabilistischen Hüllkurve. Die Ergebnisse beider Studien konnten auf internationalen Konferenzen präsentiert (Guse u. a., 2008a, 2009b, 2010a) und in internationalen Zeitschriften veröffentlicht werden (Guse u. a., 2009c, 2010c).

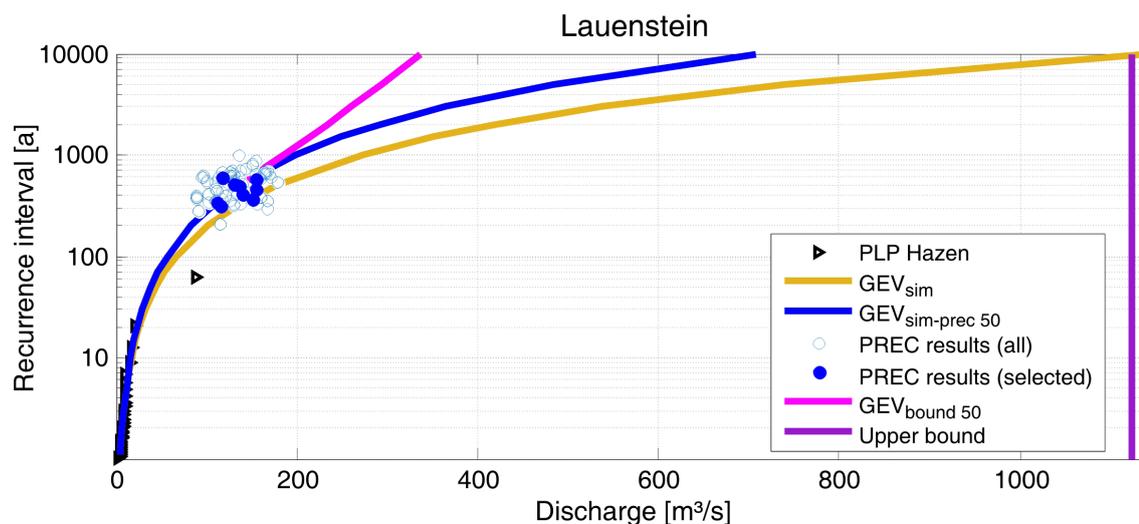
Die Ergebnisse der probabilistischen Hüllkurven konnten somit als Zusatzinformation für die Hochwasserstatistik verwendet werden. Während die traditionelle Hochwasserstatistik nur Abschätzungen bis zu Wiederkehrintervallen von 100 Jahren ermöglicht, liefern probabilistische Hüllkurven in dieser Studie zusätzliche Stützstellen für Wiederkehrintervalle zwischen 150 und 1500 Jahren. Damit konnte die Unsicherheit in der Hochwasserstatistik reduziert werden.

In einem letzten Schritt wurden die Ergebnisse der Hüllkurven als Eingangsgröße in eine geeignete Verteilungsfunktion integriert. Hierbei bestand ein Diskussionsaustausch mit dem Projekt „Risikoabschätzung Wintersturm und Echtzeit-Schadensprognose“.

Zuerst wurden die Ergebnisse der probabilistischen Hüllkurve mit den beobachteten Hochwasserabflüssen kombiniert (siehe Abb. 1). Anschließend wurde die empirische



**Abb. 1:** Kombination der traditionellen Hochwasserreihe mit den Ergebnissen der probabilistischen regionalen Hüllkurve für den Pegel Lauenstein (aus Guse u.a., 2010b). Die beobachtete Hochwasserreihe ist als empirische Wahrscheinlichkeit (Plotting position, PLP Hazen) dargestellt und wird zur Anpassung der allgemeinen Extremwertverteilung ( $GEV_{obs}$ ) verwendet. Die blauen Kreise symbolisieren jeweils eine Realisierung der probabilistischen regionalen Hüllkurve. Die Abflusswerte und die zugehörigen Wiederkehrintervalle (PREC results) werden mit den traditionellen Hochwasserreihe kombiniert. Die blaue Kurve ( $GEV_{sim-prec 50}$ ) repräsentiert das mittlere Verhalten der kombinierten Verteilungsfunktion.



**Abb. 2:** Darstellung der gemischten begrenzten Verteilungsfunktion ( $GEV_{bound\ 50}$ ) zusätzlich zu der traditionellen GEV ( $GEV_{sim}$ ) und der kombinierten GEV aus der beobachteten Hochwasserreihe und den Ergebnissen der probabilistischen regionalen Hüllkurve ( $GEV_{sim-prec\ 50}$ ) für den Pegel Lauenstein (aus Guse et al., 2010b). Die Funktion nähert sich für Wiederkehrintervalle größer als 500 Jahre an eine obere Grenze, die mit einer empirischen Hüllkurve ermittelt wurde, an.

Hüllkurve als obere Grenze verwendet. Somit wurden beide Arten von Hüllkurven in die gemischte begrenzte Verteilungsfunktion integriert (siehe Abb. 2). Durch die Integration der oberen Grenzen wurde ein unbegrenzter Anstieg der Abflüsse bis hin zu unrealischen Werten für hohe Wiederkehrintervalle verhindert (siehe Abb. 2). Diese Studie wurde ebenfalls auf einer internationalen Konferenz präsentiert (Guse und Merz, 2010) und befindet sich zurzeit noch im Review bei einer internationalen Zeitschrift (Guse u.a., 2010b). Die Kooperation von GFZ und KIT in CEDIM konnte durch die Beteiligung von Autoren von beiden Institutionen gezeigt werden.

#### Ausblick

Das Projekt zur Abschätzung von oberen Grenzen von Hochwasserabflüssen in Sachsen ist mit der Anwendung probabilistischer Hüllkurven abgeschlossen worden und wird nicht weitergeführt.

#### Publikationen

Guse, B., Merz, B. (2010): Introducing empirical and probabilistic regional envelope curves into flood frequency curves, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU 2010-1294-2.

Guse, B., Castellarin, A., Thielen, A. H., Merz, B. (2010a): Probabilistic regional envelope curves: Effect of intersite dependence of nested catchment structures on flood quantiles, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-1295-1.

Guse, B., Hofherr, T., Merz, B. (2010b): Introducing empirical and probabilistic regional envelope curves into a mixed bounded distribution function, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discussions, 7, 4253-4290.

Guse, B., Thielen, A. H., Castellarin, A., Merz, B. (2010c): Deriving probabilistic regional envelope curves with different pooling groups, J. Hydrol., 380 (1-2), 14-26.

Guse, B., Castellarin, A., Thielen, A. H., Merz, B. (2009a): Effects of intersite dependence of nested catchment structures on probabilistic regional envelope curves, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13(9), 1699-1712.

Guse, B., Castellarin, A., Thielen, A. H., Merz, B. (2009a): Effects of intersite dependence of nested catchment structures on probabilistic regional envelope curves, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13(9), 1699-1712.

Guse, B., Castellarin, A., Thielen, A. H., Merz, B. (2009a): Effects of intersite dependence of nested catchment structures on probabilistic regional envelope curves, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13(9), 1699-1712.

regional envelope curves, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13(9), 1699-1712.

Guse, B., Thielen, A., Castellarin, A., Merz, B. (2008a): Probabilistic regional envelope curves in Saxony / Germany using two methods to form homogeneous regions, European Geosciences Union, General Assembly 2008, 13 – 18 April 2008, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008-A-06431, 2008.

Guse, B., Thielen, A., Merz, B. (2008b): Anwendung von Verteilungsfunktionen mit oberer Grenze in der Hochwasserstatistik, in: Haberlandt, U.; Riemeier, B.; Billib, M.; Verworn, H.-R.; Kleeberg, H.-B. (Editors), Hochwasser, Wassermangel, Gewässerverschmutzung – Problemlösung mit modernen hydrologischen Methoden: Beiträge zum Tag der Hydrologie am 27./28.03.2008 in Hannover, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 17-27.

Guse, B., Thielen, A., Merz, B. (2007): Estimation of upper bounds using envelope curves, Extended abstract No. 50, 8. Forum DKKV/CE-DIM: Disaster Reduction in Climate Change, 15./16.10.2007, Karlsruhe University.

### **Bearbeitung**

Björn Guse

Bruno Merz

*Sektion 5.4 – Hydrologie, GFZ*

Annegret H. Thielen

*Climate Service Center, GKSS*

## Globaler Risikowandel: Global Earthquake Model GEM

GEM (Global Earthquake Model) ist eine öffentlich-private Partnerschaft mit weltweiter Beteiligung, die sich zur Aufgabe gemacht hat, die wissenschaftlichen und praktischen Voraussetzungen für eine Kartierung, Analyse und Überwachung von Erdbebenrisiken auf globaler Skala zu schaffen und als kritisches Instrument zur Unterstützung von Entscheidungen für schadensmindernde Maßnahmen zu dienen. Erdbebenrisiken sollen weltweit einheitlich und vergleichbar auf höchstem Standard ermittelt und in verständlicher Form verschiedensten Nutzergruppen verfügbar gemacht werden. Nach der offiziellen Gründung von GEM im März 2009 sind inzwischen mehr als 50 Forschungseinrichtungen weltweit direkt an der Entwicklung des globalen Modells beteiligt, weitere mehr als 100 Forschungseinrichtungen sind in GEM unterstützende Regionalprogramme eingebunden. CEDIM ist ein wichtiger Partner von GEM geworden und hat die Entwicklung von Werkzeugen zur globalen Analyse des Erdbebenrisikos und seiner Dynamik in sein Forschungsprogramm aufgenommen. In diesem Rahmen hat sich CEDIM 2010 in folgende GEM-Aktivitäten eingebracht:

1. Mitwirkung in einem internationalen Team zur Erarbeitung eines *Risiko-Modellierungskonzepts im Rahmen von GEM 1* (erste Testphase). CEDIM hat anhand von Risiko-Test-bed-Modellierungen, u.a. für Lissabon, Istanbul und Bukarest, die Stärken und Schwächen international vorhandener Risiko-Modellierungs-Verfahren einschließlich der eigenen CEDIM-Methode zusammen mit internationalen Partnern herausgearbeitet und so wichtigen Input für ein optimiertes globales Risikomodell geliefert.
2. Initiierung eines *GEM-Regionalprogramms Zentralasien* im Rahmen des vom Auswärtigen Amt geförderten Projektes CASCADE (siehe Extrabericht unten). Ein zentrales Ziel ist die grenzübergreifende Risikoanalyse für Zentralasien.
3. Beteiligung an einem internationalen Konsortium zur Entwicklung eines „GEM Inventory Data Capture Tool“. CEDIM ist insbesondere damit befasst, eine *Methode*

*zur schnellen Aufnahme der strukturellen Vulnerabilität von Megastädten und Großstädten* zu entwickeln (siehe Kurzbericht unten). Erste vielversprechende Ergebnisse auf der Basis eines neuen Ansatzes, der Satellitendaten mit „Street-View“-Daten verbindet, liegen jetzt für Bishkek/Kirgistan vor.

4. *Erarbeitung eines Konzepts für die Analyse des sozio-ökonomischen Impakts von Katastrophenbeben*. CEDIM war in einem internationales Konsortium vertreten, das eine entsprechende „Road Map“ für die Berücksichtigung dieses Impakts in GEM entwickelt hat (siehe Beitrag unten).
5. Einrichtung eines „*GEM-Testing Centres*“ am GFZ. In dem Zentrum soll die Güte sämtlicher Komponenten des zu entwickelnden GEM-Modells unabhängig von den Entwicklern mit reproduzierbaren und transparenten wissenschaftlichen Experimenten in kontrollierter Umgebung getestet werden können. Die Arbeiten haben mit dem Wechsel des Leiters von CSEP (Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability) Dr. Schorlemmer von SCEC (Southern California Earthquake Center) an das GFZ im August d. J. begonnen.

Dem CEDIM-Schwerpunkt „GEM“ waren auch Arbeiten zugeordnet, die nicht unmittelbar zu den mit GEM abgestimmten Aktivitäten gehören. U.a. fallen darunter die im Rahmen einer Dissertation durchgeführte Bevölkerungsmodellierung in indischen Großstädten mittels Fernerkundung sowie die Weiterentwicklung von Verfahren zur Abschätzung von Erdbebenschäden auf der Basis globaler Datensätze.

In den drei folgenden Beiträgen sind einige der Aktivitäten im Rahmen des CEDIM-Schwerpunktes GEM näher beschrieben.

## Zentralasien Initiative

### Vom CASCADE-Projekt zu einer verbesserten Risikobewertung für Zentralasien

#### Ausgangslage / Einführung

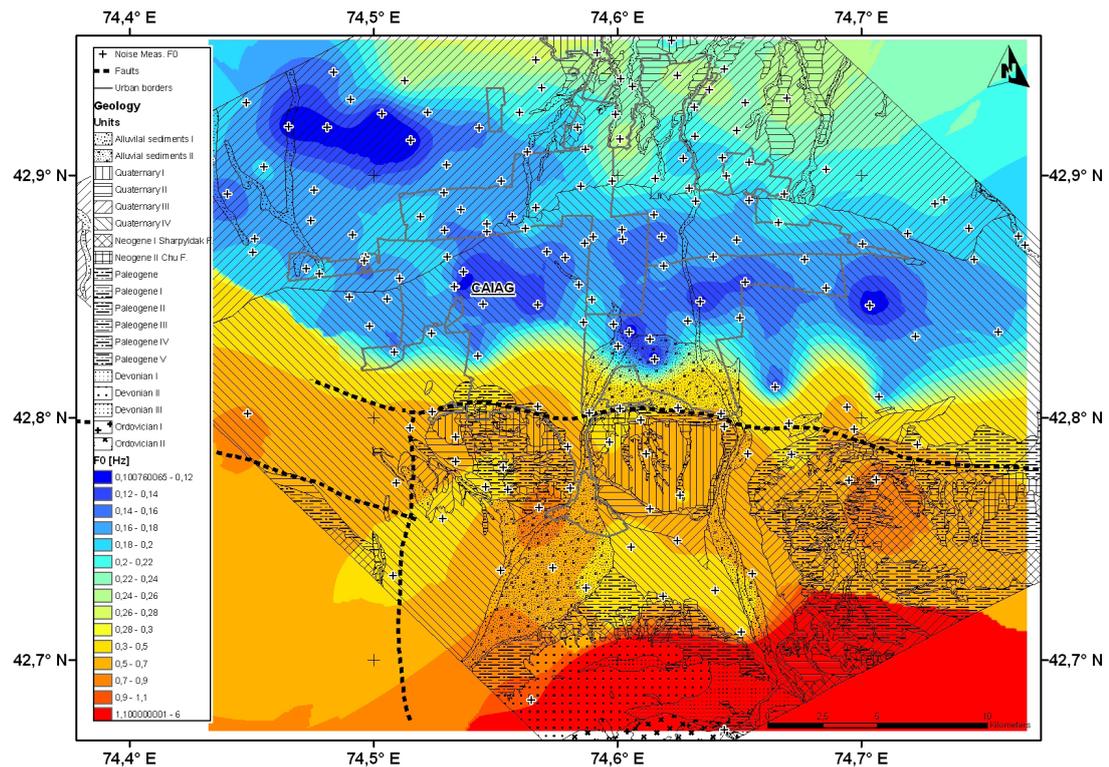
Zentralasien gilt weltweit als eine der Regionen mit der höchsten seismischen Gefährdung. Demgegenüber sind jegliche seismische Risikoszenarien aufgrund des Mangels an verfügbaren seismologischen Daten und an Informationen zur Vulnerabilität sowie der Ungleichheit in der Erhebung mit großen Unsicherheiten behaftet. Um die vorherrschenden seismischen Risiken für Zentralasien verlässlicher bewerten zu können, müssen daher Anstrengungen unternommen werden, sowohl den Kenntnisstand der Bevölkerung vor Ort zu erhöhen als auch die bestehenden Vulnerabilitätsdatensätze in den einzelnen Staaten auf eine gemeinsame Grundlage zu stellen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Central Asia Cross-Border Natural Disaster Prevention (CASCADE) Projekt vom Auswärtigen Amt finanziert, um mittels gemeinsamer Aktivitäten in Zusammenarbeit mit den zentralasiatischen Partnern ein Bewusstsein für die seismische Gefährdung aufzubauen. Die drei Hauptbestandteile des Projekts umfassen die Installation eines grenzüberschreitenden seismischen Netzwerks, die seismische Mikrozonierung zweier Hauptstädte und die Abschätzung der Vulnerabilität der Bausubstanz auf Grundlage eines harmonisierten Ansatzes. Weiterhin soll das Projekt mittels der Durchführung von Trainingskursen zur Personal- und Organisationsentwicklung beitragen.

Das grenzüberschreitende seismologische und auf starke Bodenbewegungen ausgerichtete Netzwerk in Zentralasien (CAREMON) (Strollo et al., 2010) besteht aus sechs digitalen Stationen, die mit Breitband- und Strong-motion-Sensoren ausgestattet sind. Die Stationen wurden in Kasachstan (Podgornoe und Ortau), Kirgistan (Talas und Sufy-Kurgan), Turkmenistan (Ashgabat) und Tadschikistan (Djerino) installiert. Eine Echtzeitkommunikation wird entweder mit einer Satellitenverbindung oder mittels einer Internetverbindung (nur für Ashgabat) realisiert. Eine weitere Station wurde an die deutsche Botschaft in Tashkent (Usbekistan) geliefert; die Installation dieser Station und der Aufbau einer Echtzeitkommunikation werden derzeit untersucht. Darüber hinaus wurde ein

SeisComp3-System in den Datenzentren der jeweiligen Partner installiert, welches es den Wissenschaftlern vor Ort erlaubt kontinuierlich die Daten von verschiedenen Staaten in Zentralasien zu analysieren und zu archivieren sowie darüber hinaus in der ganzen Welt mittels GEOFON- und IRIS-Servern.

Innerhalb des CASCADE-Projekts wurden große Anstrengungen unternommen, Daten über die seismische Vulnerabilität der Gebäudesubstanz in den verschiedenen Staaten zu sammeln. In Zusammenarbeit mit den Partnern vor Ort bestand der erste Schritt in einer Harmonisierung der Vulnerabilitätsklassifikation, d.h. in einer Überführung der lokalen (und manchmal stark voneinander abweichenden) Klassifizierungen in die einheitliche EMS-98-Klassifizierung. Die Möglichkeit der Entwicklung einer ad-hoc-Klassifizierung für die Staaten Zentralasiens wurde diskutiert, und weitere Schritte hierzu werden in naher Zukunft erfolgen. Darüber hinaus werden weitere, bereits geplante Studien zu einer Aktualisierung der Vulnerabilitätsdatensätze beitragen. Um das enorme Wachstum der Städte in den vergangenen Jahren zu berücksichtigen, werden auch satelliten- und bodengestützte Fernerkundungsmethoden implementiert. Alle gesammelten Daten werden in zukünftigen Kollaborationen einer verbesserten seismischen Risikoszenarienanalyse dienen.

Um die Risikobewertung für Zentralasien zu verbessern, muss auch die Abschätzung der Gefährdung verbessert werden; dies kann beispielsweise durch Berücksichtigung der Verstärkung der Bodenbewegung im Falle eines Erdbebens aufgrund der geologischen und geotechnischen Eigenschaften oberflächennaher Schichten geschehen. Dazu wurden Mikrozonierungsstudien in den Hauptstädten von Kirgistan und Usbekistan innerhalb des CASCADE-Projekts in Zusammenarbeit mit dem Global Change Observatory Central Asia (GCO-CA) Projekt eingeleitet und durchgeführt. Insbesondere in Bishkek wurden detaillierte Standortuntersuchungen durchgeführt, indem von August bis Dezember 2008 ein temporäres seismisches Netzwerk mit 19 Stationen installiert wurde und das seismische Rau-



**Abb.1:** Resonanzfrequenz für Bishkek (Kirgistan), bestimmt durch Messungen des seismischen Rauschens.

schen gemessen wurde (Parolai et al., 2010). Die Analysen von 56 Erdbeben und nahezu 200 Messungen des seismischen Rauschens lassen Abschätzungen zur räumlichen Veränderung der Standorteigenschaften innerhalb der Stadt zu; darüber hinaus konnte die Fundamentalfrequenz des Untergrunds kartiert werden (Abb.1). Die Ergebnisse der Mikrozonierung wurden für eine verbesserte Risikoabschätzung für Bishkek verwendet (Bindi et al., 2010). Obwohl die innerhalb des CASCADE-Projekts gesammelten Daten für dieses Gebiet als nahezu vollständig angesehen werden können, müssen jedoch weitere Aspekte berücksichtigt werden, um eine verlässlichere Abschätzung für Erdbebenrisikoszenarien in Zentralasien liefern zu können.

### Ziele / Arbeitsschritte

Das wichtigste Ziel des CASCADE Projekts bestand in der Einrichtung grenzüberschreitender Aktivitäten in Zentralasien für die Prävention der Folgen von Naturkatastrophen. Die digitalen Daten, die mit dem Netzwerk gesammelt wurden, lassen eine verbesserte Lokalisierung der Seismizität in diesem Gebiet und eine Komplettierung der Erdbebenkataloge zu,

welches notwendige Schritte für eine verbesserte seismische Gefährdungsbewertung in regionalem Maßstab sind. Darüber hinaus wird die Verfügbarkeit der in den einzelnen Staaten aufgenommenen Daten für alle Teilnehmer die Kollaboration zwischen den verschiedenen zentralasiatischen Partnern stärken. Die seismische Mikrozonierung von Bishkek erlaubt außerdem eine verbesserte Quantifizierung der erwarteten Gefährdungsunterschiede innerhalb der Stadt aufgrund von Standorteigenschaften. Eine hinsichtlich der europäischen makroseismischen Skala (EMS) einheitliche Gebäudevulnerabilitätsskalierung erlaubt die Entwicklung einer Risikobewertung nach internationalen Standards. Die Weiterbildung junger Wissenschaftler trägt darüber hinaus zu einer Ausweitung der Aktivitäten auf ein größeres territoriales Gebiet sowie einer verbesserten Zusammensetzung der Vulnerabilitätsmodelle bei, welche innerhalb von CASCADE für die wichtigsten Städte gesammelt wurde.

### Projektstatus

Das CASCADE-Projekt endete im Februar 2010; weitere Aktivitäten sind angelaufen und werden fortentwickelt.

## Ausblick

Einige Aktivitäten, die während des CASCADE-Projekts ausgeführt wurden, werden in Zusammenarbeit mit den zentralasiatischen Partnern im Rahmen neuer Projekte fortgeführt. Dies umfasst im einzelnen:

- *Mikrozonierung*: Die Abschätzung von Standorteffekten in Bishkek stellte deutlich die Wichtigkeit dieser Untersuchungen für mindestens zwei Großstädte in Zentralasien heraus. Insbesondere zeigte sich, dass eine enorme Verstärkung der Bodenbewegung zu einem signifikanten Anstieg der Schäden und Verluste führt. Die Möglichkeit, diese Ergebnisse auf andere Hauptstädte zu übertragen (insbesondere Dushanbe und Almaty), wird gegenwärtig untersucht. In Zusammenarbeit mit GCO-CA wird die Installation eines vertikalen Arrays in Bishkek angestrebt, um genauere Informationen über die Wellenausbreitung in den oberflächennahen Schichten zu erhalten und nichtlineare Effekte zu untersuchen.
- *Netzwerk*: Die Einbeziehung mehrerer Stationen in das CAREMON-Projekt, die von den Partnern vor Ort bereits installiert wurden und von dort auch verwaltet werden, wird gegenwärtig untersucht.
- *Vulnerabilität*: Die Vulnerabilitätsmodelle werden auf einen kleineren Maßstab übertragen. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Aktualisierung erforderlich. So wird geschätzt, dass seit der letzten Zählung im Jahre 2000 die Anzahl der Gebäude in Bishkek um nahezu 20% zugenommen hat (U. Begaliev). Um diese kurzfristigen Änderungen miteinbeziehen zu können, sind neue Verfahren für die Abschätzung der Vulnerabilität nötig. Die Verwendung frei verfügbarer und kommerzieller Satellitenbilder sowie die Anwendung verbesserter Auswertungsverfahren ermöglicht ein kontinuierliches und stets aktuelles Monitoring der Stadtentwicklung und deren seismischer Vulnerabilität. Eine erste Analyse der Siedlungsentwicklung Bishkeks zwischen 1977 und 2010 mittels Satellitenfernerkundung wurde bereits durchgeführt. Eine Kombination der Satellitenfernerkundung mit bodengestützten Fernerkundungsverfahren (z.B. die Verwendung von georeferenzierten Panoramabildern) ermöglicht es ferner spezifische Gebäudeeigenschaften zu ermitteln, welche mit rein satellitenbasierten Verfahren nicht

bzw. nur bedingt bestimmt werden könnten (z.B. Anzahl der Stockwerke, Erkennung von starken/schwachen Gebäudestrukturen). Alle diese Anstrengungen zielen auf die Entwicklung eines umfassenden Werkzeugs für die Einordnung der Gebäudesubstanz ab, welche sowohl vor einem Erdbeben eine Risikoabschätzung wie auch nach einem Erdbeben eine Abschätzung der Schäden und Verluste zulässt.

- *Seismische Gefährdung*: Ein Versuch, die Abschätzung der seismischen Gefährdung für Zentralasien zu verbessern, läuft derzeit durch Auswertung der im CASCADE-Projekt gesammelten Daten. Darüber hinaus sollen lokale Abschätzungen für die Abschwächung der Intensität entwickelt werden; eine wahrscheinlichkeitsbasierte Berechnung der Gefährdung hinsichtlich der Intensität erfolgt in naher Zukunft.

## Publikationen in internationalen Fachzeitschriften

Bindi D., Mayfield M., Parolai S., Tyagunov, S., Begaliev, U. T., Abdрахmatov, K., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010): Towards an improved seismic risk scenario for Bishkek, Kyrgyz Republic, *Soil Dyn. Earth. Eng.*, doi:10.1016/j.soildyn.2010.08.009.

Parolai S., Orunbayev, S., Bindi, D., Strollo, A., Usupayev, S., Picozzi, M., Di Giacomo, D., Augliera, P., D'Alema, E., Milkereit, C., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010): Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, doi 10.1785/0120100044.

## Konferenzbeiträge

Mikhailova, N.N., Kunakov, V. G., Velikanov, A. E., Sinyova, Z. I., Komarov, I. I., Strollo, A., Bindi, D. (2010): New Kazakhstan stations installed under CAREMON project, VI International Conference Monitoring of Nuclear Tests and Their Consequences, Kurchatov, Republic of Kazakhstan, August 09 –13.

Parolai, S., Orunbayev, S., Bindi, D., Strollo, A., Usupayev, S., Picozzi, M., Di Giacomo, D., Augliera, P., D'Alema, E., Milkereit, C., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010): Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, *European Seismol. Commission 32nd General Assembly*, Montpellier, France, September 6-10.

Parolai, S., Orunbayev, S., Bindi, D., Strollo, A., Usupayev, S., Picozzi, M., Di Giacomo, D., Augliera, P., D'Alema, E., Milkereit, C., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010): Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, European Seismol. Seismological Society of America annual meeting, Portland, Oregon, USA, 21–23 April.

Strollo A., Abakanov, T., Abdrakhmatov, K., Begaliev, U., Bindi, D., Gaipov, B., Ilyasov, I., Mikhailova, N., Milkereit, C., Mir, B. A., Moldobekov, B., Nizomov, J., Parolai, S., Tjagunov, S., Zschau, J. (2010): The Central Asian Cross-border Natural Disaster Prevention (CASCADE) project. VI International Conference Monitoring of Nuclear Tests and Their Consequences, Kurchatov, Republic of Kazakhstan, August 09 –13.

Tyagunov S., Begaliev U., Ilyasov I., Mavlyanova N., Ospanov A., Saidiy S., Yasunov P.,

Zschau J., Stempniewski L. (2010): Cross-Border Cooperation for Seismic Vulnerability and Seismic Risk Assessment in Central Asia. „Problems of Seismology, Hydrogeology and Engineering Geology“, Tashkent, pp.127-130.

### **Bearbeitung**

Dino Bindi  
Claus Milkereit  
Stefano Parolai  
Massimiliano Pittore  
Angelo Strollo  
Marc Wieland  
Jochen Zschau

*Sektion 2.1. - Erdbeben und Frühwarnung, GFZ*

Sergey Tyagunov

*Institut für Massivbau und Baustofftechnologie,  
KIT*

## **GEM - Sozioökonomisches Modul**

### **Einführung / Ausgangslage**

Um die sozialen und ökonomischen Folgen von Erdbeben einschätzen zu können, plant das GEM ein Modul für soziale und ökonomische Auswirkungen anzugliedern. Dieses neue Modul soll die Schäden behandeln, die über die im Risikomodul betrachteten direkten Schäden hinausgehen und auch später als diese auftreten können. Es soll verschiedenen Akteuren eine breite Auswahl an einfach zu handhabenden Methoden zur Analyse von Folgen seismischer Ereignisse zur Verfügung stellen. CEDIM hat als Teil eines Lenkungsausschusses seit September 2009 an fünf Workshops teilgenommen, die von der GEM-Stiftung organisiert und finanziert wurden. Ziel war es, eine Agenda für die Entwicklung des sozio-ökonomischen Moduls im GEM zu entwickeln. Die im OECD Hauptsitz in Paris organisierte Arbeitsgruppe schließt Mitglieder der Weltbank, Applied Insurance Research (AIR), der Münchener Rück, der Oxford Universität, IIASA und CEDIM ein.

### **Ziele / Arbeitsschritte**

Das übergreifende Ziel des Moduls für Sozioökonomische Auswirkungen (SEIM) des GEM ist die Etablierung einheitlicher und frei

zugänglicher Standards für die Kalkulation sozioökonomischer Auswirkungen von Erdbeben in einem offenen und partizipatorischen Rahmen. Das SEIM stellt, zusammen mit den Modulen für Seismische Gefährdung und Seismische Risiken, eine der drei Hauptsäulen der Modellierungsbemühungen des GEM dar. Mit dem Modul soll vor allem eine Verbesserung unseres Verständnisses von sozialen und ökonomischen Auswirkungen seismischer Ereignisse erzielt werden. Als konkrete Zielsetzung ist vorgesehen, die Adressaten von GEM (u.a. Wissenschaft, Versicherungsindustrie, Krisenmanagement) mit einem Satz an Methoden zur Einschätzung, Quantifizierung und Kommunikation von Erdbebenfolgen zu versorgen. Dies soll anhand verschiedener Variablen erreicht werden, die als repräsentativ für das soziale und ökonomische System erachtet werden. Die verwendeten Methoden sollen frei zugänglich für die Adressaten sein, damit diese in der Lage sind, Verfahren zur Analyse von sozioökonomischen Auswirkungen von Erdbeben nach „Metamodell“-Prinzipien einbeziehen zu können. Solchen Prinzipien sollte wiederum durch die Adressaten über eine partizipatorische Plattform, z.B. in Form eines Wikis, zugestimmt werden.

Der Lenkungsausschuss des SEIM hat empfohlen, die sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Erdbeben nach räumlichen und zeitlichen Dimensionen als auch eingeteilt nach Akteuren auszuwerten. Dieser Ansatz würde die Aufbau des Werkzeugs für die sozialen und ökonomischen Auswirkungen erleichtern (siehe Abb.1). Innerhalb dieser spezifischen Klassifizierung werden die Methoden räumlich durch das geographische Ausmaß oder die Größenordnung in Relation zu dem Ort aufgeschlüsselt, an dem das Erdbeben direkte physikalische Schäden angerichtet hat. Zeitlich gesehen geschieht dies nach der Art der Intervention, die mit diesem Ereignis in Verbindung steht. Weiterhin werden die Methoden bestimmten Akteuren zugewiesen, die, in der Theorie, von den Erkenntnissen aus den ausgewählten Verfahren profitieren würden.

Ferner könnten die Methoden auch abhängig von einer Ernennung von Akteuren die von den Erkenntnissen aus ihnen profitieren würden, zugewiesen werden, als auch abhängig von dem Maß, in dem die Akteure bereit sind, die Methoden als Leitfaden für politische Handlungen zu gebrauchen.

Es sollte angemerkt werden, dass eine Methode mehr als einem Akteur zugewiesen werden

kann. Die Methoden können zusätzlich über den Grad der Aggregation (von Kerndaten), der Sektoren oder der Institutionen die sie abdecken und über ihre gemeinsamen Zielsetzungen klassifiziert werden (ob sie Indikatoren generieren, als Werkzeuge für Analyse und Erkenntnisgewinn dienen, eine Plattform für Sensitivitätsanalysen werden oder Fragen der Vulnerabilität repräsentieren sollen etc.). Eine andere gebräuchliche Aufschlüsselung oder Unterscheidung teilt die Methoden in solche ein, die mit der Einschätzung der Auswirkungen zu tun haben und andere, die hauptsächlich die Entscheidungshilfe betreffen (Kosten-Nutzen Analyse zum Beispiel).

### Ausblick

Bei fünf Workshops, die bei der OECD in Paris (September 2009), am EUCENTRE in Pavia (November 2009, März und Mai 2010) und der Weltbank in Washington D.C. (Juni 2010) abgehalten wurden, konnten die Agenda und die Beiträge für die Entwicklung der Ausschreibungen für SEIM abgeschlossen werden. CEDIM hat an allen diesen Workshops teilgenommen. Resultat dieser Aktivitäten ist, dass die Werkzeuge zur Berechnung der sozialen und ökonomischen Auswirkungen in einem zweigleisigen Ansatz konstruiert werden soll:

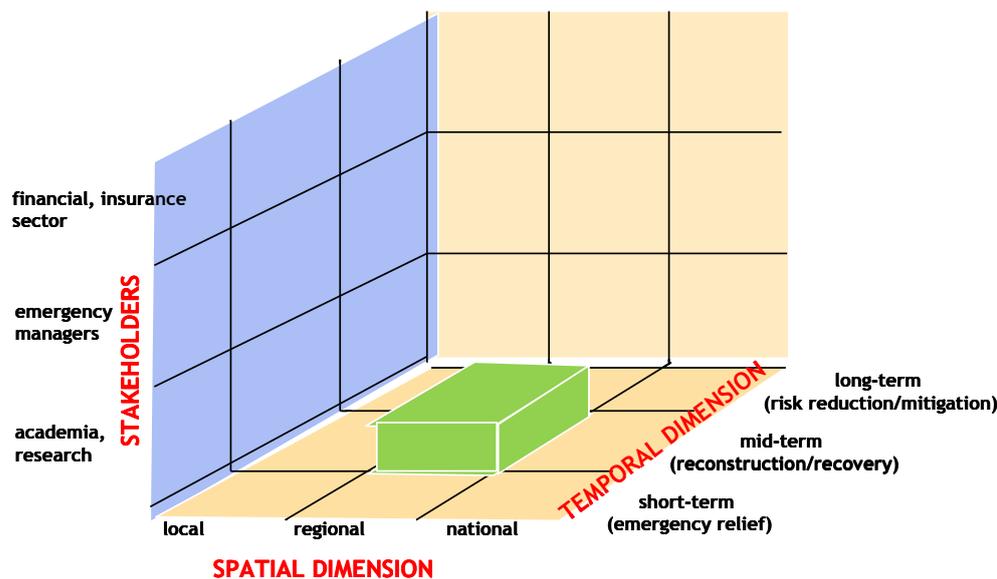


Abb.1: Werkzeug zur Berechnung zur der sozioökonomischen Auswirkungen.

Im einem Teilbereich soll das Konsortium, das auf den Antrag antwortet, einen Rahmen für die Organisation von Methoden zur Analyse von sozialen und ökonomischen Auswirkungen schaffen, der in einer Werkzeugsammlung resultieren soll, mit der man soziale und ökonomische Auswirkungen von Erdbeben quantifizieren kann. Im zweiten Teilbereich soll das Konsortium Methoden entwickeln, mit der man diese Werkzeugsammlung bestücken kann. Die Entwicklung eines Metamodells wird in diesem Sinne die größte Herausforderung für das Konsortium sein, dem die Ausschreibung für die Maschinerie für soziale und ökonomische Auswirkungen zugeschrieben wird. Das Modell

soll die Eingliederung aller Methoden regeln und abwickeln, mit denen die sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Erdbeben eingeschätzt werden können (Teil 1). Das Konsortium ist dann aufgefordert, diese Werkzeugsammlung mit eigens entwickelten Methoden („Kernmethoden“) zu bestücken.

#### **Bearbeitung**

James Daniell  
Bijan Khazai  
Friedemann Wenzel  
*Geophysikalisches Institut, KIT*

## **GEM - Data Inventory Capture Tool**

Zu Jahresbeginn veröffentlichte GEM fünf Ausschreibungen im Bereich Risiko. In Zusammenarbeit mit elf weiteren Projektpartnern und Google reichte CEDIM unter der Führung von ImageCat einen Antrag für die Ausschreibung „Inventory Data Capture Tool“ ein. Das Projektvorhaben, das von einem internationalen Konsortium bestehend aus Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Katastrophenmanagementfirmen aus Deutschland (CEDIM, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), USA (ImageCat, OpenGeo, SPA Risk, Universität Stanford), aus Großbritannien (ImageCat, CAR, BGS, Universität Nottingham), Italien (Universität Pavia) und der Schweiz (WAPMERR) gemeinsam entwickelt wurde, wurde im Herbst 2010 bewilligt. Während der 2,5-jährigen Projektlaufzeit wird das Projektteam in enger Zusammenarbeit mit den Teams der vier weiteren Risikoprojekte ein Werkzeug zur Erfassung von urbanen Inventardaten aus Satellitenbildern entwickeln. Die CEDIM Wissen-

schaftler am GeoForschungsZentrum (GFZ) sind verantwortlich für die Entwicklung der Open-Source Komponente des zu entwickelnden Werkzeugs. Die CEDIM Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) leiten in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern am WAPMERR die Testphase, in der die entwickelten Werkzeuge an zwei ausgewählten Gebieten (Padang, Istanbul) getestet werden. Das Projekt begann im Oktober 2010 mit einem Kick-off Treffen. Ausführliche Informationen über die GEM Risikoprojekte sind auf der Internetseite des GEM ([www.globalquakemod.org](http://www.globalquakemod.org)) verfügbar.

#### **Bearbeitung**

Eike-Marie Nolte  
*Geophysikalisches Institut, KIT*

Stefano Parolai  
*Sektion 2.1. - Erdbeben und Frühwarnung, GFZ*

## Verfahren zur Abschätzung von Schäden mit Hilfe globaler Erdbebenmodellierung

### Open Source Procedure for Assessment of Loss using Global Earthquake Modelling software (OPAL)

#### Ausgangslage / Einführung

Das OPAL-Verfahren (siehe Abb.1) wurde entwickelt, um einen Rahmen für die Optimierung eines globalen Modellierungsprozesses für Erdbeben zu schaffen und um einen aktuellen Überblick darüber zu bieten, welche frei zugänglichen Software-Werkzeuge weltweit verfügbar sind.

Einschätzungen von Erdbebenschäden (Earthquake Loss Estimation, ELE) werden unternommen, um mögliche wirtschaftliche, infrastrukturelle und soziale Verluste zu erfassen, die auf Erdbeben zurückzuführen sind. Um effektive ELE zu generieren, müssen vier Komponenten in Betracht gezogen werden:

$$\text{Seismische Schäden} = \text{Exposition} * \text{Vulnerabilität} * \text{Gefährdung} * \text{Schadensumwandlung}$$

Hierbei ist *Exposition* definiert als der Umfang menschlicher Aktivität in Gebieten seismischen Risikos, festgelegt durch den Bestand an Infrastruktur an diesem Ort (wird gewöhnlich durch geocell bestimmt); *Vulnerabilität* ist definiert als die Anfälligkeit des Infrastrukturbestandes; *Gefährdung* ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, mit der eine bestimmte Bodenbewegung an einem Ort auftritt, die mit Szenariomodellierungen über stochastische Kataloge PSHA (Probabilistische Seismische Risikoeinschätzung) bestimmt werden können; und *Schadensumwandlung* kann als die mittlere Schadensrate (wirtschaftlich gesprochen Verhältnis von Erneuerung und Zerstörung zu Reparatur und Wiederaufbau) oder als der soziale Schaden (z.B. die Anzahl der Verletzten, Obdachlosen und Toten) definiert werden.

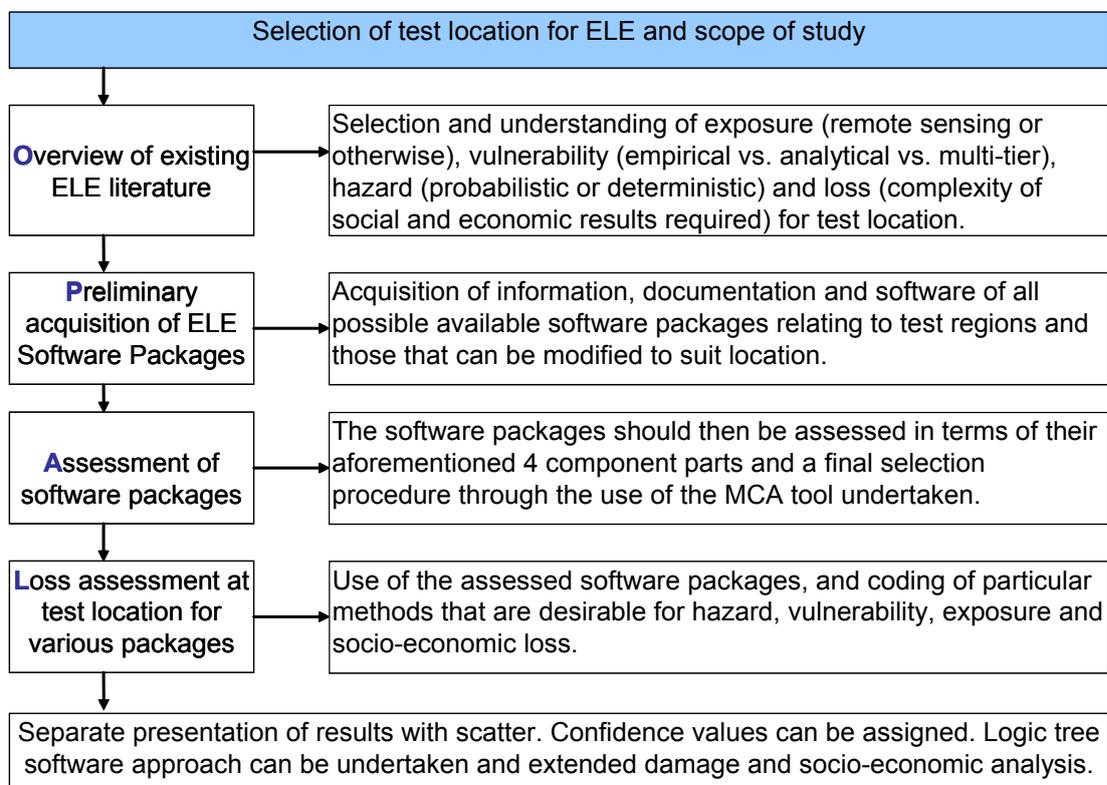


Abb.1: Übersicht über das OPAL-Verfahren.

### Ziele / Arbeitsschritte

Aufgrund der Vielzahl der Ausprägungsarten jeder einzelner dieser Komponenten bei seismischen Schäden ist eine große Bandbreite an Methoden zur Schadenseinschätzung von Erdbeben verfügbar. Für einige Regionen könnte eine bestimmte Methode besser geeignet sein als andere. Dies ergibt sich aus einer möglichen Reduzierung der epistemischen Unsicherheit (Mangel an Wissen), die, aufgrund der Datenerfassung und den wissenschaftlichen Annahmen mit denen für die ELE-Methode gearbeitet wurde, möglicherweise nicht für jeden Einsatzort weltweit die gleiche sein könnte. Daneben treten probabilistische regionale Unsicherheiten bei Quelle, Pfad und Gebiet auf, die durch aleatorische Variabilitäten quantifiziert werden. Daher ist es unmöglich, jemals eine hundertprozentig genaue Abschätzung seismischer Schäden zu erreichen; aus diesem Grund sollten ELEs diese Unsicherheit auch quantifizieren (sowohl epistemisch als auch aleatorisch).

Es wurde beachtliche Forschungsarbeit geleistet, um ein adäquates Modell zur Abschätzung von Erdbebenschäden (ELE) für regionspezifische Szenarien und andere Studien zu erstellen. Auf der ganzen Welt wurden viele verschiedene Softwarepakete entwickelt, um exakte Schadensabschätzungen zu erzielen. Sie können aber parallel verwendet werden können, um die Unsicherheit in den Ergebnissen zu reduzieren. Aufgrund der Tatsache, dass eine Fülle von Softwarepaketen für diese Studien zur Risikoeinschätzung und zur Abschätzung von ökonomischen, sozialen und infrastrukturellen Schäden zur Verfügung stehen, wurde eine Zusammenfassung von vielen verfügbaren Paketen erstellt. Eine vollständige Dokumentation ist in Daniell (2009) einzusehen.

### Projektstatus

ELE Softwarepakete existieren sowohl mit eingeschränktem Zugang (geschützt oder nicht frei zugänglich, aber dokumentiert) als auch als open-source Produkte (frei erhältlich oder durch Kontakt mit den Entwicklern). Daher erfordert die Studie zunächst eine Phase der Vorrecherche, Beschaffung und Einarbeitung in diese Softwarepakete. Diese Pakete sind in Tabelle 1 detailliert aufgeführt, jeweils mit einer kurzen Zusammenfassung der dafür geeigneten Region, Softwareverfügbarkeit/-modifizierbarkeit, Eigentumsrecht, untersuchten

Vulnerabilitätstypen, Komplexität des sozioökonomischen Moduls, Expositionslevel und untersuchten Gefahrentypen. Dies alles wird für den Ablauf der Schadenseinschätzung in der Fallstudie für Zeytinburnu benötigt.

Die Komplexität der verschiedenen Softwarepakete weicht gravierend voneinander ab, und es ist problematisch, dass der Großteil der Software nicht frei zugänglich als open-source zur Verfügung steht. Aus diesem Grund sind, obwohl auf die Dokumentation und Reproduktion jedes Softwarepaketes zugegriffen werden kann, die aktuellen Versionen in den meisten Fällen nicht verfügbar, wie man in der Tabelle 1 anhand der Spalte „modifizierbar“ (mod) sieht. Viele dieser Verfahren können vom Nutzer verändert werden, um eine höhere Komplexität bei der Ausgabe sozialer und ökonomischer Schäden zu erzielen.

Für Zeytinburnu in der Türkei als Testgebiet wurde ein multikriterielles Analysewerkzeug entwickelt, um die Entscheidungsanalyse für die 30 betrachteten Softwarepakete zu unterstützen. Das Werkzeug arbeitet mit einer Reihe von Kriterien einschließlich der nachfolgend aufgeführten Module. Jedes von ihnen wurde als einfach zu bedienendes GUI (Graphische Benutzeroberfläche) umgesetzt, damit es für die Nutzer, welche Testregion auch immer sie verschlüsseln wollen, anwendbar ist. Abhängig von der Komplexität innerhalb jedes Moduls wird die Reihenfolge auf Basis der verfügbaren Komponenten und Informationen geändert. In manchen Fällen könnte eine Vulnerabilitätsmethode möglicherweise zu komplex für die Anwendung in einem bestimmten Softwarepaket sein. Es könnte ebenfalls sein, dass eine bestimmte Testregion untersucht wurde, die die Software einschränkt oder bestimmte feste Programmierungen in der Software verhindern, dass bestimmte Parameter verändert werden können. Die fünf Module sind:

1. Technische Aspekte und Softwaredetails
2. Risiko- und Nachfrage
3. Vulnerabilität und Exposition
4. Spezifische Kosten
5. Rapid Response und Technologie

Es bleibt dem Nutzer überlassen, die für die Anwendung als geeignet angesehenen Softwarepakete auszuwählen, sie anhand des

**Tabelle 1:** Übersicht über die 30 am häufigsten genutzten ELE Softwarepakete zur Schätzung von Erdbebenschäden.

ELE Software	Mod.	Region	Owner	Exp.	Haz.	Vuln.	SE.
CAPRA	Ya	Cent. A.	EIRD	Mult.	DP, DO, P	Both	Unk.
CATS		North A.	DTRI, FEMA	Mult.	DP, DO	Emp.	Ec, Sc
DBELA	Yes	World	EUCENTRE	D, Ci	DP, DO, P	Anl.	Ec, Ss
ELER*	Ya	Europe	JRA-3, NERIES	D, Ci	DP, DO, P	Both	Ec, Ss
EmerGeo	Unk.	World	EmerGeo	Mult.	DP	Emp.	Ec, Sc
EPEDAT		North A.	EQE International, California OES	D, Ci	DP, DO, P	Emp.	Ec, Ss
EQRM*	Yes	Aust.	Geoscience Aust	D, Ci	DP, DO	Both	Ec, Ss
EQSIM*	Ya	Europe	KIT, CEDIM.	D, Ci	DP, P	Anl.	Sc
Extremum		World	Extreme Situations Res. Ctr. Ltd	Ci, R, Co	DP, DO	Emp.	Ec, Ss
HAZ-Taiwan*		Asia	.National Science Council	Mult.	DP, DO	Anl.	Ec, Sc
HAZUS-MH		North A.	FEMA, NIBS	Mult.	DP, DO, P	Anl.	Ec, Sc
InLET*		North A.	ImageCat Inc.	D, Ci	DP, DO	Emp.	Ec, Ss
LNECLOSS		Europe	LNEC	D, Ci	DP	Anl.	Ec, Ss
LOSS-PAGER	Ya	World	USGS	Mult.	DO	Anl.	Ec, Ss
MAEViz*	Yes	North A.	Uni. Illinois	D	DP, DO, P	Both	Ec, Sc
OPENRISK	Yes	World	AGORA, USGS, OpenSHA	Mult.	DP, DO, P	Emp.	Ec, Ss
OSRE*	Yes	World	Kyoto U., AGORA	Mult.	DP, DO, P	Emp.	Es
PAGER*		World	USGS, FEMA	Ci, R, Co	DO	Emp.	
QLARM*		World	WAPMERR	Ci, R, Co	DP, DO	Emp.	Ec, Ss
QL2		World	M. Wyss	Ci, R, Co	DP, DO	Emp.	Ec, Ss
RADIUS	Ya	World	Geohazards Int., IDNDR	Ci	DP	Emp.	Ss
REDARS		North A.	MCEER, FHWA	D, Ci, R	DP, DO, P	Emp.	Ec
RiskScape	Ya	Aust.	NIWA, GNS	D, Ci, R	DP, DO	Emp.	Ec, Sc
ROVER-SAT	Ya	North A.	Uni. of Boulder	Mult.	DP, DO	Emp.	
SAFER*		World	23 worldwide institu- tions	D, Ci	DP, DO, P	Both.	Ec, Ss
SELENA*	Ya	World	NORSAR	D, Ci	DP, DO, P	Anl.	Ec, Ss
SES2002 & ESCE- NARIS		Europe	DGPC, Spain	Mult.	DP, P	Emp.	Ec, Ss
SIGE		Europe	OSSN, Italy	Mult.	DP, DO	Emp.	Ec, Ss
SP-BELA**		Europe	EUCENTRE	D	DP, DO, P	Anl.	Ec, Ss
StrucLoss*		Europe	Gebze IT, Turkey	D, Ci	DP, P	Both	Ec, Ss

\*those have had a past influence based on HAZUS, \*\* those on DBELA

**Mod** =Modifiability, Ya=Yes, but subject to availability, Aust = Australasia, World = Worldwide, North A. = North America, Cent. A. = Central America

**Exp** =Exposure, D=district, Ci=city, R=regional, Co=Country, Mult.=Multiple levels

**Haz** =Hazard, DP=deterministic predicted, DO=deterministic observed, P=probabilistic.

**Vuln** =Vulnerability Type, Anl.=Analytical, Emp.=Empirical

**SE** =Socio-economic loss, Unk=Unknown as yet, due to pending release of software, Es=simple economic, Ec=complex economic, Ss=simple social, Sc=complex social.

Benutzerhandbuches und der Referenzen einer kritischen Prüfung zu unterziehen und anschließend deren Anwendbarkeit zu testen. Zur Unterstützung bei diesem Entscheidungsprozess wurde bereits ein multikriterielles Analysewerkzeug entwickelt. Zwischen den Softwarepaketen wird anschließend ein logictree-Verfahren angewendet und man erhält ein subjektives Ergebnis. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass, aufgrund der oben angesprochenen Unsicherheiten bei jeder der vier Stufen innerhalb des Verfahrens zur Schadensabschätzung von Erdbeben, ein einzelnes System nicht korrekt arbeitet. Um die Ergebnisse für Versicherungszwecke anwenden zu können, müssen die einzelnen Softwarepakete, die verwendet wurden, und ihre Abweichungen voneinander einer kritischen Prüfung unterzogen werden.

### Ausblick

Durch Anwendung des OPAL-Verfahrens kann genügend Wissen angesammelt werden, um ein ELE für einen gewünschten Testfall wo auch immer auf der Welt durchführen zu können. Über zehn Wissenschaftler weltweit haben das Verfahren schon benutzt, um ge-

eignete Softwarepakete zu bestimmen. Viele andere (über 1000) haben sich das Verfahren heruntergeladen und benutzen OPAL möglicherweise. Auf der ganzen Welt wurden viele ELE Softwarepakete von vielen verschiedenen Institutionen entwickelt, die eine einigermaßen genaue Schätzung von Schäden und sozialen und ökonomischen Verlusten von Erdbeben-szenarien erlauben. Diese Basis an Informationen und Verfahren wird weiter entwickelt mit dem Ziel, in Zukunft einen großen Prozentsatz der weltweit frei verfügbaren Softwarepakete zur Schadensabschätzung von Erdbeben zu umfassen.

### Publikation:

Daniell, J.E. (2009): Open source Procedure for Assessment of Loss using Global Earthquake Modelling – OPAL, CEDIM Research Report 09-01.

### Bearbeitung:

James Daniell  
*Geophysikalisches Institut, KIT*

## Fernerkundung und Bevölkerungsmodellierung

### Ausgangslage / Einführung

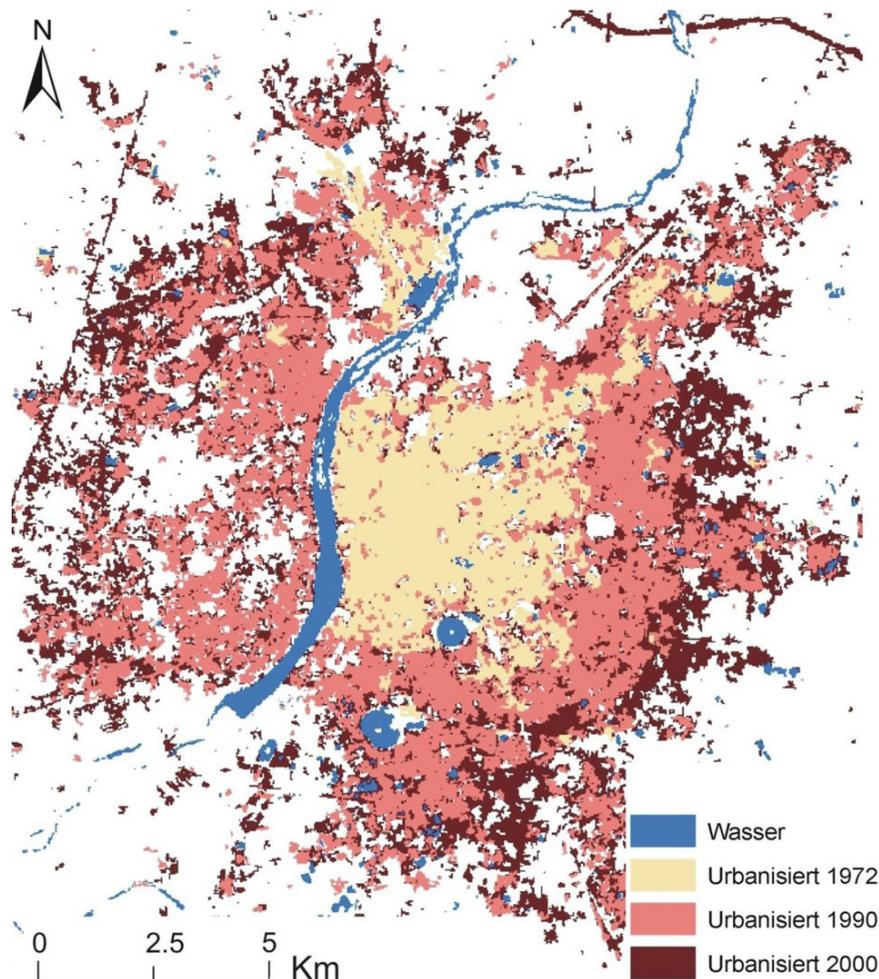
Das Phänomen der Urbanisierung ist in Indien besonders gut zu beobachten. Zwischen 2007 und 2025 ist ein Zuwachs der urbanen Bevölkerung um 197 Millionen Menschen zu erwarten (UN, 2009). Es wird davon ausgegangen, dass die urbanen Wachstumsraten in Indien in den nächsten Jahrzehnten unverändert hoch bleiben werden. Die Stadt Ahmedabad in Nordwestindien ist ein gutes Beispiel einer Millionenstadt mit sehr komplexen Bebauung und stark variierender Bevölkerungsdichte, die einer hohen Dynamik mit schnellen strukturellen und sozioökonomischen Wandel unterworfen ist (siehe Abb. 1).

Die Bevölkerungsschätzungen für indische Städte sind meist auf die Daten des indischen Zensus, der alle zehn Jahre durchgeführt wird, beschränkt. Vor dem Hintergrund der hohen Bevölkerungsdynamik indischer Städte sind

diese Daten nicht ausreichend, um die Bevölkerungsentwicklung für die Jahre zwischen zwei Bevölkerungszählungen mit hinreichender Genauigkeit abzubilden. Für die Erfassung der räumlichen Verteilung der Bevölkerung in diesen Zeiträumen, spielen Fernerkundungsdaten als Datenquelle für flächenhafte, großräumige Information eine wichtige Rolle, da traditionelle Techniken zur Datenerfassung an ihre Grenzen stoßen.

### Ziele / Arbeitsschritte

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde eine hierarchische Methode entwickelt, die es ermöglicht für unterschiedliche administrative Ebenen mit Hilfe von optischen Satellitenbildern und Zenusinformation Bevölkerungsdaten zu generieren. Die Hierarchie der entwickelten Methode umfasst drei räumliche, administrative Ebenen: Stadt-, Distrikt- und Gebäudeebene. Für jede Ebene wurden verschiedene

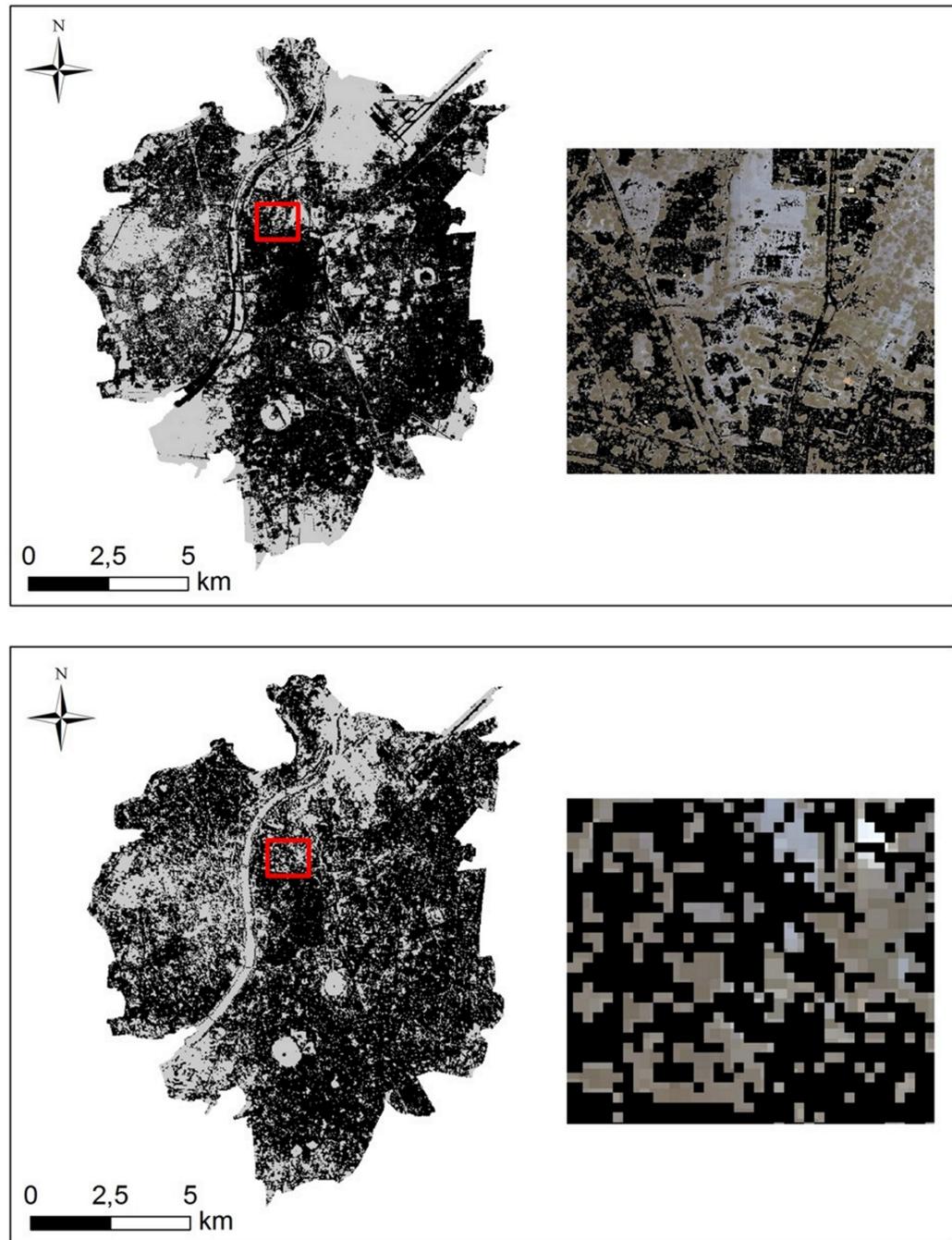


**Abb. 1:** Urbanes Wachstum in Ahmedabad. Die bebaute Fläche wurde aus einer LandSat Zeitreihe extrahiert (Taubenböck et al., 2009). Zwischen 1972 und 2000 hat sich die bebaute Fläche der Stadt Ahmedabad um 46,72 % vergrößert.

Methoden zur Modellierung der Bevölkerungsverteilung entwickelt. So ist es möglich, je nach Datenverfügbarkeit Datensätze mit unterschiedlicher Detailgenauigkeit zu entwickeln. Auf der städtischen oder regionalen Ebene werden urbane Parameter benötigt, um geeignete Inventardaten einschließlich der Lage von Versorgungsnetzen zu generieren.

Auf Stadtebene wurden 3 Modelle entwickelt (Modell I – III), die die zeitliche und räumliche Verteilung der Stadtbevölkerung, der urbanen Bevölkerung und der Bevölkerung nach der Gebäudenutzung modellieren. Modell I liegt die Annahme zu Grunde, dass die Bevölkerung innerhalb der administrativen Stadtgrenze homogen verteilt ist. Für das Jahr 2008 wurde für Ahmedabad eine Bevölkerungsdichte von 23.091 Einwohner/km<sup>2</sup> errechnet. Modell II ermöglicht es, die urbane Bevölkerung für Ahmedabad zu berechnen und ihre Verteilung zu modellieren. In einem ersten Schritt wurden

die bebauten Anteile des Stadtgebiets mit Hilfe von Satellitenbildern (Quickbird und Landsat TM5) extrahiert. Hierzu wurden NDVI Grenzwerte verwendet. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse zwischen Quickbird (55,50 km<sup>2</sup>) und Landsat TM 5 (91,50 km<sup>2</sup>) ergab, dass aufgrund der Mischpixelproblematik die bebaute Fläche aus Landsat TM 5 Bildern deutlich über der Fläche aus Quickbird lag (siehe Abb. 2). Die urbane Bevölkerung wurde unter Verwendung beider Ergebnisse berechnet. Die Bevölkerungsdichte für Quickbird im Jahr 2008 beträgt 56.791 Einwohner/km<sup>2</sup> und 34.446 Einwohner/km<sup>2</sup> für Landsat 5 TM. Modell III basiert auf der Annahme, dass die Verteilung der Bevölkerung maßgeblich von der Flächen bzw. Gebäudenutzung abhängt. In einem ersten Schritt wurden statistische Daten untersucht, um die Zahl der Beschäftigten in bestimmten Sektoren zu ermitteln. Um die Verteilung der Bevölkerung für verschiedene Tageszeiten zu berechnen wurden zwei Methoden getestet. Zu



**Abb. 2:** Bebaute Fläche extrahiert aus optischen Satellitenbildern für die Stadt Ahmedabad. (Obere Abbildung) Quickbird Satellitenbild und (untere Abbildung) Landsat Satellitenbild.

einem die Gebäudenutzungskurven von Coburn & Spence (2002) und zum anderen die Gebäudenutzungsfunktionen, die im Rahmen des HAZUS Programms zur Anwendung kommen. Die beiden Ansätze unterscheiden sich in zwei Punkten. Erstens ermöglichen Coburn & Spence (2002) die Berechnung der Dynamik der Bevölkerungsverteilung im Tagesverlauf, während HAZUS nur Funktionen für drei ausgewählte Zeitpunkte verwendet (02:00

Uhr, 14:00 Uhr und 18:00 Uhr). Zweitens unterscheiden Coburn & Spence (2002) nur zwei Nutzungskategorien (Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude), während in HAZUS bis zu 7 Nutzungskategorien unterschieden werden können. Ein direkter Vergleich der beiden Methoden hat gezeigt, dass die unterschiedlichen Ergebnisse vor allem darauf zurückzuführen sind, dass unterschiedliche Bevölkerungsanteile für die jeweilige Nutzungskategorie ange-

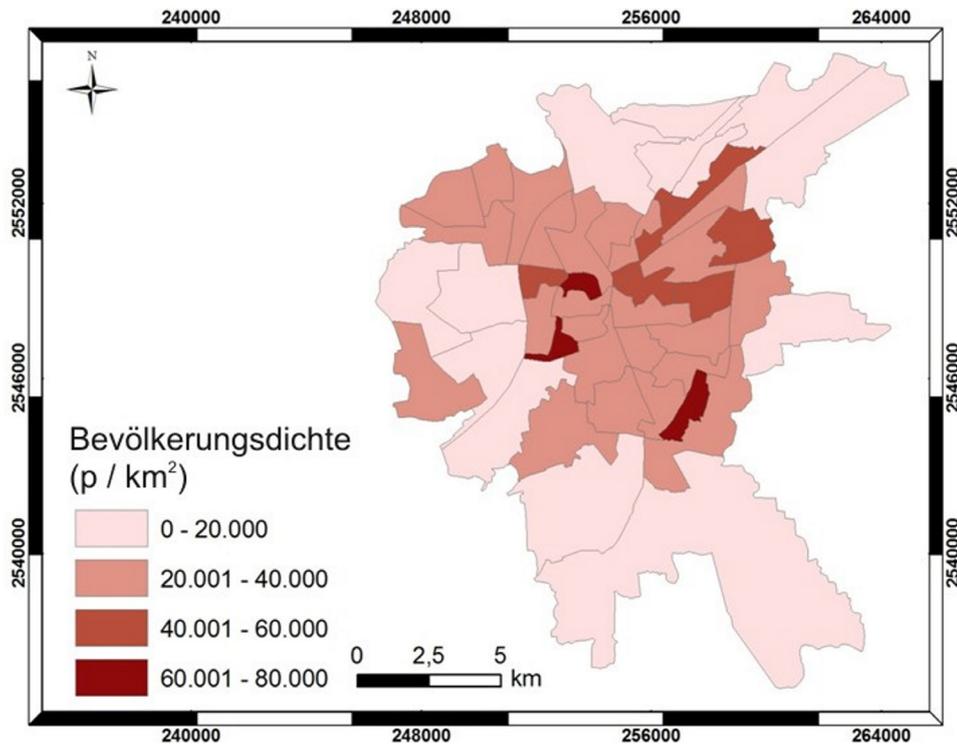


Abb. 3: Karte der Bevölkerungsdichte auf Distriktebene.

nommen werden. Zum Beispiel nimmt HAZUS für 02:00 Uhr morgens an, das sich 99 % der Bevölkerung in Wohngebäuden aufhalten, Co-burn & Spence (2002) hingegen nur 76 %.

Für die Distriktebene wurden ebenfalls drei Modelle (Modell IV – VI) entwickelt, die es ermöglichen die Gesamtdistriktbevölkerung, die urbane Distriktbevölkerung und die Bevölkerungsverteilung nach der Gebäudenutzung zu erfassen. Die Bevölkerungsverteilung nach Model IV und Model V zeigte, dass die peripheren Distrikte zwar eine höhere Gesamtbevölkerung haben, aber aufgrund der großen Distriktfläche die niedrigste Bevölkerungsdichte besitzen (siehe Abb. 3). Model VI ermöglicht es, die Bevölkerung für verschiedene Nutzungskategorien der Gebäude abzuschätzen.

Für die Gebäudeebene (Ebene 3) wurden zwei Modelle entwickelt, um die Bevölkerung für Wohnblöcke (Modell VII) und für einzelne Wohngebäude (Modell VIII) abzuschätzen. Aufgrund fehlender Daten konnte Model VIII nur konzeptionell entwickelt und nicht für Ahmedabad getestet werden. Zwei Konzepte wurden für Model VIII vorgestellt. Eine Bottom-up Methode mit der basierend auf Befragungen repräsentativer Bevölkerungsgruppen, die Bevölkerung für die restlichen Gebäude modelliert wird. Und eine Top-Down Methode mit der

Bevölkerungsschätzungen für höhere administrative Raumeinheiten für einzelne Gebäude disaggregiert werden.

### Projektstatus

In Kooperation mit der Katastrophenmanagementfirma ImageCat wurde im Jahr 2008 dieses Forschungsprojekt zu dem Thema Erfassung des urbanen Inventars unter Verwendung von Fernerkundungsdaten und statistischer Information ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Projektes fertigte Frau Eike – Marie Nolte ihre Dissertation mit dem Titel "Anwendungsmöglichkeiten optischer Satellitenbilder und Zensusdaten zur Bevölkerungsmodellierung am Beispiel der indischen Stadt Ahmedabad" an, die sie im Sommer 2010 erfolgreich zum Abschluss bringen konnte.

### Ausblick

Erkenntnisse, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts gewonnen wurden, fließen in das Projekt „GEM Inventory Data Capture Tool“ ein. Eine Weiterführung der Arbeiten zur Bevölkerungsverteilung in Ahmedabad ist zurzeit nicht vorgesehen.

### Publikationen

Nolte, E. (2010): Anwendungsmöglichkeiten optischer Satellitenbilder und Zensusdaten zur Bevölkerungsmodellierung am Beispiel der indischen Stadt Ahmedabad. Hochschulnachrichten. Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation 6/10 (accepted).

Nolte, E. (2010): The application of optical satellite imagery and census data for urban population estimation: A case study for Ahmedabad, India. Diss. Fakultät für Bauingenieur-, Umwelt- und Geowissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie SVH Verlag, Saarbrücken (accepted).

Nolte, E. (2010): The application of optical satellite imagery and census data for urban population estimation: A case study for Ahmedabad, India. Diss. Fakultät für Bauingenieur-, Umwelt- und Geowissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie. Online-Ressource (english), (available for download <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000019361>).

Nolte, E., Adams, B. J., Wenzel, F. (2010): Population Estimation for Megacities: Solving Disaster Management Challenges Using Remote Sensing, Web-GIS and Advanced Technologies, In: O. Altan, R. Backhaus, P. Boccardo, S. Zlatanova (eds): Geoinformation for Disaster

and Risk Management - Examples and Best Practices. Joint Board of Geospatial Information Societies (JB GIS). Copenhagen, Denmark.

Nolte, E., Taubenböck, H., Kubanek, J. (2010): Evaluation of the suitability of high resolution satellite images for urban inventory generation. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters (GRSL), submitted October 2010.

### Referenzen

Taubenböck, H. et al. (2009): Urbanization in India - Spatiotemporal analysis using remote sensing data, Computers, Environment and Urban Systems, (33), pp.179 – 188.

United Nations - World Population Prospects (2009): The 2008 Revision. Working Paper No. ESA/P/WP 210, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

### Bearbeitung

Beverley Adams

*ImageCat Inc., European Operations (UK)*

James Daniell

Eike – Marie Nolte

*Geophysikalisches Institut, KIT*

# Vulnerabilität vernetzter und kritischer Infrastruktur

## KRITIS

### Grobkonzept eines integrierten Entscheidungshilfesystems für Großschadenslagen mit betroffenen Kritischen Infrastrukturen

#### Ausgangslage / Einführung

Kritische Infrastrukturen (KRITIS) wie z. B. die Energieversorgung, die Versorgung mit Trinkwasser und Nahrungsmitteln, Telekommunikation und IT, Transport und Verkehrswesen usw. sind für das Funktionieren einer modernen Gesellschaft unerlässlich. Aufgrund ihrer Komplexität und weiträumigen Verteilung sind sie jedoch auch hochgradig vulnerabel gegenüber Störungen, wie zum Beispiel Extremwetterereignissen oder auch Anschlägen. Aufgrund von Interdependenzen zwischen den verschiedenen kritischen Infrastrukturen, können sich Störungen kaskadenartig verbreiten. Entsprechend zeigen die Auswirkungen eine räumlich-zeitliche Entwicklung. Die Kenntnis und die Simulation der Interdependenzen stellen daher einen Kernpunkt für eine erfolgreiche Krisenbewältigung dar. Entsprechend hoch ist das Interesse seitens der Behörden und der Industrie an Entscheidungsunterstützungssystemen für den Krisenfall.

#### Ziele / Arbeitsschritte

Zentrales Projektziel ist die Entwicklung eines grundlegenden Konzepts für ein Entscheidungsunterstützungssystem, das Entscheidungsträger auf verschiedenen Ebenen und Skalen im Bereich Kritischer Infrastrukturen unterstützt. Der Fokus liegt hierbei auf der Analyse der Interdependenzen zwischen den Infrastrukturen der Simulation der Auswirkungen eines Ausfalls auf andere kritische Infrastrukturen, die Bevölkerung und die Wirtschaft sowie der Bewertung der Effektivität verschiedener Maßnahmen.

Die Projektziele umfassen die folgenden Punkte:

- Bündelung der im KIT vorhandenen Kompetenzen im Bereich der Entscheidungsunterstützung für Schadenslagen im Bereich kritischer Infrastrukturen.
- Entwicklung eines integralen Systemansatzes zur Entscheidungsunterstützung für

Schadenslagen im Bereich kritischer Infrastrukturen und Identifizierung der methodischen Herausforderungen.

- Berücksichtigung von Empfehlungen, die im Rahmen der Auswertung der LÜKEX Übung (Länder Übergreifende Krisenmanagementübung) ausgesprochen wurden.
- Darstellung möglicher Lösungswege zum Aufbau des integralen Systemansatzes und des damit verbundenen Forschungsbedarfs.
- Erstellung eines Feinkonzeptes für die weitere Vorgehensweise innerhalb von CEDIM zur Realisierung des integralen Systemansatzes.

Ein Treffen mit CEDIM-Partnern aus Karlsruhe und Potsdam, der cedim AG, dem Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IOSB, der Universität Wuppertal und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) diente der Diskussion und der Festlegung von Nutzeranforderungen für ein solches Entscheidungsunterstützungssystem und der Modellierungsstrategie. Darauf aufbauend wurde eine erste Version eines Dokuments über mögliche Systemkomponenten und den Funktionsumfang des Entscheidungsunterstützungssystems erstellt. Dabei wird zwischen Anforderungen an die Simulationsteil und den Entscheidungsunterstützungsteil differenziert.

Die Anforderungen an die Simulation unterscheiden sich stark zwischen der taktisch-operativen und strategischen Simulation und den kritischen Infrastrukturen, wobei sich generell folgende Aussagen treffen lassen:

- Strategische Simulationen sollen Informationen über die Entwicklung einer Situation auf oberer Ebene mit und ohne Gegenmaßnahmen geben.
- Strategische Simulationen sollen Informationen über die Interdependenzen der

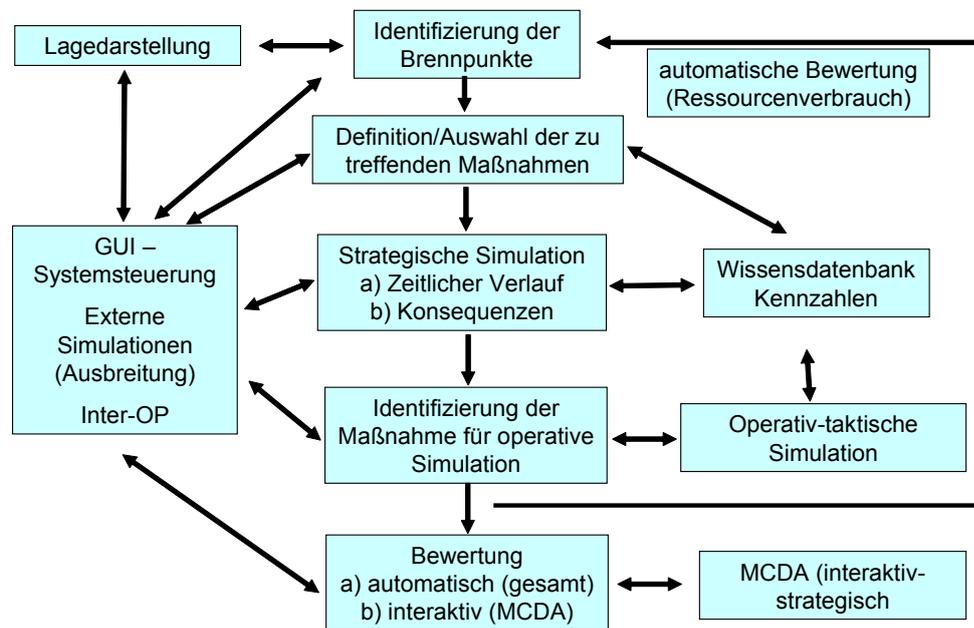


Abb.1: Struktur des Entscheidungsunterstützungssystems.

kritischen Infrastrukturen liefern, welches Potential Gegenmaßnahmen besitzen und schließlich ob die Ressourcen für die ausgewählten Gegenmaßnahmen geeignet sind.

- Operativ-taktische Simulationen sollen Informationen auf der Prozessebene bezogen auf die Gegenmaßnahmen liefern. Details hängen stark von der Situation und den betroffenen kritischen Infrastrukturen ab.

Bei den Anforderungen an die Entscheidungsunterstützung erwartet der Nutzer ein System, das unterstützt, aber nicht selbst Entscheidungen durchführt. Automatisierte Lösungen sind daher nur für klar und im Vorhinein definierte Aufgaben verwendbar und müssen von den Nutzern anpassbar sein. Sie finden insbesondere Verwendung, um Nutzer zu warnen oder nicht sinnvolle Maßnahmenoptionen herauszufiltern. Zudem sollte das System automatisch signalisieren, wenn Ressourcenzuordnung die Ressourcenverfügbarkeit übersteigt. Interaktive Lösungen werden nur bei länger andauernden Problemen verlangt. In der Akutphase wird Entscheidungsunterstützung hauptsächlich durch eine geeignete Visualisierung der Situation und prognostische Simulationen

unterstützt.

### Projektstatus

Die Projektarbeit wird zum Jahresende 2010 abgeschlossen werden. Das entwickelte Konzept soll in der Folgezeit umgesetzt werden.

### Projektlaufzeit

Juni 2010 – Dezember 2010

### Bearbeitung

Frank Schultmann

Michael Hiete

Mirjam Merz

Michael Trinks

*Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion, KIT*

Friedmar Fischer

Wolfgang Raskob

*Institut für Kern- und Energietechnik, KIT*

Uwe Rickers

Stefan Möllman

*Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, KIT*

## Verkehrsinfrastruktur und Vulnerabilität

### Ausgangslage / Einführung

Für den reibungslosen Ablauf von Wirtschafts- und Privataktivitäten hat das Verkehrs- und insbesondere das Straßennetz neben dem Energienetz eine herausragende Bedeutung. Was passiert, wenn die Verfügbarkeit des Straßenverkehrsnetzes beispielsweise durch ein Naturereignis eingeschränkt wird, wurde uns in der Vergangenheit schon oft verdeutlicht. Im Sommer 2006, beispielsweise, tötete ein Felssturz vor dem Gotthard-Tunnel mehrere Menschen. Daraufhin wurden die Autobahn und der Tunnel für einige Tage in beide Richtungen gesperrt. Der Alpentransitverkehr staute sich in den Tagen danach kilometerlang auf der Ausweichstrecke, was u.a. erhöhte Schadstoffausstoße und Umwegekosten zur Folge hatte. Die Abhängigkeit unserer Gesellschaft von funktionierenden Verkehrsnetzen bringt eine hohe Verwundbarkeit mit sich. Um potenzielle Schäden so gering wie möglich zu halten ist es daher notwendig, das Verkehrsnetz im Hinblick auf seine Verwundbarkeit zu analysieren und Schadensminderungsmaßnahmen zu identifizieren. Die Relevanz der Thematik verdeutlicht die EU Richtlinie 9403/08 „über die Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern“. Darin wurde bestimmt, dass alle Mitgliedstaaten ihre kritischen europäischen Verkehrsinfrastrukturen bis Januar 2011 identifizieren und ausweisen müssen.

### Ziele / Arbeitsschritte

Ziel dieses Projektes ist es, eine Methodik zur Identifikation von kritischen Straßenverkehrsabschnitten zu entwickeln und beispielhaft anzuwenden. Kritische Straßenabschnitte sind solche, durch deren Ausfall hohe indirekte Schäden zu erwarten wären. Unter indirekten Schäden sind hier Schäden zu verstehen, die von direkten Schäden (z.B. einer eingestürzten Brücke) verursacht werden. Darunter fallen zum Beispiel Kosten für das Fahren von Umwegen. Diese Kosten werden im Rahmen der Arbeit quantifiziert.

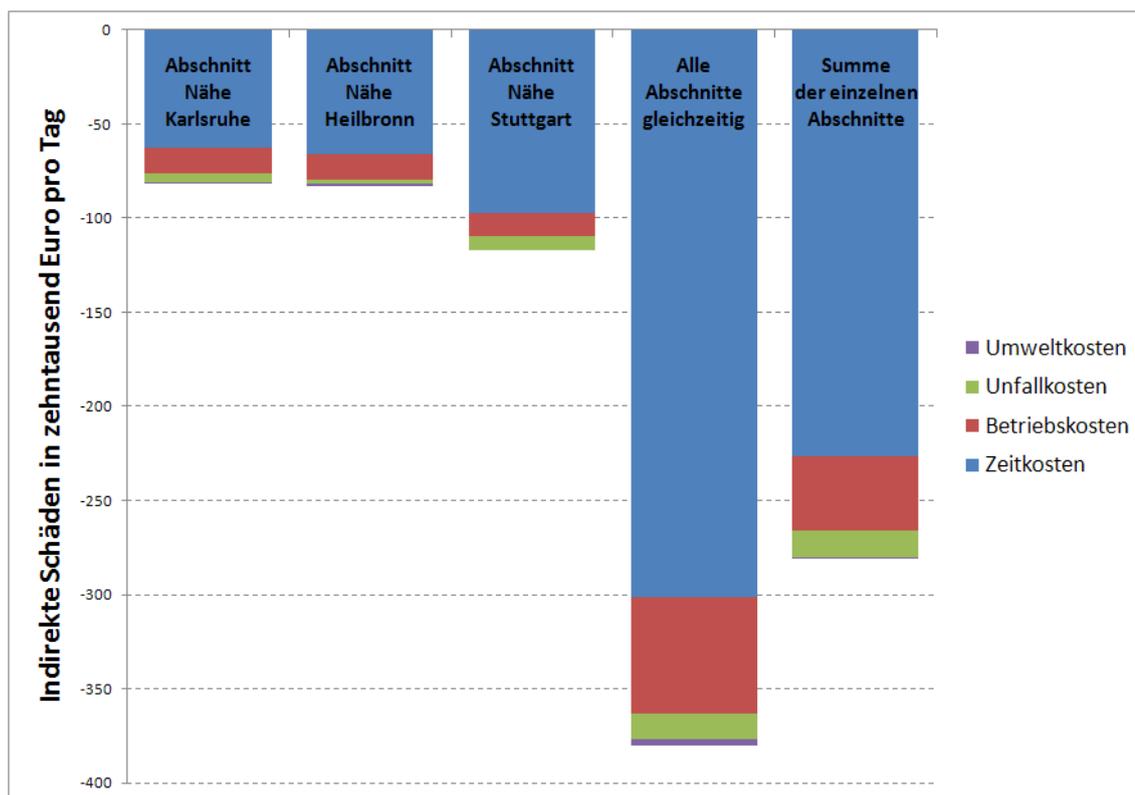
Die Berechnung erfolgt beispielhaft anhand des Straßennetzes in Baden-Württemberg. Dabei wird der Ausfall einzelner Straßenabschnitte auf Autobahnen simuliert und mit Hilfe

eines Verkehrsmodells die zusätzlichen Kosten, die Straßennutzer aufgrund des fehlenden Abschnittes erfahren, berechnet. Die Kosten enthalten bewertete Zeit-, Umwelt- und Betriebskosten und werden hinsichtlich des Fahrtzwecks unterschieden. Mit Hilfe verschiedener Berechnungsmethoden wird zwischen indirekten Schäden unterschieden, die auf kurz- oder mittelfristige Unterbrechungen zurück zu führen sind. Kurzfristig ist anzunehmen, dass Straßennutzer lediglich die Route zu ihrem Ziel an die neuen Gegebenheiten anpassen, während manche Nutzer mittelfristig auch ihre Ziel- oder Verkehrsmittelwahl ändern würden.

Bewertungsmethodiken zur Bestimmung der Höhe der angesetzten Preise von z.B. zusätzlicher Fahrtzeit werden oftmals aufgrund ihrer Subjektivität und ihrer starken Beeinflussung der Ergebnisse kritisiert. Deshalb wird hier eine Sensitivitätsanalyse über die Bewertung der Zeit, ein wesentliches Element der indirekten Kosten (siehe Abb.1), durchgeführt und so Infrastrukturabschnitte bestimmt, die robust gegenüber der Wahl der Bewertungsmethodik sind.

Im Rahmen einer Kooperation mit der Firma PTV AG dient das feinmaschige Netz mit detaillierten Nachfragedaten im Verkehrsmodell VALIDATE implementiert in der Software VISUM als Datengrundlage. Das gegebene Modell musste zunächst auf den Zweck der Arbeit angepasst werden. Um eine Unterscheidung zwischen kurz- und mittelfristigen Schäden durchführen zu können, ist darüber hinaus die Einbindung eines auf einem Logit-Ansatzes beruhenden, selbst geschätzten Modells notwendig.

Beispielrechnungen (siehe Abb.1) haben gezeigt, dass der gleichzeitige Ausfall mehrerer Abschnitte im Netz Schäden nach sich ziehen würde, die nicht linear zu den Schäden eines einzelnen Netzabschnittausfalls stehen. Ein mehrfacher Ausfall von Straßenabschnitten wäre auch mit großer Wahrscheinlichkeit bei einem extremen Naturereignis zu erwarten. Es werden deshalb zwei Szenarien von Naturereignissen analysiert und die indirekten Schäden dieser Ereignisse abgeschätzt. Ein Szenario wurde basierend auf den Vorarbeiten 2007 im Bereich Erdbeben und Verkehrsinfra-



**Abb. 1:** Beispielrechnung indirekter Schäden anhand von 3 verschiedenen Ausfällen von Autobahnabschnitten Nähe Karlsruhe, Heilbronn und Stuttgart, einem gleichzeitigen Ausfall aller drei Abschnitte und der Summe der Einzelausfälle. Die Ergebnisse verdeutlichen den bedeutenden Anteil der Zeitkosten an den indirekten Schäden und die vergleichbar hohen Kosten durch einen gleichzeitigen Ausfall aller drei Abschnitte.

struktur in Zusammenarbeit mit dem Institut für Massivbau und Baustofftechnologie am KIT entwickelt und orientiert sich an einem Erdbeben ähnlich dem Erdbeben von 1911 in Ebingen. Bei diesem Erdbeben ist kein Einsturz von Brücken oder Tunneln zu erwarten. Vielmehr ist realistisch, dass einige Brücken und Tunnel zur Inspektion auf Risse oder wegen kleinerer Schäden gesperrt sein würden. Ein weiteres Szenario spiegelt die Situation eines Jahrhunderthochwasserereignisses mit Dammbrech am Neckar bei Esslingen wider. Das Szenario beruht auf Berechnungen des Institutes für Wasser und Gewässerentwicklung Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik.

### Projektstatus

Die Literaturrecherche und Entwicklung der Berechnungsmethodik ist abgeschlossen. Das gegebene Verkehrsmodell wurde den Zwecken dieser Arbeit angepasst. Ein Logit-Modell zur Modellierung der mittelfristigen Schäden und Nachbildung der Zielwahl wurde geschätzt. Die

Routinen zur Berechnung der Schäden wurden weitestgehend implementiert. Die notwendigen Daten für die Szenarien sind vorhanden. Ausstehend sind noch einige Berechnungen, die Sensitivitätsanalyse und deren Dokumentation.

### Ausblick

Es ist geplant, alle Arbeiten bis Anfang 2011 abzuschließen und in Form einer Doktorarbeit zu dokumentieren. Darüber hinaus werden einzelne Veröffentlichungen zu Teilaspekten der Arbeit angestrebt.

### Publikationen

Lüders, S., Schulz, C. (2010): Auswirkung von Naturkatastrophen auf das Verkehrsverhalten, Arbeitspapiere Güterverkehr und Logistik, Nr. 4. <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000020058>. urn:nbn:de:swb:90-200580.

Schulz, C., Khazai, B. (2008): An indicator-based approach for critical road infrastructure

identification, Konferenzbeitrag bei der IDRC 2008, 25.-29.08.2008 in Davos, Schweiz.

Schulz, C. (2009):. The identification of critical road infrastructures - The case of Baden -Württemberg, Konferenzbeitrag beim Winterseminar der Gesellschaft für Regionalforschung, 22.-28.02.2009, Innsbruck, Österreich.

## Bearbeitung

Kay Mitusch  
Werner Rothengatter  
Carola Schulz  
*Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, KIT*

## WEATHER

### Weather Extremes: Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions

#### Ausgangslage / Einführung

Projektlaufzeit: November 2009 - April 2012

Im Rahmen des WEATHER Projektes werden die ökonomischen Kosten extremer Wetterereignisse für den Verkehr und die gesamte Volkswirtschaft sowie geeignete Anpassungsstrategien zur Verringerung der Auswirkungen untersucht. Es wird im 7. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission gefördert. Die Projektleitung obliegt dem Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe.

Projektpartner:

- Agenzia regionale per la Prevenzione e l'Ambiente dell'Emilia Romagna (ARPA-ER), Italien
- Centre for Research and Technology Hellas - Hellenic Institute for Transportation (CERTH-HIT), Griechenland
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Deutschland
- Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI), Deutschland
- Herry Consult GmbH, Österreich
- Institute of Studies for the Integration of Systems (ISIS), Italien
- NEA Transport research and training, Niederlande
- Société de Mathématiques Appliquées et de Sciences Humaines - International research Center on Environment and Development (SMASH-CIRED), Frankreich

Extreme Wetterereignisse verursachen Jahr für Jahr hohe volkswirtschaftliche Schäden in der Europäischen Union. Dabei zeigen insbesondere Transportsysteme eine hohe Vulnerabili-

tät. So führte beispielsweise der Wintersturm „Xynthia“ im Jahr 2010 zu massiven und europaweiten Einschränkungen im Straßen- und Schienenverkehr.

Seitens verschiedener Akteure, wie z. B. der Rückversicherungen und Betreiber von Verkehrsinfrastrukturen sowie staatlicher Stellen, besteht ein hohes Interesse an der Abschätzung der Folgen von Wetterextremen für den Transportsektor sowie den damit verbundenen direkten und indirekten Kosten. Eine wesentliche Komponente einer entsprechenden Analyse ist zudem die umfassende Betrachtung der Kosten- und Nutzeneffekte spezifischer Anpassungsmaßnahmen, die im Idealfall zu einer Verringerung des direkten und indirekten Schadenpotentials führen sollen.

Im Zuge des globalen Klimawandels lassen sich auch auf regionaler Ebene Veränderungen in der Häufigkeit und im Auftreten bestimmter Ausprägungen extremer Wetterereignisse beobachten. So wird beispielsweise in Süddeutschland für den Zeitraum 2011 bis 2040 mit einer signifikanten Zunahme von konvektiven Niederschlagsereignissen in den Sommermonaten gerechnet (Klimawandel in Baden-Württemberg, 2010). Diese lokal begrenzten und schwer vorhersagbaren Starkregenereignisse können schwere direkte und indirekte Auswirkungen auf die verschiedenen Verkehrsträger haben. So kann es beispielsweise im Schienenverkehr zur direkten Beschädigung wichtiger Infrastrukturelemente, wie z. B. infolge einer Überflutung von Gleisanlagen und Unterführungen oder auch durch Blitzeinschläge in Signal- und Weichenanlagen kommen (Tab. 1). Im Straßenverkehr können Straßen durch Massenbewegungen blockiert oder durch Flüsse überschwemmt und unterspült werden. Die in-

direkten Folgen von extremen Wetterereignissen sind Störungen in den Abläufen bzw. Prozessen der einzelnen Verkehrsmodi vorrangig in Form von Verspätungen, Sperrungen und weiträumigen Umleitungen.

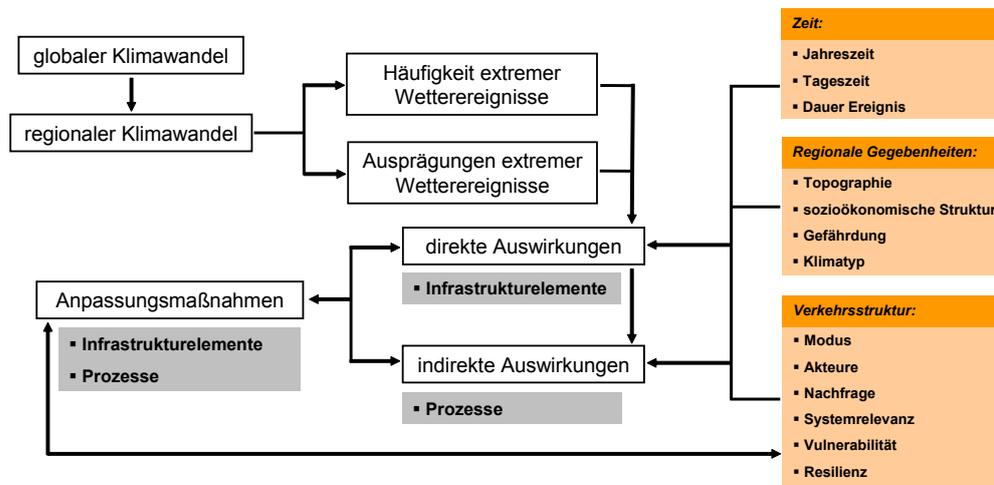
Bei der Betrachtung einer möglichen Wirkungsbeziehung (Abb. 1) zwischen extremen Wetterereignissen und dem Verkehrssektor können mindestens drei Einflussfaktoren identifiziert werden. So kann das Ausmaß direkter und indirekter Auswirkungen vom Zeitpunkt (Jahreszeit, Tageszeit), den regionalen Gegebenheiten (Topographie, sozioökonomische Struktur, Gefährdung, Klimatyp) und der betroffenen

Verkehrsstruktur (Modus, Akteure, Nachfrage, Systemrelevanz, Vulnerabilität, Resilienz) beeinflusst werden.

Eine Strategie zur Verringerung des direkten und indirekten Schadenpotentials ist die Implementierung geeigneter Anpassungsmaßnahmen. Hierbei kann die Anpassung auf Infrastrukturelemente (z. B. Installation von Blitzschutzvorrichtungen für Signal- und Weichenanlagen oder Erhöhung der Kapazität des Entwässerungssystems) und/oder auf Prozesse bzw. Abläufe (z. B. Verkürzung der Kontroll- und Pflegeintervalle für Gleisbett und Gleise) ausgerichtet sein.

**Tabelle 1:** Direkte Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf den Schienenverkehr.

Schienenverkehr	Orkan und Sturm	starker Schneefall	konvektives Niederschlagsereignis
		umgefallene Bäume	Schneebruch Schneeverwehungen
<b>Oberleitungen</b>	Beschädigung	Beschädigung	
<b>Schienen</b>	Beschädigung Blockierung	Beschädigung Blockierung	Beschädigung
<b>Gleisbett</b>	Beschädigung	Beschädigung	Beschädigung
<b>Signalanlagen</b>	Funktionsstörung/ Ausfall	Funktionsstörung/Ausfall	Funktionsstörung/Ausfall
<b>Weichen</b>	Funktionsstörung/ Ausfall	Funktionsstörung/Ausfall	Funktionsstörung/Ausfall
<b>sonstige elektr. Anlagen</b>	Funktionsstörung/ Ausfall	Funktionsstörung/Ausfall	Funktionsstörung/Ausfall
<b>Schienenfahrzeuge</b>	Entgleisung		Entgleisung
<b>Bahnhofsgebäude</b>	Beschädigung		Beschädigung
<b>Unterführungen</b>			Blockierung
<b>Brücken</b>			Beschädigung
<b>Bahnsteig</b>		Blockierung	Blockierung
<b>Ausdehnung</b>	regional	regional	lokal
<b>Jahreszeit</b>	Herbst/Winter/Frühling	Winter	Frühling/Sommer
<b>Trend</b>	zunehmend	rückläufig	zunehmend
<b>Vorhersagbarkeit</b>	gut	gut	schlecht
<b>Anpassung</b>	Freischnittstrategie verschärfen	Heizungssystem für elektr. Anlagen	Kapazität Entwässerungssystem erhöhen
	Waldbewirtschaftung anpassen	Ressourcen Winterdienst erhöhen	Kontroll-/Pflegeintervall Oberbau verkürzen
		Schneefangzäune installieren	vulnerable Streckenabschnitte identifizieren/sichern
			Installation von Blitzschutzvorrichtungen



**Abb. 1:** Beziehung zwischen den Auswirkungen extremer Wetterereignissen und dem Verkehr.

Allerdings ist nicht jede konkrete Anpassungsmaßnahme zu jedem Zeitpunkt durchführbar und muss, wie auch die Auswirkungen, im Rahmen der regionalen Gegebenheiten und der Verkehrsstruktur bewertet werden. Wobei insbesondere zwischen den geplanten Anpassungsmaßnahmen und der Verkehrsstruktur eine unmittelbare Wechselbeziehung besteht. Einerseits gibt die vorhandene Verkehrsstruktur den Planungsrahmen für ein bestimmtes Maßnahmenpaket vor, andererseits kann eine implementierte Anpassungsmaßnahme sich wiederum auf die Verkehrsstruktur auswirken. So kann beispielsweise die Verkürzung der Kontroll- und Pflegeintervalle des Oberbaus (Gleisbett und Gleise) negative Konsequenzen auf die Leistungserbringung (z. B. Fahrpläne und Pünktlichkeit) und somit für die Nachfrage haben.

Es wird deutlich, dass geeignete Anpassungsmaßnahmen einen Beitrag zur Senkung der Vulnerabilität bzw. Erhöhung der Resilienz eines Verkehrsträgers leisten, aber gleichzeitig auch Folgekosten entstehen können. In diesem Zusammenhang sollte als grundlegende und einfache Prämisse gelten, dass der nega-

tive Effekt der Anpassung auf das direkte und indirekte Schadenpotential nicht geringer als die Kosten der Maßnahme sein sollte.

### Projektstatus

Am 14.9.2010 fand in Brüssel ein erster Workshop zum Thema „Transport Sector Vulnerability“ statt. Die nächsten Arbeitspakete werden sich intensiv mit „Crisis management and emergency strategies“ und den „Adaptation options and strategies“ beschäftigen.

### Publikationen

Trinks, Ch., Hiete, M., Schultmann, F. (2010): Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die Transportsysteme in europäischen Regionen, DACH Meteorologentagung 2010, Bonn 20.9. - 24.9.2010.

### Bearbeitung

Michael Hiete  
Christian Trinks  
*Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion, KIT*

## Analyse der indirekten Vulnerabilität bei Naturkatastrophen

### Ausgangslage

Die Vulnerabilität stellt die intrinsische Seite des Risikos dar. Im Rahmen einer umfassenden Risikoanalyse sollte aufgrund der Bedeutung von indirekten Katastrophenschäden nicht nur die physische Anfälligkeit von Gebäuden und Infrastrukturelementen, sondern auch die Anfälligkeit von Gesellschaft und Industrie gegenüber indirekten Effekten erfasst werden. Die soziale Vulnerabilität wird hierbei vor allem durch das Fehlen politischer, institutioneller und ökonomischer Potenziale erhöht. Die Anfälligkeit der Industrie gegenüber indirekten Schäden (z. B. durch Betriebsunterbrechungen) wird von einer Vielzahl sektorspezifischer Fragilitäts- und Resilienzfaktoren beeinflusst. Hierzu zählen beispielsweise Eigenschaften, die die Abhängigkeit der Industrie von Produktionsanlagen, Personal, Infrastruktursystemen und Supply Chain Prozessen erhöhen bzw. verringern.

### Ziele / Arbeitsschritte

Ziel des Projektes ist die Entwicklung ein integriertes Indikatorenmodells zur Analyse der industriellen und sozialen Vulnerabilität gegenüber indirekten Schäden. Ein solches Indikatorenmodell ist angesichts der Komplexität der regionalen Vulnerabilität besonders geeignet, da hierdurch Vulnerabilitäten der verschiedenen Teilsysteme (Industrie und Gesellschaft) sowie Ergebnisse von verschiedenen Betrachtungsebenen (regional und auf Sektorebene) zusammen gefasst werden können. Des Weiteren sind indikatorbasierte Ansätze sehr gut zur Erweiterung geeignet, so dass zukünftig auch Indikatoren zur Analyse der Vulnerabilität anderer Teilsysteme (z. B. Landwirtschaft, Ökologie) problemlos in das Modell integriert werden können. Hinsichtlich der dynamischen Veränderung der Vulnerabilitäten durch den Klimawandel bietet der integrierte Indikatorenansatz die Möglichkeit, zeitliche Veränderungen einzelner Faktoren sowie prognostizierte Daten bezüglich einzelner Charakteristika in das Modell mit aufzunehmen und so Trendaussagen zur künftigen Vulnerabilität der Teilsysteme zu machen.

Das entwickelte Indikatorenmodell wird im Rahmen eines Anwendungsbeispiels zur Analyse der indirekten Vulnerabilität der Landkreise in Baden-Württemberg eingesetzt. Diese Pilotre-

gion wurde aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung und der guten Datenverfügbarkeit (besonders im Bereich Industrie) ausgewählt.

Zur Entwicklung des integrierten Indikatorenmodells wurden in einem ersten Schritt sowohl für das Teilsystem der sozialen Vulnerabilität als auch für die industrielle Vulnerabilität Fragilitäts- und Resilienzfaktoren, die die Vulnerabilität erhöhen bzw. verringern identifiziert (vgl. Abb. 1).

Für die Soziale Vulnerabilität wurden diese Vulnerabilitätsfaktoren auf regionaler Ebene ermittelt und über hierarchisch strukturierte Indikatoren, die auf Basis statistischer Daten quantifiziert werden können, abgebildet. Zur Bestimmung der industriellen Vulnerabilität wurde ein hierarchisches Indikatorenmodell entwickelt, über das die Vulnerabilität von verschiedenen Industriesektoren ermittelt werden kann. Hierbei werden verschiedene Fragilitätsfaktoren (z. B. spezifischer Stromverbrauch, lieferseitiger Vernetzungsgrad in der Supply Chain, Spezialisierungsgrad der Mitarbeiter) sowie Resilienzfaktoren, über die die Bewältigungskapazität der Industrie erfasst werden kann (z. B. Endkundennähe, Eigenversorgungsgrad Elektrizität), berücksichtigt.

Die für die beiden Teilsysteme identifizierten Indikatoren wurden über Methoden aus dem Bereich Multi-Criteria-Decision-Analysis (MCDA) zu einem Social Vulnerability Index (SVI<sub>R</sub>) und einem Industrial Vulnerability Index (IVI<sub>S</sub>) zusammengefasst. Hierzu wurden die einzelnen Indikatoren nach Ermittlung der Indikatorenwerte normalisiert, gewichtet und über eine lineare Aggregationsmethode zu jeweils einem Index zusammengefasst. Um aus den sektorspezifischen Vulnerabilitätsindizes (IVI<sub>S</sub>) (vgl. Abbildung 2) die regionale industrielle Vulnerabilität (IVI<sub>R</sub>) zu ermitteln und mit der sozialen Vulnerabilität zu kombinieren, wurde eine Regionalisierungsmethode entwickelt, mittels derer die industrielle Vulnerabilität verschiedener Industriesektoren über die regionale industrielle Struktur (Zusammensetzung der Industrie einer Region R) und der industriellen Exposition (Industriedichte einer Region R) einer Region auf die räumliche Ebene übertragen werden kann.

Um in einem nachfolgenden Schritt die sozi-

ale und die industrielle Vulnerabilität in einem integrierten Indikatorenmodell miteinander zu kombinieren, wurden die beiden Teilindizes (SVIR und IVIR) erneut über multi-kriterielle Analysemethoden miteinander verknüpft. Da bei der Aggregation Abhängigkeiten zwischen den Indikatoren zu einer Über- bzw. Unterbewertung einzelner Teilbereiche und damit zu

einer Verzerrung der Ergebnisse führen können, wurde im Rahmen der Modellentwicklung die DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) Methode zur Analyse von Abhängigkeiten zwischen den Indikatoren eingesetzt. Um die zwischen den verschiedenen Sub-Indikatoren vorherrschenden Einflussbeziehungen bei der Vulnerabilitätsanalyse zu

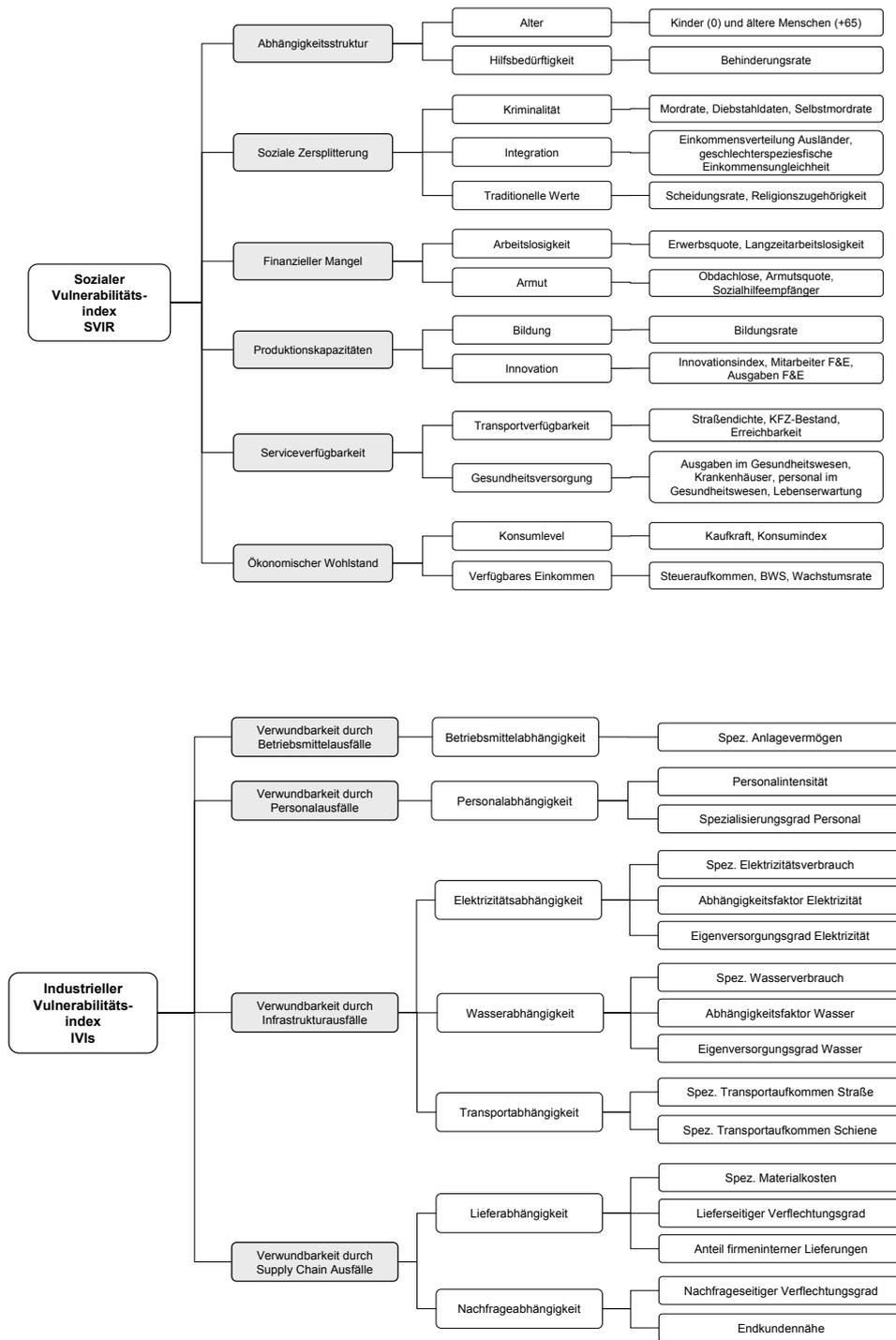
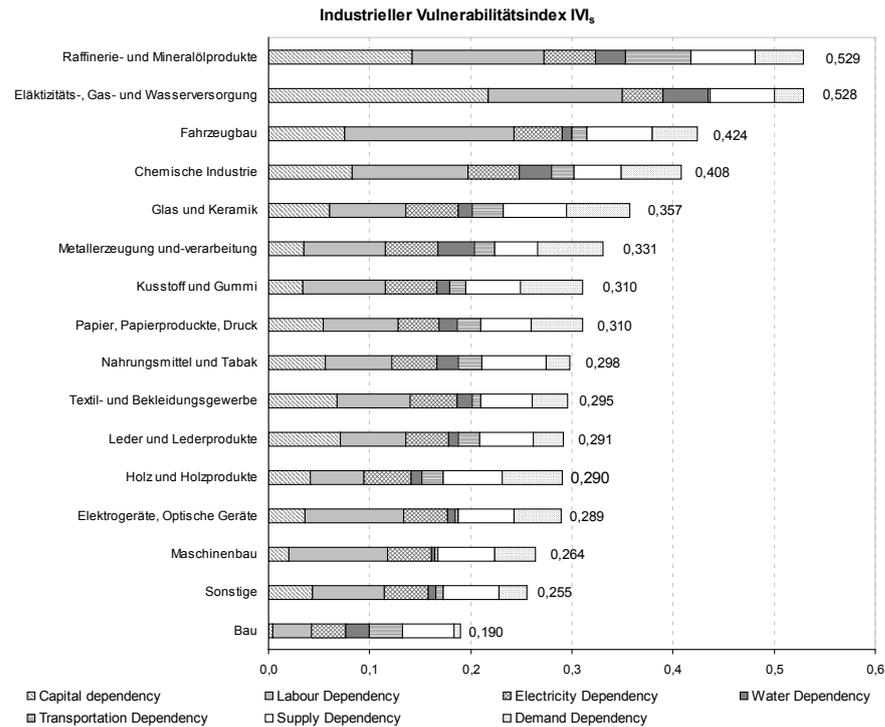
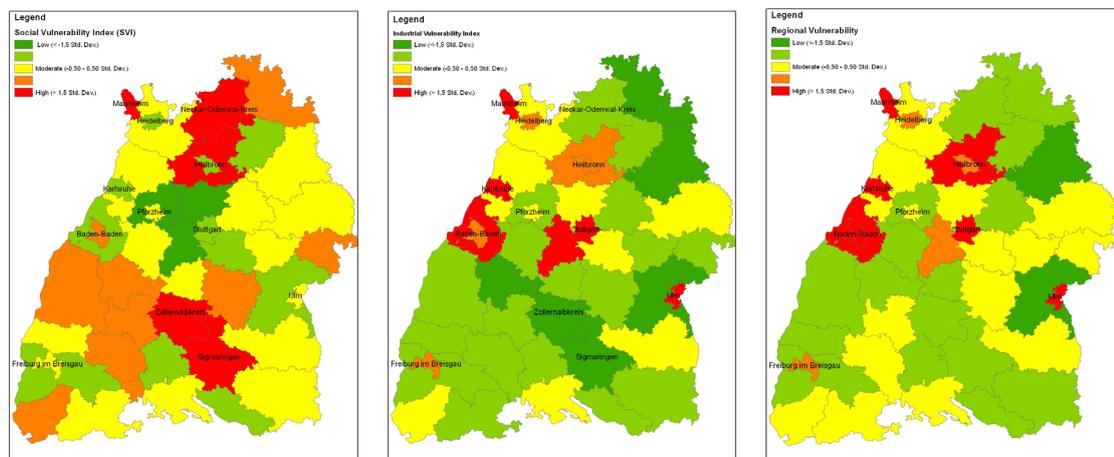


Abb.1: Indikatorenmodell sozialer und industrieller Vulnerabilität gegenüber indirekten Schäden.



**Abb. 2:** Indirekte Vulnerabilität verschiedener Industriesektoren gegenüber Katastrophen.



**Abb.3:** Index sozialer Vulnerabilität (links), Index industrieller Vulnerabilität (Mitte), regionale Vulnerabilität in Baden-Württemberg auf Landkreisebene (links); grün: niedrig, gelb: mäßig, rot: hoch.

berücksichtigen, wurden die Ergebnisse der DEMATEL-Analyse zur Berechnung von Gewichtungskorrekturfaktoren eingesetzt und die Abhängigkeiten über eine modifizierte Gewichtung der Indikatoren im integrierten Indikatorenmodell berücksichtigt. Die so bestimmte Gesamtvulnerabilität (Regional Vulnerability RVR) sowie der  $SVI_R$  und der  $IVI_R$  sind in Abbildung 2 dargestellt.

### Projektstatus

Die Entwicklung des integrierten Indikatorenmodells wurde abgeschlossen und die indirekte Vulnerabilität auf Landkreisebene in Baden-Württemberg bestimmt. Eine Veröffentlichung zur Entwicklung des Indikatorenmodells und den Ergebnissen der Vulnerabilitätsanalyse im Anwendungsbeispiel wird derzeit fertig gestellt.

**Ausblick**

Es ist geplant, in einem nächsten Arbeitsschritt die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse mit der regionalen Gefährdungsanalyse (Erdbebengefahr) zu verknüpfen, um so das indirekte Erdbebenrisiko auf Landkreisebene in Baden-Württemberg zu ermitteln. Des Weiteren soll das integrierte Indikatorenmodell für die Analyse der indirekten Vulnerabilität gegenüber Hagel angepasst und so die Indikatoren-basierte Vulnerabilitätsanalyse in die Analyse des Hagelrisikos integriert werden. Die Arbeiten zum Teilbereich der industriellen Vulnerabilitätsanalyse werden zudem bis Ende 2010 in Form einer Doktorarbeit dokumentiert (Dissertation M. Merz).

**Publikationen**

Khazai, B., Merz, M., Schulz, C., Borst, D. (2010): An Indicator Framework to Compare Regional Vulnerability in Society and Industrial Sectors to Indirect Damage from Disasters, submitted.

Merz, M., Hiete, M., Schultmann, F. (2010): An indicator framework for the assessment of the indirect disaster vulnerability of industrial production systems Proceedings IDRC 2019, 29.05.-03.06.2008, Davos, Schweiz.

Merz, M., Hiete, M., Schultmann, F. (2010): Entwicklung eines Indikatorenmodells zur Ermittlung der indirekten industriellen Vulnerabilität, Posterbeitrag beim 10. Forum Katastrophenvorsorge.

Hiete, M., Merz, M. und Schultmann, F. (2010): A trapezoidal Fuzzy DEMATEL-approach for the assessment of the dependencies among different sub-indicators of a hierarchical indicator model, EURO, Lissabon.

**Bearbeitung**

Bijan Khazai  
*Geophysikalisches Institut, KIT*

Mirjam Merz  
*Institut für Industriebetriebslehre und industrielle Produktion, KIT*

Carola Schulz  
*Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, KIT*

Dietmar Borst  
*Institut für Finanzwirtschaft, Banken und Versicherungen, KIT*

**SYNER-G****Systemic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings, Lifeline Networks and Infrastructure Safety Gain****Ausgangslage / Einführung**

Das SYNER-G Forschungsprojekt (<http://www.vce.at/SYNER-G/index.htm>) wurde im November 2009 von der Europäischen Kommission im Rahmen ihres Umweltprogrammes – Call FP7-ENV-2009-1- gebilligt. Das allgemeine Ziel von SYNER-G ist es, das Verständnis der Vulnerabilität verschiedener gefährdeter Elemente eines gesellschaftlichen Systems (Stadt, Region, Versorgungsnetze, etc.), zu verbessern und einen europäischen Vergleichsrahmen für gesellschaftliche als auch für physikalische seismische Vulnerabilität zu etablieren. Im besonderen will SYNER-G geeignete Fragilitätsbeziehungen für die Vulnerabilitätsanalysen und die Schadensschätzung für alle ge-

fährdeten Elemente weiterentwickeln. Dazu gehören Gebäude, Gebäudekomplexe, Versorgungsnetzwerke (Wasser, Abwasser, Energie, Gas), Verkehrssysteme (Straße, Schiene, Häfen) als auch kritische Einrichtungen wie Krankenhäuser. Zentraler Beitrag von SYNER-G ist die Entwicklung eines systemischen Bezugsrahmens und einer Methodik, die sich aus den Beziehungen zwischen den Komponenten eines jeden Systems (Intrarelationen) und den Beziehungen zwischen den Systemen, die die Infrastruktur ausmachen, ergeben (Interrelationen). Ziel ist die Formulierung einer Systemfunktion, die die Beurteilung des Systemstatus als Funktion des Status seiner Komponenten erlaubt. Die Verfügbarkeit einer solchen Funktion ist eine Voraussetzung für die Beurteilung

der Systemleistung. Letztendlich soll diese Methodik in einem frei zugänglichen, open-source Softwarewerkzeug umgesetzt werden.

### Ziele / Arbeitsschritte

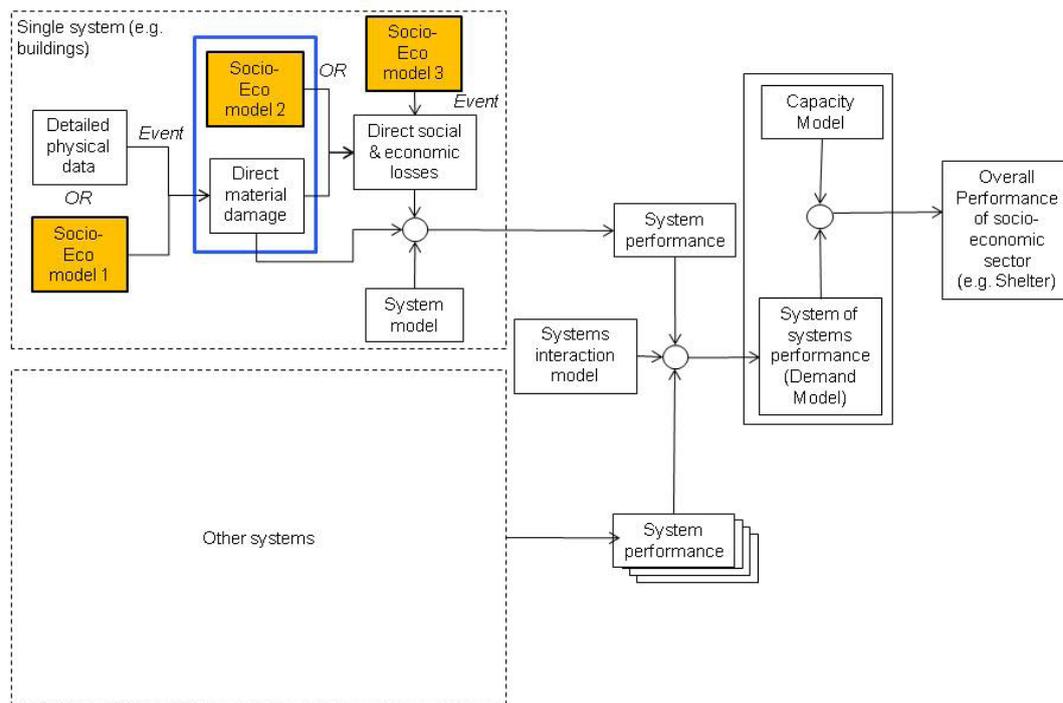
Innerhalb des SYNER-G Projekts leitet CEDIM das Arbeitspaket zu sozioökonomischen Schäden und Vulnerabilität (WP4). In diesem Arbeitspaket sollen die Abhängigkeiten und Schadensfolgen in physikalischen Systemen (Gebäude, Versorgungs- und Verkehrsnetzwerkskomponenten, kritische Einrichtungen) hinsichtlich ihrer Konsequenzen für die Gesellschaft und Wirtschaft in Form messbarer Indikatoren und sozioökonomischer Schadenswerte übertragen werden, so dass auf dieser Basis Regelwerke entwickelt und Entscheidungen getroffen werden können. Messgrößen, die die direkten sozialen Konsequenzen beschreiben, wie zum Beispiel Opferzahl, Zahl der Obdachlos gewordenen, Bedarf an Notfallunterkünften, Nachfrage nach gesundheitlicher Versorgung und anderen Dienstleistungen, sind wichtige Einflussgrößen für die Planung und Vorbereitung der Bewältigung im Katastrophenfall. Zudem hat der Ausfall von Versorgungsnetzen (Straßen, Pipelines, Elektrizität und Wasserversorgung) bedeutende Folgen für den Prozess der Wiederherstellung und trägt zu verstärkten sozialen Störungen bei. Mangelhafte Verknüpfungen zwischen Schaden und physikalischen Systemen als auch daraus resultierenden sozialen Konsequenzen stellen immer noch eine bedeutende Limitierung innerhalb der aktuell existierenden Modelle zur Schadensschätzung dar. Als Novum versucht SYNER-G WP4 hierbei, das Konzept der sozialen Vulnerabilität (meist nur auf theoretisch-konzeptioneller Ebene vorliegend) in die Modellierungsansätze einzubeziehen, die von den Ingenieuren verwendet werden. Das Hauptaugenmerk bei SYNER-G wird auf die Phase der Notfallhilfe und Katastrophenbewältigung, in der die rasche Versorgung mit Nahrung, Wasser, Unterkünften und Gesundheitsversorgung die wichtigsten Maßnahmen sind, um den Betroffenen an einem sicheren Ort das Überleben zu sichern. Deshalb konzentrieren sich die Untersuchungen der sozioökonomische Vulnerabilität und Schäden in SYNER-G hauptsächlich auf die Leistung von zwei Sektoren, nämlich die der temporären öffentlichen Unterkünfte und der Gesundheitsdienstleistungen bei einem Notfall. Das sozioökonomische Modell wird in L'Aquila und Thessaloniki angewendet und getestet.

Zusätzlich zum WP4 arbeiten Wissenschaftler am CEDIM daran, das Potential der Vulnerabilitätsabschätzung durch optische Satellitenbildgebung im Rahmen einer weiteren Aktivität von SYNER-G zu untersuchen. Ziel hierbei ist die Beurteilung und Zusammenführung der am besten geeigneten Methodik für die Extraktion von Parametern, die bei in Europa durchgeführten Vulnerabilitätsanalysen verwendet wurden.

### Projektstatus

Hinsichtlich der sozioökonomischen Vulnerabilität und der Schäden in SYNER-G wird eine Methodik vorgeschlagen, mit der die direkten sozioökonomischen Folgen von Erdbeben besser beschrieben werden können, wie zum Beispiel Todesfälle im Freien, Verletzungen und Bedarf an Unterkünften auf Basis von Anzahl der Personen, die eine öffentliche Unterkunft suchen. Abbildung 1 zeigt drei mögliche Stellen, an denen sozioökonomische Modelle eingebracht werden können. In SYNER-G werden die sozioökonomischen Modelle an der zweiten Eingangsstelle eingebracht (siehe Abb. 1). Es werden neue Methoden entwickelt, um soziale Schäden (z.B. Zahl der obdachlos gewordenen, die eine öffentliche Unterkunft suchen) als eine integrierte Funktion der Gefahrenintensität, der Vulnerabilität von physikalischen Systemen (auf Basis von „Fragilitätskurven“) und der sozialen Vulnerabilität der gefährdeten Bevölkerung berechnen zu können. Dies soll mit Hilfe der Entwicklung eines Sets an „Funktionen für die Vulnerabilität“ geschehen. In derzeitigen Schadensschätzungsmodellen werden die sozioökonomischen Modelle an der dritten Eingangsstelle als lineare „Schadensfolgefunktionen“ zur Einschätzung der direkten sozialen und ökonomischen Schäden eingebracht. Die Einbeziehung der sozioökonomischen Modelle an der ersten Eingangsstelle, wie in Abbildung 1 dargestellt als empirische Modelle, erfordert eine systematische Sammlung von sozialen und ökonomischen Erdbebendaten, die nach dem Ereignis erfasst wurden; dies ist momentan allerdings noch nicht durchführbar.

Ein Teil der Herausforderung, Modelle sozialer Vulnerabilität mit Modellen physikalischer Vulnerabilität zusammenzubringen, liegt darin begründet, dass soziale Vulnerabilität ein grundsätzlich relatives Phänomen ist und nicht etwas, das man direkt beobachten und messen kann. Deshalb ist eines der Hauptziele im WP4 die Übernahme eines Indikatorsystems und einer allgemeinen Nomenklatur, die die



**Abb. 1:** Mögliche Verknüpfung sozio-ökonomischer Modelle mit Modellen physikalischer Vulnerabilität / Modellen zur Schadensschätzung.

sozioökonomische Vulnerabilität als relationale Begriffe bezüglich Unterkunfts- und Gesundheitssystemen postuliert. Folglich müssen transparente und validierte Indikatorensysteme definiert werden, die die menschliche, institutionelle und funktionelle Vulnerabilität (und Regenerationsfähigkeit) des Systems beschreiben. Ein Set von vorläufigen Indikatoren wurde ausgewählt und mit verfügbaren Daten in Europa (EUROSTAT Urban Audit Variablen, auf Landkreisebene verfügbar) abgeglichen.

Momentan werden Leitlinien für die Auswahl von Indikatoren für jeden sozioökonomischen Sektor erarbeitet. Die Basis hierfür waren ein Benchmarking von Indikatoren mit Bezug auf Beobachtungen des Ereignisses in L'Aquila und die Validierung der Indikatoren mit Experten für jeden sozioökonomischen Sektor. Zusätzlich wurde für eine weitere Aktivität in SYNER-G, zu der CEDIM beiträgt, eine Übersicht über existierende Methodiken und Ansätze für die Herleitung von urbanen Informationen aus Satellitenbildern entwickelt. Dieser Bericht bildet die Basis für die Auswahl von geeigneten Techniken zur Extraktion von Inventarinformationen aus den Untersuchungsgebieten, die innerhalb von SYNER-G ausgewählt wurden.

### Ausblick

Das weitere Ziel des Arbeitspakets für sozioökonomischen Schaden und Vulnerabilität in SYNER-G ist es, eine Metrik zu entwickeln, durch die soziale und ökonomische Vulnerabilität (und Regenerationsfähigkeit) hinsichtlich der Erholung von direkten Folgen von Erdbeben bestimmt werden kann. Zum Beispiel werden Evakuierungsbedarf und die Planung der temporären Unterkünfte nicht nur auf Grundlage der potentiellen Schäden an den Gebäuden bestimmt, sondern auch auf Basis der unterschiedlichen sozioökonomischen Vulnerabilität der betroffenen Bevölkerung und ihrer jeweiligen Bedürfnissen. Das Novum bei dem vorgeschlagenen Ansatz ist die Konzeption eines integrierten, sozio-physikalischen Vulnerabilitätsmodells, das theoretische Gerüste zur Untersuchung von Vulnerabilität, die von Sozialwissenschaftlern verwendet werden, mit quantitativen Konzepten von Vulnerabilität verbindet, die von Ingenieuren in Schadensabschätzungsmodellen benötigt werden.

In einem Koordinierungsworkshop in Karlsruhe am 17./18. Juni verständigten sich die Projektpartner auf die zentralen Konzepte und

Begriffe von WP4, einschließlich der Fragen, welche Aspekte der sozioökonomischen Vulnerabilität und der Folgen berücksichtigt werden und welchen Beitrag die einzelnen Partner hierzu leisten können. Die Schnittstelle zwischen sozioökonomischer Vulnerabilität und der allgemeinen Methodik in SYNER-G wurde am 17. und 18. September 2010 in Wien weiterentwickelt. Partner von CEDIM, dem Norwegischen Geotechnischen Institut (NGI) und der Technischen Universität des Mittleren Ostens (METU) trafen sich am 7. und 8. Oktober in Ankara, um weitere Ideen für die Entwicklung einer gemeinsamen Rahmenmethodik auszutauschen. Auf einem zusätzlichen Treffen am 8. und 9. November 2010 in Rom sollen Fragen bezüglich der Methodik, Software und dem Benchmarking mit Partnern vom Bureau de

Recherches Geologiques et Minieres (BRGM), der Universität Rom (UROMA) und dem Zentrum für Analyse und Monitoring von Umwelt Risiken diskutiert werden. Als erstes Ergebnis des Projekts soll im April 2011 die Definition eines System von repräsentativen sozioökonomischen Indikatoren in Hinblick auf Notfallgesundheitssysteme und temporäre Unterkünfte geliefert werden.

#### **Bearbeitung**

Bijan Khazai

Eike Nolte

James Daniell

Friedemann Wenzel

*Geophysikalisches Institut, KIT*

# Katastrophenmanagement

## Das Internet-Projekt „Wettergefahren – Frühwarnung“

### Ziel und Aufgabe der „Wettergefahren-Frühwarnung“

Der Internet-Informationdienst „Wettergefahren-Frühwarnung“ informiert über bevorstehende oder gerade auftretende extreme Wetterereignisse. Die Webseiten sind tagesaktuell, ständig verfügbar und werden bei Bedarf auch mehrmals täglich aktualisiert. Der Routinebetrieb begann am 1. Februar 2004 und wurde kontinuierlich aufrecht erhalten. Die Zahl der Seitenzugriffe beläuft sich derzeit auf täglich etwa 1500-2000.

Als extreme Wetterereignisse gelten

- Sturm- oder Orkantiefs, wenn Sie für das Binnenland oder die Küste eine große Gefahr darstellen;
- sommerliche Gewitterlagen, bei denen verbreitet mit schweren Gewittern und all ihren Begleiterscheinungen wie Starkregen, lokalen Überschwemmungen, Hagel oder schweren Sturmböen gerechnet werden muss;
- Starkniederschlags- und Hochwasserlagen (z.B. intensiver Dauerregen, Schneeschmelze);
- Extreme Hitze- und Kälteperioden, aber auch Wetterereignisse, die zu großen Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittelwert führen oder mit Gefahren z.B. für die Landwirtschaft einhergehen (z.B. Spätfröste, frühe Wintereinbrüche, Trockenheit);
- Tropische Wirbelstürme (Hurrikane, Taifune) und tropische Stürme oder Depressionen, wenn auf ihrer Zugbahn bewohnte Inseln liegen oder der Landgang in einer besiedelten Küstenregion erfolgt;
- andere Ereignisse wie z.B. Vulkanausbrüche, Waldbrände;

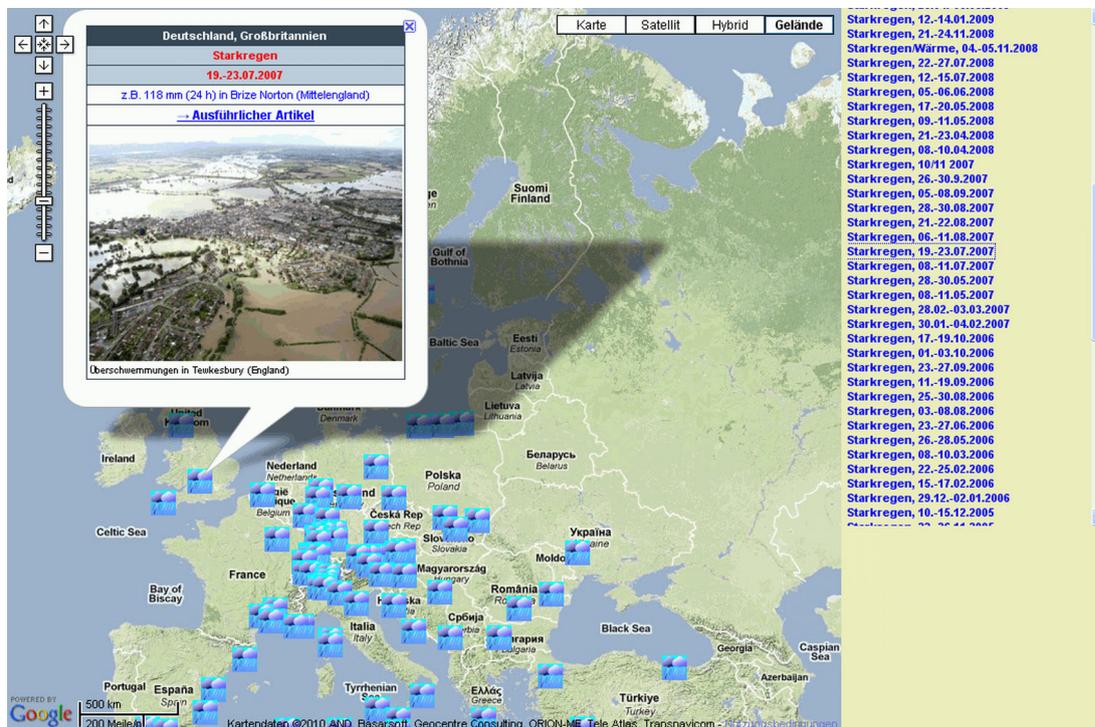


Abb. 1: Screenshot aus: [www.wettergefahren-fruehwarnung.de](http://www.wettergefahren-fruehwarnung.de) – Archiv – Interaktive Ereignisauswahl aus mehr als 500 Ereignissen seit 2004.

Zwar liegt das Hauptaugenmerk auf den Vorgängen in Mitteleuropa, doch bleiben z.B. selbst Überschwemmungen durch starke Monsunregen in Südostasien oder ungewöhnlich heftige Wintereinbrüche auf Neuseeland nicht unberücksichtigt.

### Von der Vorwarnung bis zur Analyse

Als Entscheidungsgrundlage dienen Modellrechnungen verschiedener globaler (vor allem des amerikanischen GFS-Modells), zum Teil auch regionaler Modelle, wie sie bei den nationalen Wetterdiensten und anderen Institutionen operationell eingesetzt werden und im Internet verfügbar sind.

Deutet sich in den Modellvorhersagen ein extremes Wetterereignis an und beurteilt der Bearbeiter mit seiner Erfahrung die Entwicklung ähnlich, formuliert er ein bis vier Tage vor dem wahrscheinlichen Eintritt des Ereignisses eine Vorwarnung oder Warnung. In ihr wird darauf hingewiesen, welche Gebiete betroffen sein können und was auf sie zukommt. Diese Warnungen werden täglich, in besonderen Fällen auch mehrmals täglich aktualisiert.

Etwa ein bis drei Tage nach dem Ereignis steht eine ausführliche Analyse zur Verfügung. In

einem längeren Artikel erfährt der Leser eine Bewertung des Ereignisses, bekommt umfangreiche Informationen, Bild- und Kartenmaterial über seinen Ablauf und kann sich über gemessene Windgeschwindigkeiten, Temperaturen oder Niederschlagsmengen informieren. Für die redaktionell aufbereiteten Artikel erstreckt sich die oft aufwändige Recherche über alle Webseiten mit relevanten Inhalten, Daten und Informationen.

Sämtliche Warnungen, Hinweise und ausführliche Analysen können in einem ständig wachsenden Archiv eingesehen werden, das mittlerweile rund fünfhundert extreme Wetterereignisse weltweit umfasst.

### Der Routinebetrieb und neue Visualisierungstools

Neben der täglichen Beobachtung und Bewertung der weltweiten Wettervorgänge umfasst der Routinebetrieb auch die Erzeugung eigener spezieller Karten und Abbildungen. Dazu wurden in den letzten Jahren immer umfangreichere und komplexere Programme entwickelt, die inzwischen 4 Mal täglich für die ganze Welt viele Hundert Spezialkarten erzeugen. Diese Karten mit den bekannten und beliebten google-maps Karten zusammenzuführen, er-

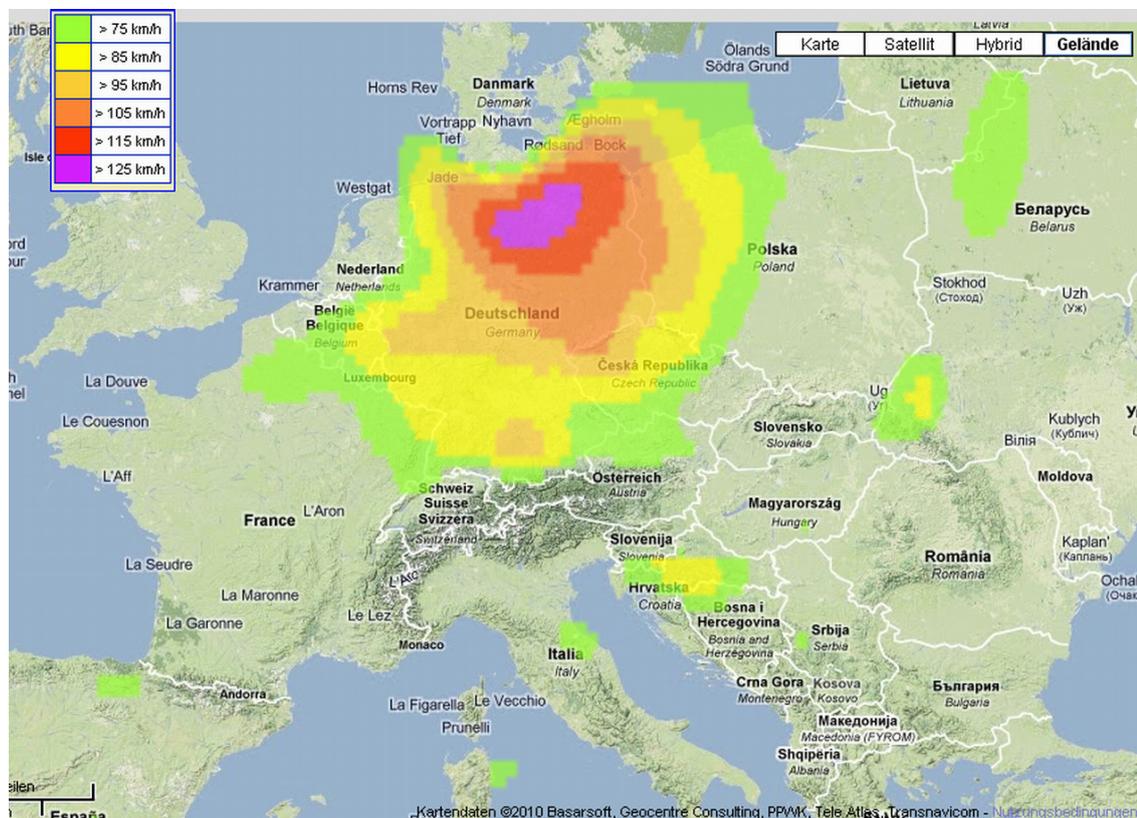


Abb 2: Orkantief „Xynthia“.

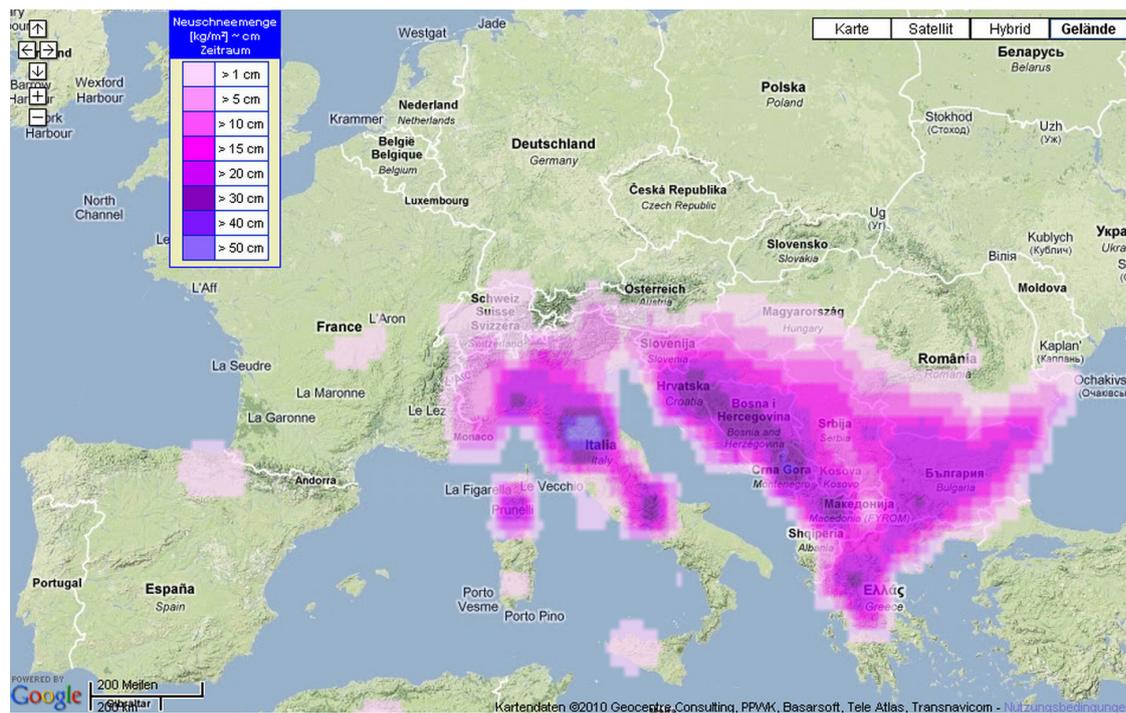


Abb. 3: Schneefall am Mittelmeer.

laubt eine ganz neue und bequeme Navigation. Mutmaßlich gefährdete Gebiete oder Städte können so sofort identifiziert werden.

Allerdings stellt diese Art der Darstellung und dieser Service auch immer größere Anforderungen an die Rechnerarchitektur und an die Programmierung und nicht zuletzt muss ein ständig wachsender organisatorischer und personeller Aufwand betrieben werden.

### Zusätzliche Informationen

Die Webseiten bieten über die Vorwarnungen, Warnungen und Analysen hinaus alle zur Bewertung eines extremen Wetterereignisses nötigen Informationen. Dazu gehören z.B. die Wind- und Sturmskalen, nationale und internationale Rekordwerte der Temperatur und des Niederschlags sowie ausführliche klimatologische Informationen und Karten. Auch diese Informationen werden ständig überprüft, ergänzt und aktualisiert. Spezialartikel z.B. zum „Jahrhundertsommer 2003“ oder zum Vulkanausbruch des Eyjafjallajökull (März/April 2010) bereichern das Angebot.

### Ausblick

Der Warndienst soll kontinuierlich weitergeführt, verbessert und neue Methoden zur Vorhersage und Visualisierung entwickelt werden. Eine tabellarische Übersicht für Deutschland, Europa und die anderen Kontinente, in der

für insgesamt rund 2000 Städte alle warnrelevanten Größen und die Warnstufen sofort abgelesen werden können, steht kurz vor Einführung.

Derzeit wird auch an neuen weltweiten Spezialkarten gearbeitet, die gefährdete Städte kenntlich machen und je nach Warnstufe farblich unterlegen.

### Hinweis

Das Projekt „Wettergefahren-Frühwarnung“ wird unabhängig von den offiziellen Warnseiten der nationalen Wetterdienste und ohne Gewähr betrieben. Verhaltensregeln oder Handlungshinweise an Einzelpersonen, Betriebe oder Behörden sind nicht Gegenstand der Warnungen.

### Internet-Adressen

[www.wettergefahren-fruehwarnung.de](http://www.wettergefahren-fruehwarnung.de)  
[www.vorhersagezentrale.de](http://www.vorhersagezentrale.de)

### Bearbeitung

Bernhard Mühr  
*Institut für Meteorologie und Klimaforschung, KIT*

## Geoinformationsmanagement

### Web-basiertes Informationssystem: RiskExplorer

#### Ausgangslage / Einführung

Im Rahmen des CEDIM Projekts Risikokarte Deutschland wurden Karten der Gefährdung, Vulnerabilität und des Risikos durch die Naturereignisse Erdbeben, Wintersturm und Hochwasser sowie einige anthropogene Gefährdungen erarbeitet. Um diese Ergebnisse der wissenschaftlichen Community sowie interessierten Entscheidungsträgern zugänglich zu machen, wurde der RiskExplorer Germany entwickelt, eine interaktive Webmapping-Anwendung, die auf der Software ArcIMS basiert. Die Technik, die dieser Viewer nutzte, war inzwischen nicht mehr aktuell, insbesondere in Hinblick auf die Geschwindigkeit, aber auch die Bedienbarkeit entsprach nicht dem aktuellen technischen Stand im Bereich Webmapping. Deshalb soll der RiskExplorer auf Basis aktueller Webmapping-Komponenten neu aufgesetzt werden.

Aufbauend auf den Arbeiten der Risikokarte Deutschland hat die CEDIM-Arbeitsgruppe „Synopsis der Naturgefahren“ eine Multi-Risiko-Studie für das Land Sachsen erarbeitet, in der die Risiken durch Hochwasser, Wintersturm und Erdbeben anhand einer konsistenten Methodik für alle Gemeinden Sachsens verglichen werden. Auch diese Daten sollen Interessenten aus Wissenschaft und Praxis im Internet zugänglich gemacht werden. Für den räumlichen Vergleich von Risiken sind Karten gut geeignet; allerdings kann eine Multi-Risiko-Studie, die mehrere Wiederkehrperioden umfasst, nicht sinnvoll in einer Karte dargestellt werden. Daher sollen die Ergebnisse der CEDIM-Arbeitsgruppe „Synopsis der Naturgefahren“ durch ein interaktives Web-Informationssystem zugänglich gemacht werden. Dieses Web-Informationssystem RiskExplorer – Risikovergleich für Sachsen soll die Plattform des CEDIM RiskExplorer erweitern und ergänzen.

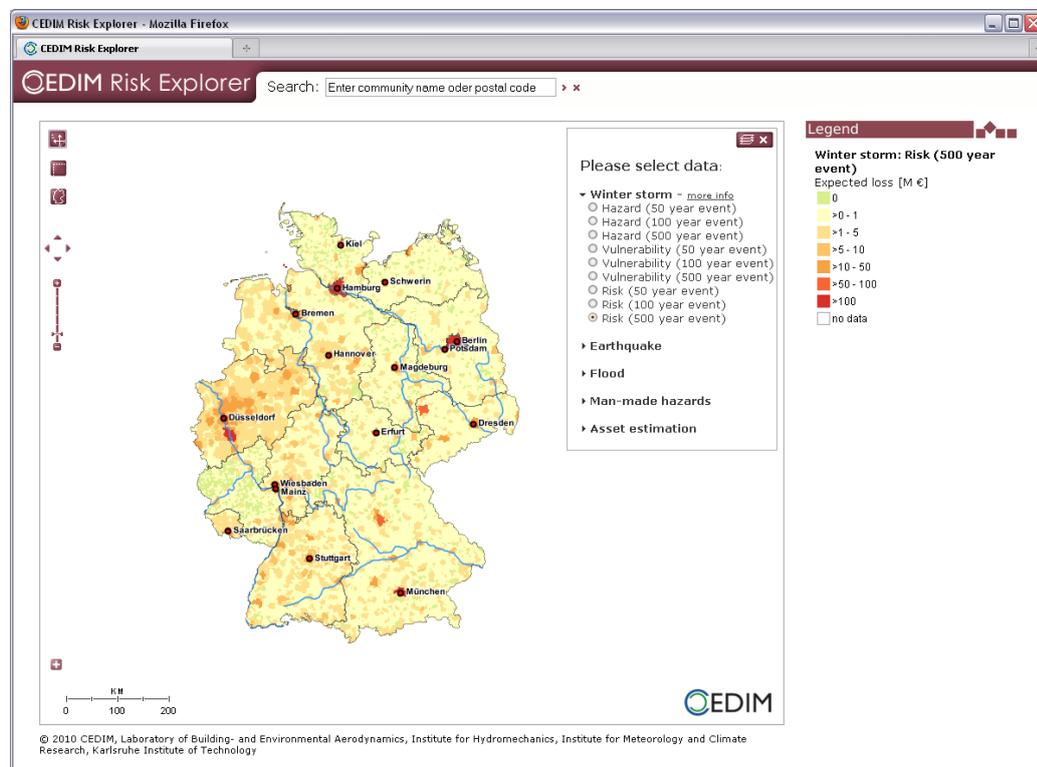


Abb. 1: Der neue RiskExplorer Deutschland.

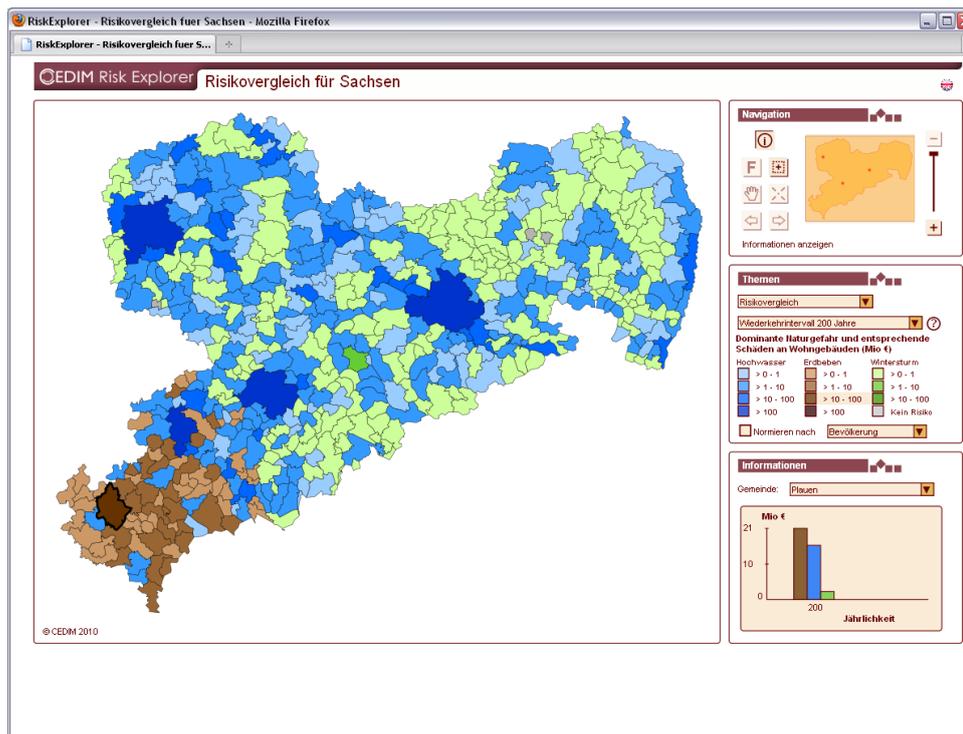


Abb. 2: Der RiskExplorer – Risikovergleich für Sachsen.

### Ziele / Arbeitsschritte

Der RiskExplorer Germany wurde mit aktueller Technik neu aufgesetzt, um in Hinsicht auf Geschwindigkeit und Bedienbarkeit den Anforderungen an moderne web-basierte Informationssysteme gerecht zu werden. Die Daten sind in einer PostGIS-Datenbank abgelegt und werden mit der Server-Software Geoserver als WebMapService zur Verfügung gestellt. Die Darstellung der Karten im Web wurde mit dem Client OpenLayers implementiert. Durch die neue Software konnte die Geschwindigkeit des RiskExplorers erheblich verbessert werden. Auch das Design und die Bedienbarkeit wurden im Rahmen dieser Umstellung deutlich vereinfacht.

Um den Risikovergleich für Sachsen zu präsentieren, wurde ein interaktives Web-Informationssystem auf Basis von Scalable Vector Graphics (SVG) entwickelt, das einen detaillierten Zugriff auf die Ergebnisse erlaubt. Der Nutzer kann sich einzelne thematische Karten mit der räumlichen Verteilung des Risikos für die verschiedenen Gefahren und Wiederkehrintervalle sowie der dominanten Naturgefahr anzeigen lassen. Zusätzlich zu den Karten

wird dem Nutzer eine Grafik des Risikos für alle Wiederkehrintervalle einer Naturgefahr oder als Vergleich für das 200-jährliche Ereignis präsentiert. Darüber hinaus können die Werte nach Bevölkerung, Fläche und Wiederherstellungswerten der Wohngebäude normiert werden, um auch die Einschätzung des relativen Risikos zu ermöglichen, die für den Vergleich verschiedener Gemeinden sinnvoll sein kann.

### Projektstatus

Der neue „RiskExplorer – Germany“ und der „RiskExplorer – Risikovergleich Sachsen“ sind fertiggestellt und über die CEDIM Webseite zu erreichen.

### Publikation

Dransch, D., Rotzoll, H., Poser, K. (2010): The contribution of maps to the challenges of risk communication to the public, International Journal of Digital Earth, 3(3) 292 – 311.

### Bearbeitung

Kathrin Poser  
Sektion Erdsystemmodellierung, GFZ

## Menschen als Sensoren

### Integration und Bewertung von Informationen der betroffenen Bevölkerung für das Hochwasser-Risikomanagement

#### Ausgangslage / Einführung

Für das Katastrophenmanagement und die schnelle Schadensabschätzung nach (Natur-) Katastrophen ist es wichtig, schnell einen möglichst umfassenden Überblick über die entstandenen Schäden und die daraus resultierenden Beeinträchtigungen zu erhalten. Die benötigten Informationen kommen aus unterschiedlichen Quellen (z.B. Beobachtungen von Einsatzkräften, verschiedene Sensoren, Luft- und Satellitenbilder) und müssen zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet werden, um für Entscheidungen im Katastrophenmanagement und die Auswertung von Ereignissen nutzbar zu sein.

Bisher werden Beobachtungen von Augenzeugen und Menschen vor Ort selten systematisch in das Katastrophenmanagement und die schnelle Schadensabschätzung einbezogen. Gerade bei Ereignissen mit größerer geographischer Ausdehnung oder solchen, deren Parameter sich schlecht messen lassen, können solche Informationen aber einen wertvollen Beitrag zur kontinuierlichen Einschätzung der Lage leisten.

#### Ziele / Arbeitsschritte

Das Ziel der Arbeit ist, Informationen der betroffenen Bevölkerung für das Risikomanagement nutzbar zu machen. Am Beispiel der schnellen Schadensabschätzung nach Hochwasser-Ereignissen werden in dem Forschungsvorhaben Methoden zur Bewertung der Qualität solcher Daten entwickelt. Die konkreten Forschungsfragen sind:

- Welche der benötigten Informationen können in ausreichender Qualität von der Bevölkerung beobachtet werden? Wie können diese Informationen erfasst werden?
- Wie kann die Qualität dieser Informationen bewertet und kontrolliert werden? Wie kann die Qualitätsbewertung automatisiert werden?

Die Vorgehensweise besteht aus zwei Teilen (siehe Abb. 1): Im ersten Teil wird die Qualität der Beobachtungen der betroffenen Bevölkerung anhand von existierenden Daten aus Telefoninterviews untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden im zweiten Teil der

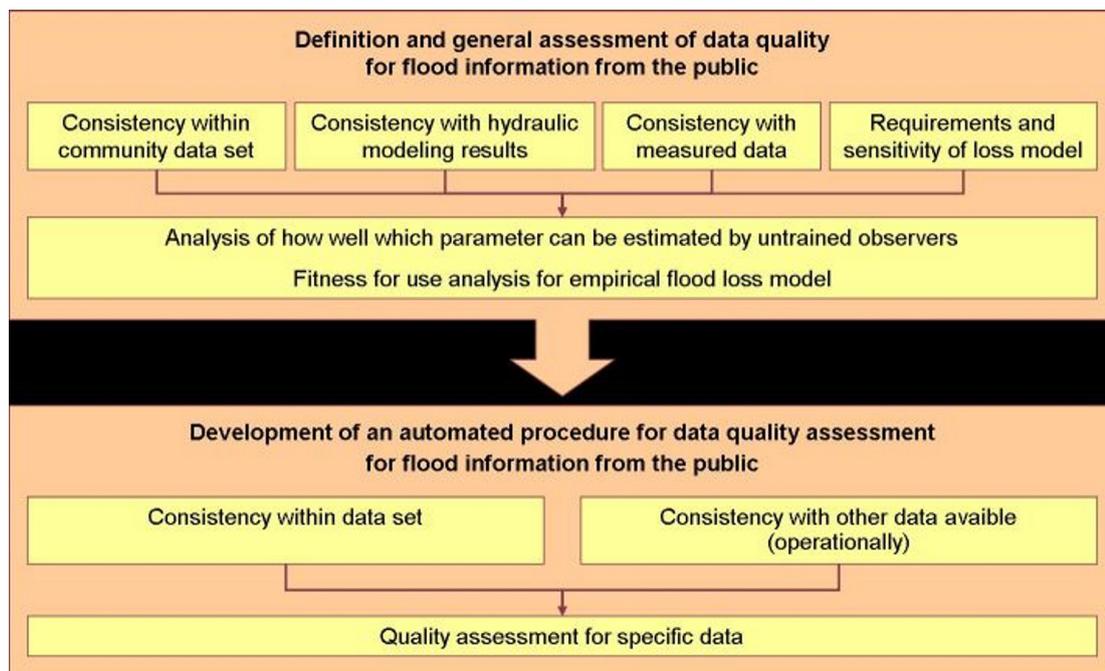


Abb. 1: Die Vorgehensweise des Projektes.

### Hochwasserbeobachtung melden

Sie haben ein Hochwasserereignis erlebt? Teilen Sie uns hier Ihre Beobachtungen mit!

**\*Wo haben Sie ein Hochwasser beobachtet? Bitte geben Sie eine Adresse an oder klicken Sie in die Karte, um den genauen Ort Ihrer Beobachtung zu markieren!**

Adresse



**\*Wann haben Sie das Hochwasser beobachtet?**

Format: dd.mm.yyyy

**\*Wie hoch stand das Wasser maximal?**

cm

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

**Wie lange dauerte die Überflutung?**

Stunden

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

**Welches der folgenden Bilder entspricht am ehesten der maximalen Wasserströmung am Beobachtungsort?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten.

<input type="radio"/>		Stehend	<input type="radio"/>		Ruhig
<input type="radio"/>		Mittel	<input type="radio"/>		Reißend

**War das Wasser verschmutzt?**

Ja  Nein

**\*Womit war das Wasser verschmutzt?**

Bitte wählen Sie einen oder mehrere Punkte aus der Liste aus.

Abwasser oder Fäkalien  
 Heizöl  
 Benzin  
 Sonstiges:

**Abb. 2:** Die Benutzerschnittstelle für die web-basierte Erhebung von Hochwasserbeobachtungen durch die betroffene Bevölkerung.

Arbeit genutzt, um eine automatisierte Vorgehensweise für die Qualitätsbewertung für eine web-basierte Hochwassererhebung zu entwickeln und prototypisch umzusetzen.

Die Qualitätsbewertung existierender Daten basiert auf Telefoninterviews, die mit Betroffenen der Hochwasserereignisse im Elbe- und Donaeinzugsgebiet im Jahr 2002 sowie im Elbeeinzugsgebiet im Jahr 2006 durchgeführt wurden. In insgesamt über 2000 Interviews wurden Betroffene zu Überflutungsparametern, privaten Vorsorgemaßnahmen sowie durch das Hochwasser verursachten Schäden befragt. In dieser Arbeit werden Daten zum Wasserstand und zur Fließgeschwindigkeit betrachtet, wobei dem Wasserstand besondere Bedeutung zukommt, da dieser Parameter für die Schadensabschätzung am wichtigsten ist. Die Daten aus den Telefoninterviews werden auf Konsistenz innerhalb des Datensatzes, auf Konsistenz mit gemessenen Wasserständen, mit Ergebnissen hydraulischer Modelle sowie mit Fernerkundungsdaten überprüft. Anschließend wird eine Fitness-for-Use Analyse durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Beobachtungen der Bevölkerung geeignet dazu sind, ein empirisches Schadensmodell anzutreiben, das eine schnelle Schadensabschätzung nach einem Hochwasserereignis ermöglicht. Basierend auf diesen Ergebnissen wird dann eine automatisierte Vorgehensweise entwickelt, die es erlaubt, von der betroffenen Bevölkerung zur Verfügung gestellte Daten in einem prototypisch umgesetzten, web-basierten System zu erheben, zu bewerten und zur Abschätzung von Schäden zu nutzen.

### Projektstatus

Die Daten aus den Telefoninterviews wurden auf Konsistenz innerhalb des Datensatzes geprüft. Hier wurde einerseits für verschiedene Indikatoren für die Fließgeschwindigkeit überprüft, inwieweit die Einschätzungen der verschiedenen Indikatoren innerhalb eines Datensatzes übereinstimmen. Darüber hinaus wurde die räumliche Konsistenz der Hochwassereinwirkungsfaktoren Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit, Überflutungsdauer sowie Kontamination analysiert. Für einige Gemeinden in Sachsen, für die Vergleichsdaten vorlagen, wurde die Konsistenz der beobachteten Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und Überflutungsdauern mit Modellergebnissen untersucht. Die Überflutungstiefen wurden darüber hinaus mit eingemessenen Wasserständen und die daraus abgeleiteten Überflutungsflä-

chen mit Satellitendaten verglichen.

Beispielhaft wurde für die Gemeinde Eilenburg an der Mulde, die beim Hochwasser 2002 schwer betroffen war, die Nutzbarkeit der Beobachtungen der Bevölkerung für die empirische Schadensmodellierung untersucht. Hierzu wurde die Schadenshöhe für die aus den Beobachtungen interpolierten Wasserstände sowie für modellierte Wasserstände mit Hilfe des Modells FLEMOPs geschätzt. Diese Ergebnisse wurden untereinander und mit Schadensdaten, die von der Sächsischen Aufbaubank zur Verfügung gestellt wurden, verglichen.

Für die web-basierte Datenerhebung wurde ein Web-Interface entwickelt (siehe Abb. 2), über das die betroffene Bevölkerung beobachtete Überflutungen melden kann. Es werden zuerst der Ort (als Adresse oder über eine klickbare Karte) und die Zeit der Überflutung abgefragt, dann die Parameter maximale Überflutungstiefe, Überflutungsdauer, Beschreibung der Fließgeschwindigkeit (verbal und mit Hilfe von Beispielfotos) sowie Kontamination. Abschließend hat der Nutzer die Möglichkeit, weitere Kommentare abzugeben sowie Fotos von der Überflutung hochzuladen. Die Eingaben werden in einer Datenbank gespeichert und können als Punktdaten angezeigt werden. Wenn genügend Daten für eine Gemeinde vorliegen, soll aus den Beobachtungen die Überflutungsfläche mit Wassertiefen errechnet werden und mit diesen Daten eine Schadensschätzung mit dem Modell FLEMOPs vorgenommen werden.

### Ausblick

Die Arbeit soll bis Ende des Jahres 2010 abgeschlossen und eingereicht werden.

### Publikationen

Poser, K., Dransch, D. (2010): Volunteered Geographic Information for Disaster Management with Application to Rapid Flood Damage Estimation, *Geomatica*, 64(1), 89-98.

### Bearbeitung

Doris Dransch  
Kathrin Poser  
*Erdsystemmodellierung, GFZ*

Heidi Kreibich  
*Hydrologie, GFZ*

# Krisenmanagement bei großflächiger Unterbrechung der Stromversorgung

## Am Beispiel Baden-Württemberg

### Ausgangslage / Einführung

Projektlaufzeit:

- Januar 2008 – September 2009

Projektpartner:

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)
- Innenministerium Baden-Württemberg
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
- Energie Baden-Württemberg AG (EnBW AG)

Trotz sehr hoher Sicherheitsstandards der Versorgungsnetze in Deutschland, können technische Defekte, menschliches Versagen, kriminelles Handeln oder Naturkatastrophen zu großflächigen und länger andauernden Stromausfällen führen. Dies wurde beispiels-

weise durch verschiedene Ereignisse der vergangenen Jahre wie beispielsweise den Stromausfällen 2008 in der Schweiz und Italien oder der Versorgungsunterbrechung in Mittel- und Südeuropa 2006 deutlich. Starke Schneefälle und Eisregen führten im Münsterland 2005 zum bislang folgenreichsten Stromausfall in Deutschland. Hier waren einige Landkreise von einer bis zu sieben Tage andauernden Unterbrechung der Stromversorgung betroffen.

Stromausfälle können abhängig von ihrer räumlichen Ausdehnung und Dauer schwerwiegende Folgen für Systeme kritischer Infrastrukturen sowie verschiedene gesellschaftliche und wirtschaftliche Bereiche haben (Abb. 1).

Reale Stromausfallereignisse sowie Krisenmanagementübungen mit Stromausfallszenarien haben gezeigt, dass zur Bewältigung groß-

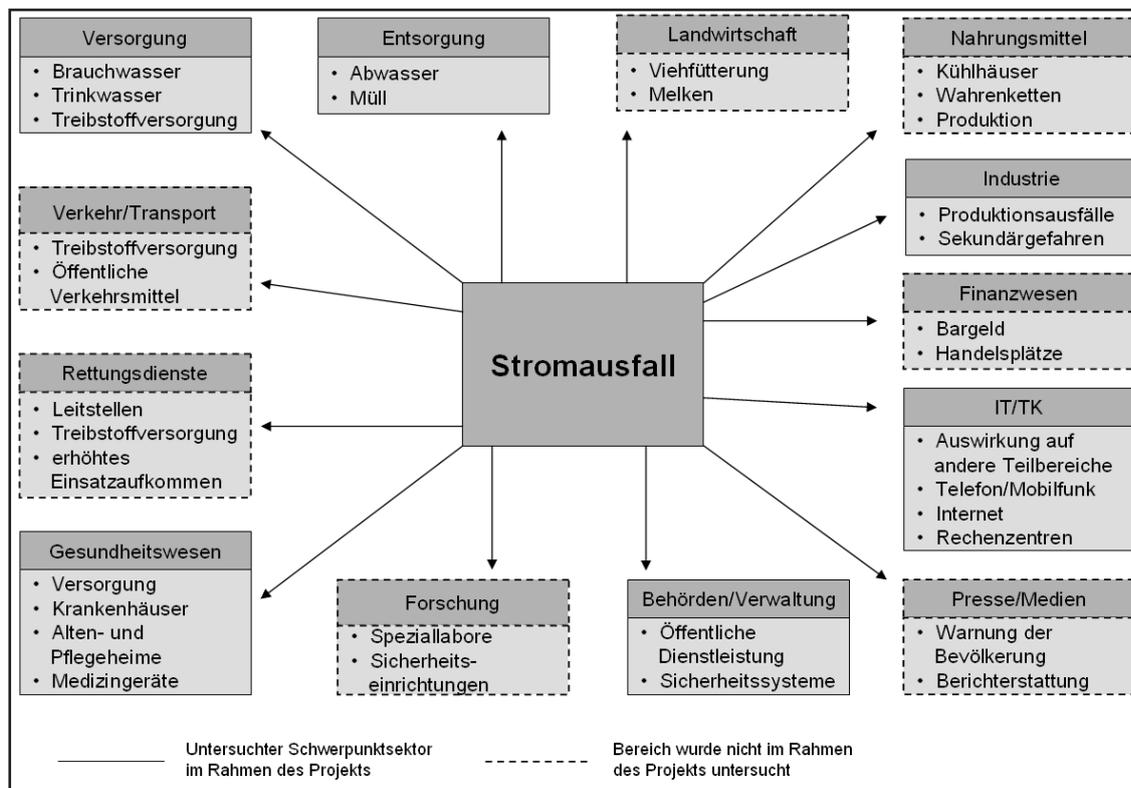


Abb.1: Auswirkungen von Stromausfällen auf die verschiedenen Teilbereiche der Gesellschaft.

flächiger Stromausfälle und Begrenzung der gesamtgesellschaftlichen Konsequenzen ein strukturiertes und vernetztes Krisenmanagement notwendig ist. Hierbei ist die Kooperation zwischen staatlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren von besonderer Bedeutung, und die Steuerung von Kommunikations- und Informationsflüssen an den Schnittstellen verschiedenster Akteure stellt eine große Herausforderung dar.

### Ziele / Arbeitsschritte

Daher wurde im Rahmen des Projektes ein Handbuch zur Entscheidungsunterstützung für das operative und strategische Krisenmanagement bei Stromausfällen für das Land Baden-Württemberg erstellt. Dieses kann sowohl bei Energieversorgungsunternehmen und Katastrophenschutzbehörden als auch bei den vom Stromausfall betroffenen Unternehmen und Einrichtungen zur Entscheidungsunterstützung im Krisenmanagement zum Einsatz kommen. Das erstellte Handbuch enthält Hintergrundinformationen zur Elektrizitätsversorgung, rechtlichen Rahmenbedingungen und Krisenmanagement sowie eine detaillierte Analyse potentieller Stromausfallauswirkungen. Außerdem werden im zweiten Teil des Handbuchs Entscheidungshilfen in Form von Checklisten zur Planung und Durchführung des Krisenmanagements zur Verfügung gestellt.

Die Analyse der potenziellen Stromausfallauswirkungen in den untersuchten Schwerpunktsektoren (Gesundheitswesen, Ver- und Entsorgung, Industrie und Informations- und Kommunikationstechnologie) erfolgte sowohl auf Basis der dokumentierten Übungsergebnisse der Länderübergreifenden Krisenmanagement Übung (LÜKEX) 2004 als auch auf Basis der Ergebnisse von moderierten Work-

shops und Expertengesprächen.

Ausgehend von den in diesen Workshops und Expertengesprächen identifizierten Auswirkungen konnten für die verschiedenen Bereiche geeignete Maßnahmen für das Krisenmanagement bei Stromausfall abgeleitet werden. Da im Rahmen eines strukturierten und bereichs- und ebenenübergreifenden Krisenmanagements sowohl vorbeugende (präventive) Maßnahmen als auch Maßnahmen zur direkten Krisenbewältigung und zur Nachsorge geplant und durchgeführt werden müssen, wurden Planungshilfen (Checklisten) für die 3 Phasen „Prävention“, „Krisenbewältigung“ und „Nachbereitung“ erstellt. Die 56 entwickelten Planungshilfen enthalten sowohl Checklisten zu allgemeinen Maßnahmen, die in allen Institutionen und Organisationen eingesetzt werden können, als auch nutzerspezifische Checklisten, die Handlungsmaßnahmen für einzelne Spezialbereiche beschreiben. Eine Übersicht über die verschiedenen Maßnahmenbereiche, die für die 3 Phasen des Krisenmanagements in den Checklisten beschrieben werden, ist in Abbildung 2 dargestellt.

Das „Krisenhandbuch Stromausfall“ wurde bereits im September 2009 fertig gestellt. Im Jahr 2010 wurde das Handbuch vom Innenministerium Baden-Württemberg und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe in gebundener Form in einer Auflage von 5000 Stück herausgegeben und an verschiedene Nutzergruppen auf Landes- und Bundesebene verteilt.

Zur Verbreitung des Handbuches in Baden-Württemberg fand am 14. Juli 2010 eine Informationsveranstaltung des Innenministeriums Baden-Württemberg statt, bei der das Handbuch Vertretern verschiedener Nutzergruppen



Abb. 2: In den Checklisten beschriebene Maßnahmenbereiche.

vorgestellt wurde. Des Weiteren wurde das Handbuch über den Arbeitskreis V der Ständigen Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder an die anderen Bundesländer verteilt. Zudem wurden die bei der Erstellung des Handbuches gewonnenen Erkenntnisse auf einem Workshop des „Büros für Technikfolgenabschätzung am Deutschen Bundestag“ (TAB) und beim „Zukunftsforum Öffentliche Sicherheit“ in Berlin präsentiert.

Derzeit wird das Krisenhandbuch von der cedim AG im Rahmen eines Pilotprojekts in der Gemeinde Malsch durch die Entwicklung einer stromausfallspezifischen Notfallplanung umgesetzt. Die Arbeiten hierzu finden in enger Abstimmung und Kooperation mit CEDIM statt.

### Projektstatus

Das Projekt wurde mit der Präsentation und Verteilung des Handbuches erfolgreich abgeschlossen.

### Publikationen

Hiete, M., Merz, M., Trinks, Ch., Grambs, W., Thiede, T (2010): Krisenhandbuch Stromausfall Baden-Württemberg - Krisenmanagement bei

einer großflächigen Unterbrechung der Stromversorgung am Beispiel Baden-Württemberg, Innenministerium Baden-Württemberg (Hrsg.).

Hiete, M., Merz, M., Schultmann, F. (2010): Scenario-based impact assessment of a power blackout on healthcare facilities in Germany. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, (eingereicht).

Merz, M., Hiete, M., Rostal, D., Bertsch, V. (2009): Multi Criteria Decision Support for Business Continuity Planning in the Event of Critical Infrastructure Disruptions, International Journal of Critical Infrastructures, 5 (1/2), 156-174, 2009.

### Bearbeitung

Michael Hiete  
Mirjam Merz  
Christian Trinks

*Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion, KIT*

## Security2people

### Sicherheitsforschungsprogramm der Bundesregierung

#### Projektlaufzeit:

Juni 2009 – Mai 2012

#### Projektpartner:

Institut für Kern- und Energietechnik, KIT,  
Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, KIT, Campus Süd  
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe BBK, 53127 Bonn  
CAE Elektronik GmbH, 52220 Stolberg  
PRO DV Software AG, 44227 Dortmund  
Dialogik, 70176 Stuttgart

#### Ausgangslage / Einführung

Das Projekt SECURITY2People (Secure IT-Based Disaster Management System to Protect and Rescue People) ist Teil des Sicherheitsforschungsprogramms der Bundesregierung.

Sein Ziel ist es, die Anforderungen und Strukturen eines integrierten Katastrophenmanagementsystems zu erforschen. Dieses System soll für jede Art von Notfall sowie auf allen Ebenen des Katastrophenmanagements, angefangen von den örtlichen Einsatzstäben bis hin zu den Bundesbehörden, einsetzbar sein. Zusätzlich sind Betreiber und Organisationen von kritischen Infrastrukturen, die mit Sicherheitsaspekten zu tun haben, ebenfalls potentielle Anwender dieses Systems. Die folgenden Funktionalitäten sind vorgesehen:

- rollenbasierte Informationsverarbeitung und Bereitstellung,
- Entscheidungshilfe auf allen Ebenen,
- Verschiedene Arten von Simulationsmodellen,
- Anwendbarkeit für Training, Übungen, Planungen und den Ernstfall.

Ein wichtiges Merkmal eines solchen Systems ist der angepasste Informationsaustausch zwischen verschiedenen Betroffenen sowie die Kommunikation mit der Bevölkerung. Aus diesem Grund müssen auch soziale und psychologische Aspekte der Krisenkommunikation untersucht werden. Krisenkommunikation ist am effektivsten, wenn systematisch vorgegangen wird. Das System soll den Nutzer bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt unterstützen, um damit auch die Lage und Interessen der Betroffenen mit zu berücksichtigen. Dieser Informationsaustausch soll während des Ereignisses andauern.

Letztendlich sollte das System auch so gestaltet sein, dass bereits existierende Software-Werkzeuge in SECURITY2People integriert werden können.

Da ein solches System nur mit aktiver Unterstützung von potentiellen Endnutzern praxisnah entwickelt werden kann, wurden zehn Repräsentanten von Polizei, Feuerwehr, Rettungsdiensten, Betreiber von kritischen Infrastrukturen und öffentlicher Verwaltung aus Nordrhein-Westfalen (NRW) Partner in SECURITY2People. Als Testgebiet für das Projekt diente dabei der Großraum Köln.

## Ziele / Arbeitsschritte

Ziel des Projekts ist es, die Bedürfnisse der verschiedenen Endnutzer herauszufinden, indem exemplarisch die gegenwärtige Situation des Krisenmanagements in NRW analysiert wird. Um die Interaktion mit den Endnutzern zu unterstützen, wurden 2009 und 2010 entsprechende Experteninterviews und zwei Workshops durchgeführt. Die Interviews drehten sich um die Rolle und Bedürfnisse der jeweiligen potentiellen Benutzer während eines Notfalls. Die Workshops zielten darauf ab, die Interaktion der verschiedenen Verantwortlichen in einer laufenden Krisensituation zu erforschen. Zur Unterstützung der Interviews wurden Fragebogen vorbereitet, die auf die Rolle eines jeden Endnutzers zugeschnitten war. Für den ersten Workshop wurde ein Szenario bereitgestellt, das ein Großschadensereignis im Raum Köln behandelt, das auch ganz NRW betrifft.

Die verschiedenen Rollen der Endbenutzer bei einer solchen Krise wurden im Workshop mit Hilfe des Roadmap-Verfahrens analysiert. Weitere wichtige Aspekte, die im endgültigen Entwurf beachtet werden müssen, ist die Mensch-Maschine Schnittstelle für die Benutzerinteraktion und die rollenbasierte Informationsbereitstellung.

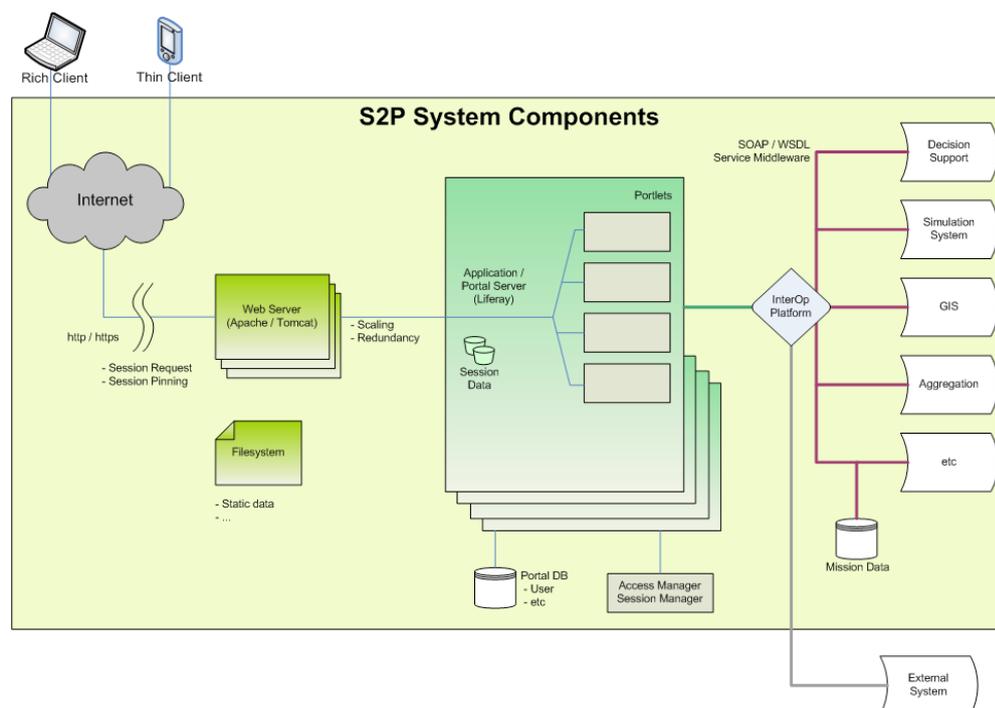


Abb. 1: Systementwurf.

Mit den Ergebnissen der Interviews und des ersten Workshops wurde ein erster Systementwurf entwickelt. Für den zweiten Workshop wurde dann den Endnutzern erste Simulationskomponenten vorgestellt. Das Systemdesign basiert auf dem Prinzip der Service orientierten Architektur (SOA). Webbasierte Systemkomponenten und sogenannte Portlets bilden die zentralen Komponenten von S2P. Weiterhin sind PostgreSQL als Datenbank, PostGIS als geographische Informationserweiterung und ein zentraler Kartenserver Teil der Architektur (siehe Abb. 1).

Es konnte eindeutig herausgearbeitet werden, dass die Kommunikation zwischen der unteren (taktischen) Einsatzebene und der höheren (strategischen) Verwaltungsebene ein besonders wichtiger Aspekt eines integrierten Krisenmanagementsystems ist. Entscheidungen auf der strategischen Ebene müssen alle Aspekte der Gesamtlage in Betracht ziehen. Strategische Entscheidungen benötigen einerseits eher begrenzte und keineswegs detaillierte Informationen über die Anwendbarkeit der geplanten Gegenmaßnahmen, andererseits aber ist die Information über die notwendigen und die verfügbaren Ressourcen von sehr großer Wichtigkeit. Daher beschloss das Konsortium, einen skalierbaren Indikatoransatz zur logistischen Unterstützung des Ressourcenverbrauchs auf der strategischen Ebene zu verwenden. Durch die Prozessorientiertheit des Indikatoransatzes kann die Unterstützung des Ressourcenmanagements auch auf der operativ-taktischen Einsatzebene erfolgen. Daraus folgt, dass der Ansatz für das Ressourcenmanagement auch dazu verwendet werden kann, die ausgewählten Gegenmaßnahmen auf der operativ-taktischen Ebene zu validieren. Zusätzlich berücksichtigt das Konzept des Krisenmanagementsystems eine vollständige Lagedarstellung, Wissensdatenbanken und Methoden, die eine einfache Auswahl von Gegenmaßnahmen unterstützen.

### **Status**

Das Projekt begann im Juni 2009 und wird drei Jahre andauern. Die Arbeit konzentrierte sich bisher auf die Analyse des Ist-Zustands im Notfallmanagement und den operationellen und technischen Bedürfnissen eines solchen

neu zu entwickelnden integrierten Systems. In der nun startenden zweiten Phase werden die Ergebnisse der Analyse in ein Konzept umgesetzt, und ein erster Demonstrator soll die Basis für weitere Anregungen der Endnutzer bilden. Innerhalb der dreijährigen Laufzeit des Projekts wird dieser Zyklus von Analyse, Realisierung und Rückkopplung insgesamt drei Mal durchlaufen. Hiermit wird sichergestellt, dass, wenn immer ein Konzept realisiert ist, sofortiges Feedback der Endnutzer in die weitere Verbesserung des Systems eingearbeitet wird. Die beiden seitens CEDIM beteiligten Institute konzentrieren sich dabei auf Simulationen und Entscheidungsunterstützung auf der strategischen und operativ-taktischen Ebene.

### **Zukünftige Arbeiten**

Durch die Anwendung von Experteninterviews und die beiden Workshops konnte das Konsortium die Erfordernisse und Belange der Endnutzer klar erkennen. Hierauf basierend wurden das Konzept des Systems und die verschiedenen Simulationskomponenten entwickelt. Dieses Konzept wird während des nächsten Workshops im Oktober 2010 evaluiert werden. Bis zum Ende des Projekts Mitte 2012 wird der Demonstrator mit Hilfe des vorgestellten Iterationsprozesses schrittweise verbessert.

### **Danksagung**

Das Projekt SECURITY2People wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Teil des Forschungsprojekts Sicherheitsforschung, High-Tech Strategie, unterstützt.

### **Bearbeitung:**

Wolfgang Raskob  
Tim Müller  
Claudia Landmann  
Gerhard Benz  
*Institut für Kern- und Energietechnik, KIT*

Uwe Rickers  
David Braun  
Stefan Möllmann  
Hagen Engelmann  
*Technologie und Management im Baubetrieb, KIT*

## EWS Transport

### Ausgangslage / Einführung

EWS Transport ([www.ews-transport.de](http://www.ews-transport.de)) ist ein Projekt das im Rahmen des Programms „Geotechnologien“ ([www.geotechnologien.de](http://www.geotechnologien.de)) des BMBFs gefördert wird. Projektpartner sind die Abteilung Eisenbahnwesen des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen des KIT, das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) in Karlsruhe und das Geophysikalische Institut des KIT. Das Projekt begann 2007 und wurde 2010 abgeschlossen.

### Ziele / Arbeitsschritte

Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung und in Teilen auch der Probebetrieb eines Erdbebenfrühwarnsystems für Verkehrsinfrastrukturen, mit Schwerpunkt auf dem Schienennetz. Zur Erreichung dieser Ziele beinhalten die Hauptkomponenten des Projekts Echtzeit-Seismologie, Risikoabschätzung und Risikoreduzierung für Infrastruktursysteme als auch ein Kommunikationssystem.

### Projektstatus

Der entwickelte Demonstrator ist ständig verfügbar und unter folgender URL erreichbar:

<http://ews-transport.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/394/>

### Ausblick

Das Projekt wurde weithin sichtbar, nachdem es Teil der Initiative „Deutschland, Land der Ideen“ wurde. Die entwickelten Verfahren und Partnerschaften werden momentan dazu verwendet, die Arbeit auf erdbebenanfällige Gebiete auszudehnen.

Das erste Ziel ist die Türkei, da das Kandilli Observatorium und Forschungsinstitut für Erdbeben (KOERI) während des Projekts mitgearbeitet hat und die Kooperation mit der Türkischen Staatsbahn in die Wege geleitet hat. Anträge sind in Vorbereitung und die hierfür notwendigen Treffen sind angesetzt.

Das zweite Ziel ist das staatliche indische Schienenverkehrssystem, wo zurzeit noch keine Hochgeschwindigkeitszüge betrieben werden. Allerdings wurden 2010 erstmals finanzielle Mittel zur Entwicklung eines Schienensystems für Hochgeschwindigkeitszüge in Indien vergeben. Mit IIT Roorkee und CSIO Chandigarh als Partner ist die Entwicklung solcher geeigneter Systeme für Indien und für den Schutz vor Erdbeben im Himalaya geplant.

### Publikationen

Hilbring, D., Titzschkau, T., Buchmann, A., Bonn, G., Wenzel, F., Hohnecker, E. (2010): Earthquake early warning for transport lines, Nat. Hazards, DOI 10.1007/s11069-010-9609-3 (online first).

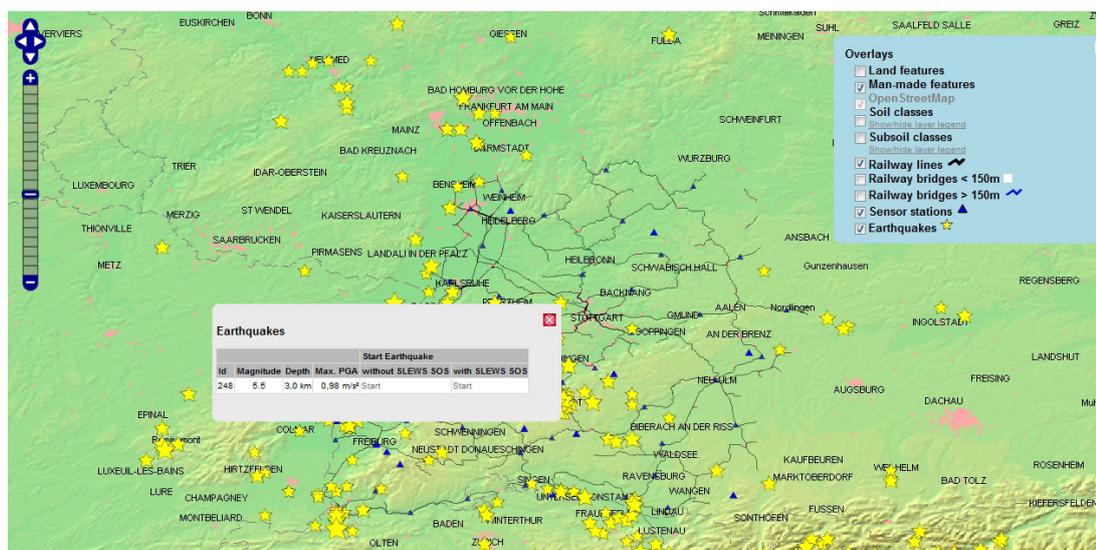


Abb. 1: Demonstrator.

## Projekt EDIM

### Erdbebeninformationssystem für die Marmararegion in der Türkei

Das Projekt EDIM wurde im BMBF-Programm „Geotechnologien“ finanziert. Es begann 2007 und wurde 2010 abgeschlossen. EDIM hatte zum Ziel, das Erdbebenfrühwarnsystem Istanbuls mit einer Anzahl wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen aufzuwerten, die eine Auswahl an Werkzeugen für die Erdbebenfrühwarnung mit breiter Anwendbarkeit bereit stellen sollen. Die Neuerungen konzentrierten sich auf drei Bereiche:

1. Analyse und Möglichkeit zur Verbesserung des aktuellen Systems;
2. Entwicklung eines neuartigen Typs von selbstorganisierten Sensorsystemen und dessen Anwendung in der Frühwarnung;
3. Entwicklung einer geoinformatischen Infrastruktur und eines Geoinformationssystem mit Hinblick auf Frühwarnung.

Dieser anfängliche Prozess innerhalb des Istanbuler Systems, der vom Kandilli Observatorium und Forschungsinstitut für Erdbeben (KOERI) initiiert wurde und weitergeführt wird, ermöglicht es, neuartige Methoden und Tech-

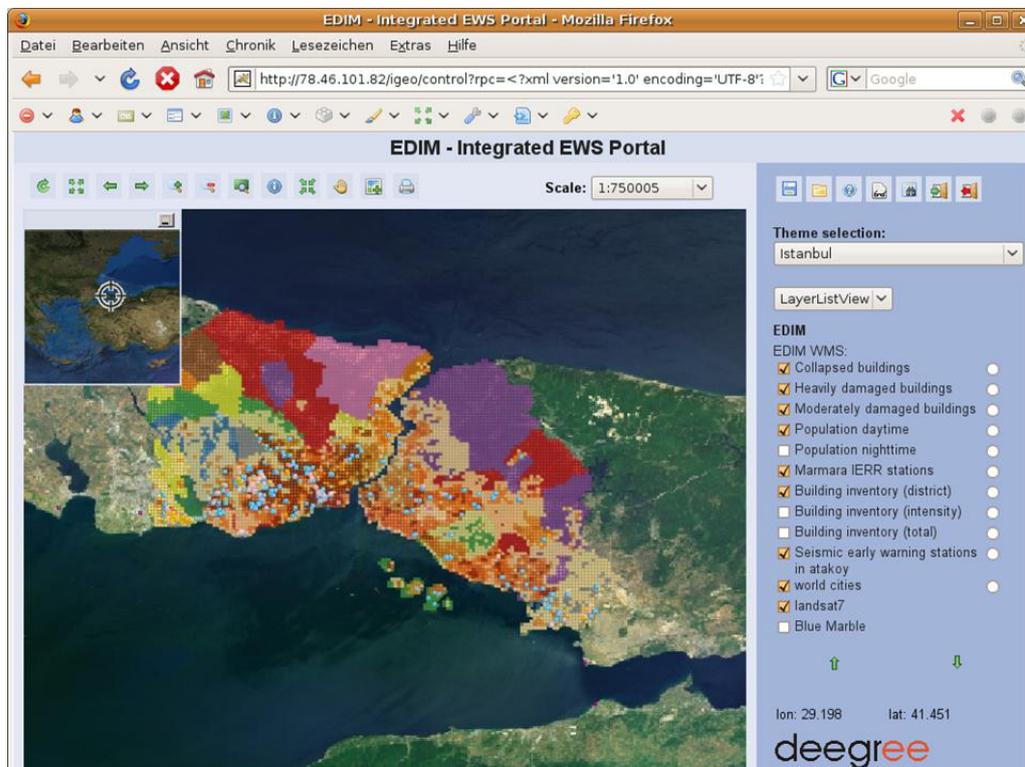
niken in einer operationellen Systemumgebung zu testen.

#### Partner

Geophysikalisches Institut (KIT) (Professor F. Wenzel, Dr. N. Köhler)  
 GeoForschungsZentrum Potsdam (Professor J. Zschau, Dr. C. Milkereit, M. Picozzi)  
 Humboldt University Berlin (Professor J. Fischer, F. Kühnlenz, B. Lichtblau, I. Eveslage)  
 DELPHI IMM GmbH Potsdam (I. Christ, R. Lessing) lat/ion GmbH, Bonn (C. Kiehle)  
 Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI)  
 Bogazici University Istanbul (Professor M. Erdik).

#### Ausblick

Obwohl für das Projekt keine Weiterführung der Finanzierung seitens des BMBFs vorgesehen ist, wurden schon Bemühungen unternommen, die Ergebnisse in anderen Bereichen



**Abb. 1:** Geoinformation web-portal zur Frühwarnung, das Zugang zu Informationen über Gefährdung, Vulnerabilität und Risiko in der Region Istanbuls ermöglicht.

## Testing SOSEWIN: Ataköy district, Istanbul



Since July 2008 a first test-bed of the SOSEWIN system (20 stations) is operative in the Ataköy district of Istanbul

Aim of the experiment is to test:

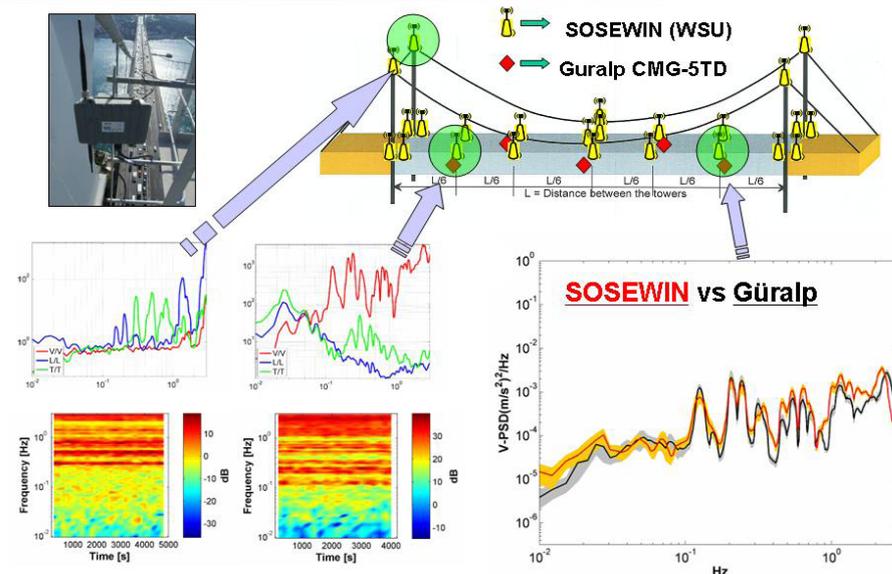
- the hardware performance in time
- communication performance in a real hostile environment
- the seismological analysis
- the alarming protocol



GEOTECHNOLOGIEN Status Seminar Munich – 12/13 October 2009  
EDIM – Earthquake Disaster Information System for the Marmara Region

Abb. 2: SOSEWIN Installation Ataköy.

## An ambient vibration test on the Fatih Sultan Mehmet Suspension Bridge in Istanbul, Turkey



GEOTECHNOLOGIEN Status Seminar Munich – 12/13 October 2009  
EDIM – Earthquake Disaster Information System for the Marmara Region

Abb. 3: Installation des Sensorsystems, Fatih Sultan Mehmet Brücke Istanbul.

anzuwenden, beispielsweise für die Bedienbarkeit von Raffinerien (Zusammenarbeit mit Saudi Aramco).

### Bearbeitung

Nina Köhler, Friedemann Wenzel  
Geophysikalisches Institut, KIT

Claus Milkereit, Matteo Picozzi, Jochen Zschau  
Sektion 2.1. - Erdbeben und Frühwarnung, GFZ

## II. Strategische Partnerschaften

### Die cedim AG

Der Transfer von Ergebnissen aus CEDIM in die Praxis und die wirtschaftliche Verwertung der Forschungsinhalte ist ein wesentlicher Bestandteil des Konzepts des Forschungsverbundes. Die cedim AG bietet seit Ihrer Ausgründung aus CEDIM im Jahr 2005 Beratung und Dienstleistungen zum Risikomanagement für öffentliche wie auch private Auftraggeber an. Sie hat die Aufgabe aus CEDIM heraus Ergebnisse, Ideen, Entwicklungen oder Know-How zu identifizieren, aus denen Produkte, Beratungsprojekte oder auch Schulungsinhalte für den freien Markt geschaffen und vertrieben werden können. Die Vermarktung geschieht zum beiderseitigen Nutzen und darf die wissenschaftliche Betätigung nicht beeinträchtigen. Die cedim AG stellt für CEDIM die direkte Verbindung zum Anwender von Risikomanagementtechnologien dar und liefert der Forschung wichtige Kenntnisse über die Bedürfnisse in der Praxis.

#### Forschung mit CEDIM

In Zusammenarbeit mit dem Geophysikalischen Institut am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) führt die cedim AG das Forschungsprojekt „Entwicklung von Befestigungssystemen und -elementen zur Verwendung von Erdbebenapeten auch an tragenden Wänden“ durch, welches durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wird.

#### Geschäftsentwicklung mit CEDIM

Der dauerhafte Austausch zwischen CEDIM und der cedim AG wurde im vergangenen Jahr im Rahmen zweier Informationsveranstaltungen in Karlsruhe und Potsdam, des jährlichen CEDIM-Workshops, des Workshops des Willis-Research-Networks, aber auch in zahlreichen konstruktiven Einzelgesprächen erfolgreich fortgeführt und intensiviert. Aus diesem stetigen Dialog haben sich einige Möglichkeiten der Zusammenarbeit für die cedim AG und CEDIM Institute ergeben.

Mit dem Geophysikalischen Institut am KIT, der in München ansässigen GAF AG und dem Global Risk Forum Davos strebt die cedim AG

eine Kooperation im Rahmen eines von der Weltbank geförderten Projektes zur Risikomodellierung von Erdbeben und Überflutungen für die Versicherungsbranche in Südosteuropa an.

Zudem steht die cedim AG mit den Entwicklern eines branchenspezifischen Krisenmanagementsystems für Reiseveranstalter in Kontakt, von deren Seite großes Interesse an der Integration von Klimadaten und Wetterwarnungen aus CEDIM zur Einschätzung von Risikosituationen und für Vorwarnungen an Reisezielen besteht.

Zwei weitere Projektanträge im Bereich Erdbebenfrühwarnung befinden sich mit CEDIM Wissenschaftlern in Vorbereitung: zum einen für die Validierung des Erdbebenfrühwarnsystems aus dem BMBF Geotechnologienprojekt EWS Transport in Kooperation mit dem Geophysikalischen Institut am KIT, dem Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen am KIT und dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung; zum anderen für die Teilnahme am EU-Forschungsprojekt REAKT, welches unter der Federführung des GeoForschungsZentrum Potsdam beantragt wird.

#### Aktuelle Geschäftsfelder

*Kommunales Risikomanagement:* Wie bereits im Vorjahr war das kommunale Risikomanagement eines der großen Betätigungsfelder der cedim AG. Das Pilotprojekt in der Gemeinde Malsch zur Einführung der Software ORTIS und der Etablierung eines Risikomanagements wurde zu Beginn des Jahres erfolgreich abgeschlossen. In der Gemeinde wurden im Rahmen des Projektes das Risikobewusstsein wesentlich verbessert und große Fortschritte in der Notfallplanung gemacht, so dass Malsch heute als Vorzeigekommune für das kommunale Risikomanagement gelten darf. Neben der allgemeinen Beratung in der kommunalen Notfallplanung und der Bereitstellung von Softwarelösungen stellt die Umsetzung des Krisenhandbuchs Stromausfall eine neue wichtige Aufgabe im kommunalen Bereich dar. Das von CEDIM beauftragte Handbuch wurde Mitte des Jahres 2010 herausgegeben. Die cedim AG bietet den Kommunen Unterstützung bei der Umsetzung des Handbuchs, besonders im Be-

reich der Prävention, an. Im Gespräch mit den Kommunen wurde deutlich, dass die Umsetzung des Handbuchs besonders für kleine Gemeinden alleine fast nicht zu leisten ist, da trotz der praxisnahen Ausführung die Einarbeitung und Umsetzung zeitaufwendig ist. Die cedim AG hilft Kommunen, schnell die wesentlichen Aufgaben zu fokussieren und die Umsetzung systematisch anzugehen.

Des Weiteren wurde gemeinsam mit dem Freiburger Beratungsbüro Ernst & Co. eine Bewerbung für die Erstellung eines Hochwasserrisikomanagementplans für das Gewässersystem der Kinzig beim Regierungspräsidiums Darmstadt eingereicht.

*Risikomanagement im Mittelstand:* Aber nicht nur im kommunalen Bereich, auch beim Mittelstand ist Bedarf an Unterstützung im Risikoma-

nagement und in der Notfallplanung gegeben. Dies wurde deutlich im Rahmen des Sicherheitskongresses „Wirtschaftsspionage im Mittelstand“ im Juni 2010 in Freiburg, bei dem die cedim AG über allgemeine Unternehmensrisiken informierte und den direkten Austausch mit Unternehmern aus der Region betrieb. Gemeinsam mit der IHK Karlsruhe plant die cedim AG eine weitere Veranstaltung für kleine und mittelständische Unternehmen im Februar 2011 in Karlsruhe, um für das betriebliche Risikomanagement und die Notfallplanung weiter zu sensibilisieren und Projekte in diesem Bereich zu akquirieren.



## Zusammenarbeit mit der Versicherungsindustrie

### Willis Research Network

Die Kooperation mit Willis Research Network WRN, hat sich im Jahr 2010 weiter verstetigt: CEDIM ist erstes deutsches Mitglied von WRN geworden. Das WRN ([www.willisresearch-network.com](http://www.willisresearch-network.com)) ist eine Partnerschaft zwischen Willis – dem weltgrößten Versicherungsmakler – und der akademischen Welt. Es wurde

2006 gegründet und besteht heute aus ca. 30 Forschungseinrichtungen u.a. aus den USA, Großbritannien, Japan und Italien.

Durch die Zusammenarbeit mit WRN wird zudem die systematische Interaktion von CEDIM mit der Versicherungswirtschaft sowohl auf nationaler als auch auf globaler Ebene weiter ausgebaut. Mit der Mitgliedschaft von CEDIM



Die rund 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars.

in WRN ist die Förderung einer vollen Forschungsposition ab 2011 im Bereich Hagelrisiko verbunden.

CEDIM und WRN veranstalteten am 21./22. Juni 2010 ein Seminar zum Thema „Naturgefahren und Klimawandel - Integration wissenschaftlicher Forschungserkenntnisse in die Risikoabschätzung und das Rückversicherungs-Management“ in Potsdam. Zu der Veranstaltung, bei der in CEDIM behandelte Themen mit Relevanz für die Versicherungsindustrie behandelt wurden, kamen etwa 80 Teilnehmer aus Wissenschaft und verschiedenen Versicherungs- und Rückversicherungsunternehmen aus den D-A-CH-Staaten.

Für den Spätwinter 2011 ist ein Lehr-Workshop mit einem Experten von WRN vorgesehen. Der Workshop hat anhand der Vermittlung von wichtigen Grundprinzipien und Funktionsweisen der Versicherungswirtschaft zum Ziel, ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln, wie Forschungsarbeiten in CEDIM einen Beitrag dazu liefern können, Antworten auf aktuelle Fragen der Versicherungsindustrie zu entwickeln. Langfristiges Ziel auch dieser Aktivität ist es, die Vernetzung und Interaktion von CEDIM mit der Versicherungswirtschaft zu intensivieren.

### **Weitere Zusammenarbeit**

Darüber hinaus hat sich vor allem im Bereich Hagel- und Erdbebenrisiko im Jahr 2010 die Interaktion und Kooperation mit der Versicherungswirtschaft verstärkt. Hier sind nach einem ersten Treffen im Jahr 2009 insbesondere die Entwicklung gemeinsamer Projekte mit der SV-Versicherung zu nennen, ebenso die Kooperation mit der Vereinigten Hagelversicherung.

### **Zusammenarbeit mit der Stiftung Umwelt und Schadenvorsorge**

Bereits seit mehreren Jahren kooperiert CEDIM mit der Universität Stuttgart im Rahmen der Ausbildung und Förderung von Doktoranden im Kolleg „Umwelt und Schadenvorsorge“ der Stiftung Umwelt und Schadenvorsorge der SV Sparkassenversicherung. Derzeit wird in diesem Kolleg eine Doktorandin aus CEDIM gefördert, die sich in ihren Forschungsarbeiten mit der Veränderung der Hagelwahrscheinlichkeit im Zuge des Klimawandels beschäftigt.

CEDIM beteiligt sich zudem an der Vorbereitung und Durchführung des Symposiums „Hagel - Blitz -Tornado: Millionenschäden in Minuten“ (Arbeitstitel), das die Stiftung Umwelt und Schadenvorsorge am 30./31. März 2011 im Rahmen der Seminarreihe „Naturgefahren: neue Wege der Prävention und des Risikomanagements“ veranstalten wird.

## **Fraunhofer IOSB**

Innerhalb des Projekts EWS Transport wurde eine Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), ([www.iosb.fraunhofer.de/](http://www.iosb.fraunhofer.de/), ehemals Fraunhofer IITB) aufgebaut. Das Jahr 2010 wurde dazu verwendet, die Kooperation auf einen gemeinsamen Forschungsschwerpunkt hin auszulegen. Wir begannen mit einem Meeting am 18. Januar 2010 mit Vertretern des IOSB (Professor J. Beyerer, Dr. G. Bonn, Dr. Th. Usländer) und Kollegen von CEDIM (Professor D. Dransch, Professor St. Hinz, Professor K. Nitusch, Professor F. Schultmann, Professor F. Wenzel, Dr. W. Tromm, Dr. U. Rickers, W. Raskob).

Als gemeinsame Agenda bestimmten wir Informationssysteme für kritische Infrastrukturen, die auf verschiedenen Ebenen als Entscheidungsunterstützungssysteme fungieren könnten, angefangen bei der operationellen über die taktische bis hin zur strategischen Ebene. Auf Grundlage der Entwicklungen des Fraunhofer IOSBs und den Gedanken, die im Rahmen des CEDIM Projekts „SIMKRIT“ erarbeitet wurden, konnte mit der Entwicklung eines anfänglichen Konzepts für die weitere Arbeit unter dem Begriff KRITIS begonnen werden

## Helmholtz Task Force Großschadensereignisse

Angesichts des Ausbruchs des Vulkan Eyjafjallajökull auf Island im April 2010 und dessen weitreichende Folgen ergriff CEDIM die Initiative, eine Helmholtz Task Force für Extremereignisse bzw. Großschadensereignisse aufzubauen und zu etablieren. Ziel der Task Force ist es, im Katastrophen- bzw. Großschadensfall schnell die Information zu wissenschaftlichen Kapazitäten und Beiträgen zur Katastrophen- und Schadensminderung einzelner Helmholtz Zentren zentral für die Helmholtz-Gemeinschaft zusammenzuführen, sodass über alle Aspekte des Katastrophenverlaufs zeitnah re-

levante wissenschaftliche Informationen zur Verfügung stehen.

CEDIM, d.h. KIT und GFZ bilden gemeinsam mit dem DLR den Kern der Task Force, die zunächst zwischen den genannten drei Helmholtz-Zentren aufgebaut werden soll und die nach der Anlaufphase auf alle EOS-Helmholtz-Institute ausgedehnt werden soll. Das Konzept für die Task Force ist unter der Federführung von CEDIM entwickelt worden. Die Aufbauarbeit hat im Dezember 2010 begonnen.

## SFB / TR Extreme Events

### Konzept für einen Sonderforschungsbereich / Transregio

In einem ersten Versuch scheiterte das im November 2009 eingereichte Konzeptpapier für ein von der DFG finanziertes strategisches Forschungsprogramm, das an CEDIM beteiligte Instituten gemeinsam mit der Universität Potsdam eingereicht hatten. Grund für das Scheitern war die mangelnde Kohärenz zwischen wissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Projekten.

In den folgenden Monaten wurde die Herangehensweise an Extremereignisse überarbeitet und auf die folgende Forschungsfrage konzentriert: Wie und inwieweit können Unsicherheiten hinsichtlich künftiger extremer Naturereignisse reduziert und quantifiziert werden? Wie und zu welchem Grad sind angesichts hoher epistemischer Unsicherheiten, wie zum Beispiel dem Mangel an Wissen, Minderungsmaßnahmen möglich und aus ethischer, rechtlicher, ökonomischer, organisatorischer und politischer Sicht in der Gesellschaft vertretbar?

Hierzu haben wir einen neuen Standard für die Forschungsarbeit im Bereich von Extremereignissen entwickelt: Die großen Unsicherheiten im Auftreten und bei den Auswirkungen von Extremereignissen führen zu einer großen

Bandbreite von Szenarien, die nicht einfach mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen verknüpft werden können. Die Entscheidungsprozesse von Einzelpersonen, Gruppen, Organisationen und in der Gesellschaft, wie zum Beispiel in der Politik, im Rechtswesen, etc., richten sich nicht nach einem wissenschaftlichen Optimierungsansatz mit vielen verschiedenen Zielen, sondern werden von anderen Faktoren bestimmt. Der Frage nach der Minderung von Extremereignissen wird mit „Stresstests“ nachgegangen, d.h. das gesellschaftliche System wird verschiedenen Auswirkungsszenarien ausgesetzt. Die Entwicklung dieser „Stresstests“-Methodik erfordert (a) Forschung in der Vorhersage von Extremereignissen in der Natur und deren physikalischen und sozioökonomischen Auswirkungen; (b) Forschung und Entwicklung bei der sozialen Kennzahl um mit Extremereignissen und Unsicherheiten umgehen zu können; (c) die Zusammenlegung beider Forschungsstränge und die Durchführung szenario-basierter „Stresstests“.

Wir haben die Partnerschaft auf Institutionen der ETH Zürich als dritte Säule im SFB/TRR ausgeweitet. Die Einreichung des Konzeptpapiers bei der DFG wird momentan vorbereitet.

## MATRIX

Im Rahmen des FP 7 Projektes „MATRIX New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment Methods for Europe“ entwickelt ein internationales Konsortium bestehend aus zwölf Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Katastrophenmanagementfirmen Methoden und Werkzeuge zur systemischen Erfassung von verschiedenen Naturgefahren und dem daraus abzuleitenden Risiko. Es werden sowohl unterschiedliche Naturgefahren als Einzelphänomene als auch induzierte Naturgefahren

wie beispielsweise meteorologisch-induzierte Hangrutschungen und die Veränderungen der Vulnerabilität in Abhängigkeit von multiplen Naturgefahren berücksichtigt. CEDIM ist verantwortlich für Arbeitspaket 8 „Dissemination / end users“ und wird während der 3-jährigen Projektlaufzeit in Kooperation mit den Partnern von GFZ, AMRA und DKKV innovative Methoden und Strukturen zur Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich Katastrophenmanagement entwickeln.

## Naturkatastrophen – Management Programm

### Online-Kurs Risikoanalyse des World Bank Institute

Im Juni 2009 erhielt CEDIM vom World Bank Institute WBI den Auftrag, im Rahmen seines Disaster Risk Management Programs ein fünfwöchiges, modulares Kursprogramm zum Thema Risikoanalyse am Beispiel von Erdbeben und Überschwemmungen zu entwickeln. Der e-learning Kurs und das Risikoanalyse-Handbuch für die Kursbegleiter wurden im Mai 2010 fertig gestellt. Das Lernmaterial wurde in einer Schulung für Ausbilder und bei einem Workshop mit 43 Teilnehmern (25 aus Indien, 19 internationale Teilnehmer) in Delhi, Indien, getestet.

#### Ziele / Arbeitsschritte

Ziel des Disaster Risk Management Program (DRMP) des WBI ist es, auf dem aktuellsten Stand des Wissens basierende Kurse in Katastrophenmanagement für Beamte, Entscheidungsträger und andere, im Bereich Katastrophenvorsorge tätige, Personen zu entwickeln. Der neueste Kurs dieses Programms, das einen Teil des Fernstudienprogramms des WBI bildet, ist der Kurs in Risikoanalyse. Mit diesem Kurs soll Praktikern und Entscheidungsträgern ein umfassendes Verständnis von Verfahren und Methoden zur Risikoabschätzung vermittelt werden, und damit Entscheidungsprozesse im Risiko- und Katastrophenmanagement verbessert werden. Der Kurs umfasst Präsentationen (Microsoft PowerPoint Format mit begleitendem Skript in Schrift- und Audioform), Fallstudien, Lektüreeinheiten, Wissenstests, Übungen, Diskussionsforen und ein umfassendes Glossar. Der Kurs wird mit einer Prü-

fung abgeschlossen, in der das in den 3 Modulen erlernte Wissen zusammengeführt und in einer Multi-Risikoanalyse für eine fiktive Stadt angewendet wird.

#### Kursbeschreibung

Das Lernmaterial und die Begleitaktivitäten sind im E-learning System des WBI implementiert. Der Kurs ist in folgende drei Module strukturiert:

- *Modul 1 - Grundelemente der Risikoanalyse:* Das Modul führt in grundlegende Konzepte und in die Begriffe Gefahr, Gefährdung, Exposition, Vulnerabilität und Risiko ein. Anschließend werden die Hauptkomponenten eines risikobasierten Ansatzes, der Prozess und das Resultat von Risikoabschätzungen behandelt, u.a. Kartierung von Risiken, Szenarioanalysen und Schadensschätzungen. Zudem wird in Methoden der Multi-Risikoanalysen zum Vergleich und Ranking von Risiken eingeführt.
- *Modul 2 - Erdbeben-Risikoanalyse:* Das Modul behandelt Komponenten der Risikoanalyse von Erdbeben. Zu Beginn werden die Charakteristika des Naturereignisses Erdbeben eingeführt, dann werden deren Auswirkungen bei unterschiedlichen Untergrundbeschaffenheiten beschrieben. Anschließend werden die für die Analyse von Vulnerabilität und Exposition notwendigen Schritte vorgestellt. In der Erdbeben-Risikoanalyse werden sowohl die physika-

lischen Schäden (Gebäude, Infrastruktur) als auch die direkten und indirekten sozioökonomischen Schäden betrachtet. Das Modul wird mit einem Überblick über vorhandene Werkzeuge zur Abschätzung von Erdbebenschäden und zur Szenarioanalyse abgerundet.

- **Modul 3 - Hochwasser-Analyse:** Das Modul behandelt Hochwassergefahr, Hochwasserrisiko und Hochwassersimulationsanalyse. Es erläutert die grundlegenden hydrologischen Parameter, Arten von Hochwasser, den hydrologischen Kreislauf und die Entwicklung von Überschwemmungsgebieten. Das Modul stellt die Methoden zur Abschätzung von Hochwasserrisiken – Extremwertstatistik, hydrologische Modellierung (1 D), hydraulische Modellierung (2 D) – zusammen mit den Datenanforderungen dieser Methoden vor. Abschließend werden Werkzeuge für die Hochwassersimulation und deren Analyse vorgestellt und gezeigt, wie diese Werkzeuge eingesetzt werden können, um Hochwasser durch verbesserte Risikokommunikation, vorbeugende Maßnahmen und Evakuierung besser bewältigen zu können.

#### Ausblick

Das Ziel dieses Kurses ist es, einen Überblick über die Konzepte, notwendigen Elemente, grundlegenden Ansätze und Werkzeuge zur

Risikoanalyse auf eine Art zu vermitteln, so dass das Wissen auch für "nicht-technische" Anwenderkreise zugänglich wird. Die Kursentwickler erwarten, dass die Teilnehmer nach Abschluss des Kurses in der Lage sein werden, die fundamentalen Grundzüge der Analyse von Erdbeben- und Überschwemmungsgefahren zu verstehen und aufgrund der Praxisorientierung des Kurses eine vereinfachte Risikoanalyse durchführen zu können. Es versteht sich von selbst, dass Risikoanalysen eine komplexe Aufgabe darstellen und dass die Durchführung einer detaillierten Risikoanalyse eine langjährige akademische und berufliche Ausbildung verlangt. Dennoch ist die Kenntnis grundlegender Prozesse und Methoden der Risikoanalyse – wie in diesem Fall für Erdbeben und Hochwasser – bei allen in der Katastrophenvorsorge Tätigen ein notwendiger Schritt, um wissenschaftliche Methoden besser in die Praxis der Katastrophenvorsorge integrieren zu können.

#### Bearbeitung

Bijan Khazai  
James Daniell  
*Geophysikalisches Institut, KIT*

Heiko Apel  
*Sektion 5.4 - Hydrologie, GFZ*

## World Bank Institute Academic Fellows Program

### Nationales Institute für Katastrophenmanagement (NIDM), Dehli, Indien

Das Lernprogramm des Weltbank Institutes (WBI) zum Risikomanagement bei Katastrophen mit Unterstützung der Globalen Einrichtung zur Reduzierung von Katastrophen und der Wiederherstellung nach Katastrophen (GFDRR) arbeitet mit dem Nationalen Institut für Katastrophenmanagement (NIDM) in Indien zusammen, um die Kompetenz der indischen Institutionen und Fachkräfte im Bereich der Risikoreduzierung zu verstärken. Im Zuge der Zusammenarbeit wurden zunächst Fakultätsmitglieder von NIDM mit einem Auswahlverfahren bestimmt. Ihnen wurde die Möglichkeit gegeben, durch eine Teilnahme an einem dreimonatigen Programm für Hochschuldozenten an führenden Universitäten ihre

Fähigkeiten auszubauen. Im Rahmen dieses Programms war Dr. Amir Ali Khan, Assistenzprofessor am NIDM, vom 12. April bis zum 30. Juni 2010 zu Gast am CEDIM. Unter der Leitung von Dr. Bijan Khazai war Dr. Khan während seines Aufenthalts in Karlsruhe an Forschungs- und Ausbildungsprogrammen des CEDIM beteiligt. Vor allem hat er an der Bewertung und der Analyse von Fallstudien mitgewirkt, die sich auf die Obdachlosigkeit nach Erdbeben und die Situation bei temporären Unterkünften im Rahmen des SYNER-G Projektes beziehen. Als Vermittler innerhalb des E-learning Kurses des WBI hat Dr. Khan auch am Abschluss der Kursmodule und insbesondere am Kurshandbuch mitgearbeitet.

## Zusammenarbeit mit dem Internationalen Institut für Erdbebentechnik und Seismologie (IIEES), Teheran, Iran

---

Im Zuge eines Gemeinschaftsprojekts von CEDIM und dem Internationalen Institut für Erdbebentechnik und Seismologie (IIEES) in Teheran, besuchte Herr Hooman Motamed vom IIEES vom 1. Januar bis zum 30. Juni 2010 Karlsruhe. Unter der Leitung von Prof. Mohsen Ashtiany vom IIEES und Dr. Bijan Khazai vom KIT entwickelte Herr Motamed ein Modell für die Optimierung der Ressourcenvergabe in Erdbebenminderungsszenarien. Das Modell unterstützt Entscheidungsträger und Interessenvertreter in der Kosten/Nutzen-Abschätzung verschiedener Minderungsszenarien für Erdbebenschäden in städtischen Siedlungen. Der Optimierungsalgorithmus für das Modell ist

in Matlab umgesetzt worden und so aufgebaut, dass er die optimale Budgetverteilung für ein bestimmtes Erdbebenszenario findet. Dabei werden sowohl die vor und nach einem Erdbeben auftretenden Aufwendungen einschließlich der Kosten für Gebäudesanierung, Verstärkung kritischer Infrastrukturen, Bereitstellung von provisorischen Unterkünften, Schuttbeseitigung und Unterbringung berücksichtigt. Der Output des vorgeschlagenen Modells wird anhand einer Anwendung in einem Teheraner Bezirk präsentiert. Die Resultate dieser Analyse werden in einem Journal veröffentlicht.

## III. Publikationen 2010

### Beiträge in Fachzeitschriften und Büchern

- Berg, P., DÜthmann, D., Feldmann, H., Liebert, J., Wagner, S. (2010):** Assessing uncertainties in observations and RCM bias correction, submitted to International Journal of Climatology.
- Berg, P., Panitz, H.-J., Schädler, G., Feldmann, H., Kottmeier, Ch. (2010):** Downscaling climate simulations for use in hydrological modeling of medium-sized river catchments, Editor M. Resch et al., High performance computing on vector systems 2010, doi:10.1007/978-3-642-11851-7\_12.
- Bindi D., Mayfield M., Parolai S., Tyagunov, S., Begaliev, U. T., Abdrakhmatov, K., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010):** Towards an improved seismic risk scenario for Bishkek, Kyrgyz Republic, Soil Dyn. Earth. Eng., doi:10.1016/j.soildyn.2010.08.009.
- Dransch, D., Rotzoll, H., Poser, K. (2010):** The contribution of maps to the challenges of risk communication to the public, International Journal of Digital Earth, 3(3) 292 – 311.
- Elmer, F., Thieken, A.H., Pech, I., Kreibich, H. (2010):** Influence of flood frequency on residential building losses. NHESS, 10, 2145-2159.
- Guse, B., Hofherr, T., Merz, B. (2010):** Introducing empirical and probabilistic regional envelope curves into a mixed bounded distribution function, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discussions, 7, 4253-4290.
- Guse, B., Thieken, A. H., Castellarin, A., Merz, B. (2010):** Deriving probabilistic regional envelope curves with two different pooling methods, J. Hydrol., 380 (1-2), 14-26.
- Haerter, J.O., Berg, P., Hagemann, S. (2010):** Heavy rain intensity distributions on varying time scales and at different temperatures, J. Geophys. Res., vol 115, D17102, doi:10.1029/2009JD013384.
- Heneka, P., Hofherr, T. (2010):** Probabilistic winter storm risk assessment for residential buildings in Germany, Nat. Hazards, DOI 10.1007/s11069-010-9593-7 (online first).
- Hiete, M., Merz, M., Schultmann, F. (2010):** Scenario-based impact assessment of a power blackout on healthcare facilities in Germany, International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment (submitted).
- Hiete, M., Merz, M., Trinks, Ch., Grambs, W., Thiede, T. (2010):** Krisenhandbuch Stromausfall Baden-Württemberg - Krisenmanagement bei einer großflächigen Unterbrechung der Stromversorgung am Beispiel Baden-Württemberg, Innenministerium Baden-Württemberg (Hrsg.).
- Hergert, T., Heidbach, O., (2010):** Slip-rate variability and distributed deformation in the Marmara Sea fault system, Nature Geoscience, DOI: 10.1038/NGEO739.
- Hilbring, D., Titzschkau, T., Buchmann, A., Bonn, G., Wenzel, F., Hohnecker, E. (2010):** Earthquake early warning for transport lines, Nat. Hazards, DOI 10.1007/s11069-010-9609-3(online first).
- Khazai, B., Merz, M., Schulz, C., Borst, D. (2010):** An Indicator Framework to Compare Regional Vulnerability in Society and Industrial Sectors to Indirect Damage from Disasters (submitted).
- Kreibich, H., Seifert, I., Merz, B., Thieken, A.H. (2010):** FLEMOcs - A new model for the estimation of flood losses in companies, Hydrological Sciences Journal (in press).
- Kreibich, H., Seifert, I., Thieken, A.H., Lindquist, E., Wagner, K., Merz, B. (2010):** Recent changes in flood preparedness of private households and businesses in Germany, Reg. Environ. Change, DOI 10.1007/s10113-010-0119-3 (online first).
- Kunz, M., Mohr, S., Rauthe, M., Lux, R., Kottmeier, Ch. (2010):** Assessment of Extreme Wind Speeds from Regional Climate Models. Part I: Estimate of Return Values and their Evaluation, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 907–922..
- Kunz, M., Puskeiler, M. (2010):** High-resolution assessment of the hail hazard over complex

terrain from radar and insurance data. *Meteorol. Z.*, doi: 27/0941-2948/2010/0452.

**Lüders, S., Schulz, C. (2010):** Auswirkung von Naturkatastrophen auf das Verkehrsverhalten. Arbeitspapiere Güterverkehr und Logistik, Nr. 4. <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000020058>. urn:nbn:de:swb:90-200580.

**Nolte, E. (2010):** Anwendungsmöglichkeiten optischer Satellitenbilder und Zensusdaten zur Bevölkerungsmodellierung am Beispiel der indischen Stadt Ahmedabad, Hochschulnachrichten. *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* 6/10 (accepted).

**Nolte, E. (2010):** The application of optical satellite imagery and census data for urban population estimation: A case study for Ahmedabad, India, Diss. Fakultät für Bauingenieur-, Umwelt- und Geowissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie SVH Verlag, Saarbrücken (accepted).

**Nolte, E. (2010):** The application of optical satellite imagery and census data for urban population estimation: A case study for Ahmedabad, India, Diss. Fakultät für Bauingenieur-, Umwelt- und Geowissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie, Online-Ressource (english), (available for download <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000019361>).

**Nolte, E., Adams, B. J., Wenzel, F. (2010):** Population Estimation for Megacities: Solving Disaster Management Challenges Using Remote Sensing, Web-GIS and Advanced Technologies, In: O. Altan, R. Backhaus, P. Boccardo, S. Zlatanova (eds): *Geoinformation for Disaster and Risk Management - Examples and Best Practices*. Joint Board of Geospatial Information Societies (JB GIS). Copenhagen, Denmark.

**Nolte, E., Taubenböck, H., Kubanek, J. (2010):** Evaluation of the suitability of high resolution satellite images for urban inventory generation, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters (GRSL)*, submitted october 2010.

**Oth, A., Böse, M., Wenzel, F., Köhler, N. (2010):** Evaluation and optimization of seismic networks and algorithms for earthquake early warning – the case of Istanbul (Turkey), *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, B10311, 22 pp, doi:10.1029/2010JB007447.

**Oth, A., Bindi, D., Parolai, S., Di Giacomo, D. (2010):** Earthquake scaling characteristics and the scale-(in)dependence of seismic energy-to-moment ratio: insights from KiK-net data in Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L19304, doi:10.1029/2010GL044572.

**Oth, A., Bindi, D., Parolai, S., Di Giacomo, D. (2010):** Spectral analysis of K- and KiK-net data in Japan: II – On attenuation characteristics, source spectra and site response of borehole and surface stations, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, accepted for publication.

**Oth, A., Parolai, S., Bindi, D. (2010):** Spectral analysis of K- and KiK-net data in Japan: I – Database compilation and peculiarities, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, accepted for publication.

**Parolai S., Orunbayev, S., Bindi, D., Strollo, A., Usupayev, S., Picozzi, M., Di Giacomo, D., Augliera, P., D'Alema, E., Milkereit, C., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010):** Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, doi 10.1785/0120100044.

**Poser, K., Dransch, D. (2010):** Volunteered Geographic Information for Disaster Management with Application to Rapid Flood Damage Estimation, *Geomatica*, 64(1), 89-98.

**Seifert, I., Kreibich, H., Merz, B., Thieken, A.H. (2010):** Application and validation of FLEMOcs – a flood loss estimation model for the commercial sector, *Hydrological Sciences Journal*.

**Seifert, I., Thieken, T. H., Merz, M., Borst, D., Werner, U. (2010):** Estimation of industrial and commercial asset values for hazard risk assessment, in: *Natural Hazards*, 52(2), 453-479 DOI 10.1007/s11069-009-9389-9.

## CEDIM Research Reports

**Daniell, James:** Open Source Procedure for Assessment of Loss using Global Earthquake Modelling (OPAL-2), Report 2010-01.

**Daniell, James (2010):** Deterministic Earthquake Scenarios for the Northern Rhine Region (Deterministische Erdbeben Szenarien für die Nord-Rhein Region), Report 2010-02.

**Lüke, Juliane (2010):** Planungsrechtliche Aspekte des Hochwasserschutzes in Baden-Württemberg, Projektbericht 3 / 2010.

**Nolte, Eike (2010):** Earthquake risk map development using GIS and optical satellite imagery: A case study for rural areas on Java, Indonesia, Research Report 4/ 2010.

## Konferenzbeiträge

**Berg, P., DÜthmann, D., Ihringer, J., Kunstmann, H., Liebert, J., Merz, B., Schädler, G., Wagner, S. (2010):** The CEDIM-project Flood risk in a changing climate, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU 2010-10789.

**Berg, P., DÜthmann, D., Ihringer J., Kunstmann, H., Liebert, J., Merz, B., Schädler, G., Wagner, S. (2010):** Bias correction of RCM data for use in hydrological catchment modelling, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU 2010-10850.

**Berg, P. Haerter, J.O., Hagemann, S. (2010):** Changes in extreme precipitation and their dependence on temporal resolution and precipitation classification, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU 2010-10899.

**Berg, P., Panitz, H.-J., Schädler, G., and Feldmann, H. (2010):** Ensemble-simulations with regional climate models, 12th Teraflop workshop 15. March 2010, Stuttgart, Germany.

**Guse, B., Merz, B. (2010):** Introducing empirical and probabilistic regional envelope curves into flood frequency curves, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU 2010-1294-2.

**Guse, B., Castellarin, A., Thielen, A. H., Merz, B. (2010):** Probabilistic regional envelope

curves: Effect of intersite dependence of nested catchment structures on flood quantiles, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-1295-1.

**Haerter, J.O., Berg, P., Hagemann, S. (2010):** Is there a timescale where the Clausius-Clapeyron relation describes precipitation rate changes? European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU 2010-10760.

**Hiete, M., Merz, M., Schultmann, F. (2010):** A trapezoidal Fuzzy DEMATEL-approach for the assessment of the dependencies among different sub-indicators of a hierarchical indicator model, EURO, Lissabon.

**Kunz, M., Rauthe, M., Mohr, S. (2010):** Assessment of changes in extreme wind speeds from Regional Climate Models. European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-2914-1.

**Kunz, M., Puskeiler, M., Mohr, S. (2010):** Hail hazard assessment: A regional approach, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-2902.

**Kunz, M. (2010):** Gewitterstürme im Klimawandel: Eine unterschätzte Gefahr. Extremwetterkongress, 4-6. March 2010, Bremerhaven.

- Merz, M., Hiete, M., Schultmann, F. (2010):** An indicator framework for the assessment of the indirect disaster vulnerability of industrial production systems Proceedings IDRC 2019, 29.05.-03.06.2008, Davos, Switzerland.
- Mohr, S., Kunz, M. (2010):** Trendanalyse verschiedener Konvektionsindizes in Deutschland, DACH Meteorologentagung 2010, Bonn 20.9. - 24.9.2010.
- Kubaneck, J., Nolte, E., Taubenböck, H., Kappas, M., Wenzel, F. (2010):** Modelling of population dynamics: GIS versus remote sensing - A case study for Istanbul. Full Research Paper, 17th Annual Conference of the International Emergency Management Society, June 8 - 12 2010, Beijing, China.
- Merz, M., Hiete, M., Schultmann, F. (2010):** Entwicklung eines Indikatorenmodells zur Ermittlung der indirekten industriellen Vulnerabilität, Posterbeitrag beim 10. Forum Katastrophenvorsorge.
- Mikhailova, N.N., Kunakov, V. G., Velikanov, A. E., Sinyova, Z. I., Komarov, I. I., Strollo, A., Bindi, D. (2010):** New Kazakhstani stations installed under CAREMON project, VI International Conference Monitoring of Nuclear Tests and Their Consequences, Kurchatov, Republic of Kazakhstan, August 09 –13.
- Parolai, S., Orunbayev, S., Bindi, D., Strollo, A., Usupayev, S., Picozzi, M., Di Giacomo, D., Augliera, P., D'Alema, E., Milkereit, C., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010):** Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, European Seismol. Commission 32nd General Assembly, Montpellier, France, September 6-10.
- Parolai, S., Orunbayev, S., Bindi, D., Strollo, A., Usupayev, S., Picozzi, M., Di Giacomo, D., Augliera, P., D'Alema, E., Milkereit, C., Moldobekov, B., Zschau, J. (2010):** Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, European Seismol. Seismological Society of America annual meeting, Portland, Oregon, USA, 21–23 April.
- Pittore M., Wieland M., Parolai S., Zschau J. (2010):** Earthquake Vulnerability Assessment using a combination of satellite- and ground-based Remote Sensing, AK Fernerkundung, Heidelberg, 06.-07.10.2010.
- Puskeiler, M., Kunz, M. (2010):** Hagelgefährdung in Deutschland, DACH Meteorologentagung 2010, Bonn 20.9. - 24.9.2010.
- Raskob, W., Rickers, U., Gers, E., Kaschow, R., Tufte, L., Ulmer, F. (2010):** SECURITY-2People, 5th Security Research Conference, Berlin, September 7th - 9th, 2010.
- Strollo A., Abakanov, T., Abdrakhmatov, K., Begaliev, U., Bindi, D., Gaipov, B., Ilyasov, I., Mikhailova, N., Milkereit, C., Mir, B. A., Moldobekov, B., Nizomov, J., Parolai, S., Tjagunov, S., Zschau, J. (2010):** The Central Asian Cross-border Natural Disaster Prevention (CASCADE) project, VI International Conference Monitoring of Nuclear Tests and Their Consequences, Kurchatov, Republic of Kazakhstan, August 09 –13.
- Trinks, Ch., Hiete, M., Schultmann, F. (2010):** Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die Transportsysteme in europäischen Regionen, DACH Meteorologentagung 2010, Bonn 20.9. - 24.9.2010.
- Tyagunov, S., Begaliev, U., Ilyasov, I., Mavlyanova, N., Ospanov, A., Saidiy, S., Yasunov, P., Zschau, J., Stempniewski, L. (2010):** Cross-Border Cooperation for Seismic Vulnerability and Seismic Risk Assessment in Central Asia, „Problems of Seismology, Hydrogeology and Engineering Geology“, Tashkent, pp.127-130.
- Wagner, S., Berg, P., DÜthmann, D., Ihringer, J., Kunstmann, H., Liebert, J., Merz, B., Schädler, G., Werhahn, J. (2010):** High resolution regional climate modeling for flood hazard impact study in Germany, AGU Fall Meeting, 13.-17. Dezember 2010, San Francisco.
- Wenzel, F., Erdik, M., Zschau, J., Fischer, J., Christ, I., Kiehle, C. (2010):** EDIM – Earthquake Disaster Information System for the Marmara Region, Turkey, European Geosciences Union, General Assembly 2010, 2.-7. May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-2476.

## Öffentlichkeitsarbeit

### Internet

Die Internetseite von CEDIM ([www.cedim.de](http://www.cedim.de)) informiert auf deutsch und englisch über CEDIM und die in CEDIM laufenden Forschungsarbeiten. Auch die CEDIM Risk Explorer können über die Internetseite direkt aufgerufen werden, ebenso besteht ein ständiger Link zur Wettergefahren-Frühwarnung. Wichtige Neuigkeiten aus CEDIM sind als Kurzmeldungen direkt auf der Eingangsseite zu finden; veraltete Kurzmeldungen können weiterhin in einem Newsarchiv eingesehen werden. Die Internetseiten von CEDIM verzeichnen durchschnittlich etwa 1800 Besucher pro Monat.

### Presse

CEDIM arbeitet aktiv mit der Presse zusammen. Zum einen bringt es in Eigeninitiative Ergebnisse abgeschlossener Forschungsarbeiten in die Presse. Im Jahr 2010 ist hier in erster Linie das Krisenhandbuch Stromausfall zu nennen, das in einer Presseerklärung des BBK verbreitet wurde und in deren Folge über das Thema in regionaler und überregionaler Presse berichtet wurde.

CEDIM hat sich in den letzten Jahren als kompetenter Ansprechpartner für die Presse etabliert und erhält daher bei aktuellen Anlässen regelmäßig Anfragen. Beispiele aus dem Jahr 2010 sind Beiträge von CEDIM-Mitgliedern zu den Folgen des Ausbruchs des Eyjafjalla im April 2010, zu den Fluten im August 2010.

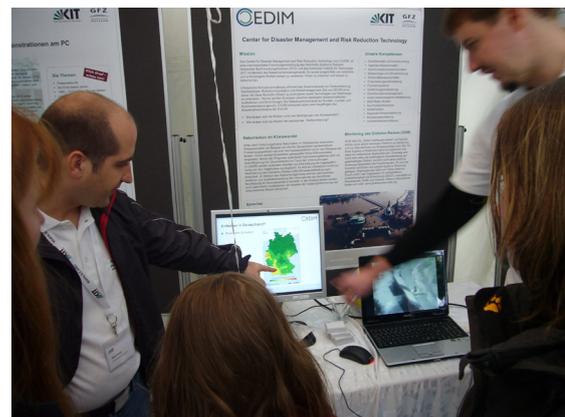
### Öffentliche Wissenschaft

Darüber hinaus beteiligt sich CEDIM an öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen. Im Juli 2010 wurden Arbeiten von CEDIM im Rahmen von „KIT im Rathaus“ interessierten Bürgerinnen und Bürgern vorgestellt. Im Rahmen des „Tags der offenen Tür / Tag der Energie“ im September 2010 stellten unter dem Motto „Die Erde beben sehen“ Mitarbeiter von CE-

DIM Elemente aus dem von CEDIM erstellten e-learning Kurs vor, anhand derer die Besucher selbst ausprobieren konnten, welche Auswirkungen Erdbeben unterschiedlicher Intensitäten haben.

### Reihe CEDIM Research Reports

CEDIM veröffentlicht seine Forschungsergebnisse in verschiedenen Fachzeitschriften, Buchbeiträgen und stellt sie auf Konferenzen der (Fach-)Öffentlichkeit vor. Als zusätzliches, neues Format hat CEDIM Ende 2009 die „Projektberichte“ / Research Reports eingeführt, die online auf den Internetseiten von CEDIM verfügbar sind. Bislang sind 4 Berichte erschienen.



## Kontakt



**Center for Disaster Management and  
Risk Reduction Technology**

### **CEDIM Geschäftsstelle**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Hertzstraße 16  
D-76187 Karlsruhe

Tel.: +49 721 608-44436

Fax: +49 721 71173

E-Mail: [cedim@gpi.uka.de](mailto:cedim@gpi.uka.de)

Weitere Informationen zu CEDIM sowie  
Web-Mapping Dienst RiskExplorer unter:

**[www.cedim.de](http://www.cedim.de)**