

WebMapping für den Hochwasserschutz

Alexander Zipf¹, Richard Leiner²

zipf@geoinform.fh-mainz.de

FB Geoinformatik und Vermessung
Fachhochschule Mainz

richard.leiner@eml.org

European Media Laboratory EML
Heidelberg

Zusammenfassung

Auf der Grundlage des Überschwemmungsflächenmodells von LEINER (2003) wird für ein Untersuchungsgebiet am nördlichen Oberrhein an der FH Mainz, Fachbereich Geoinformatik und Vermessung eine WebMapping-Anwendung zur Verbreitung von Überschwemmungsflächeninformationen und Hochwasserwarnungen entwickelt. Hierbei werden konventionelle Web Map Server, die Rasterkarten erzeugen, im Vergleich mit vektorbasierten SVG Map Servern evaluiert. Das System stützt sich auf umfangreiche Arbeiten zur Hochwasserdynamik des Untersuchungsgebietes, ein 3D-Geländemodell, sowie verschiedenen Datensätze und Kartierungen historischer Hochwasserereignisse. Das Ausmaß der Überschwemmungen der historischen Hochwasserstände ist online abrufbar. Jüngere Ereignisse - wie das von 1999 - sind zusätzlich mit Luftbildern und Videos (terrestrisch und aus der Luft) dokumentiert. Zudem ist die Vorhersage des zu erwartenden Ausmaßes der Überschwemmungen auf Basis der amtlichen Wasserstandsvorhersagen geplant. Weitergehende Anwendungsszenarien des Online-Systems liegen neben Hochwasserinformation und -warnung im Bereich der biologischen Stechmückenbekämpfung. Der „Kommunalen Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Stechmückenplage“ (KABS) werden web-basierte Werkzeuge zur Recherche, Einsatzplanung, sowie zur Erfassung und Kartierung neuer Ereignisse zur Verfügung gestellt.

Einführung und Motivation

Die jüngsten Hochwasserkatastrophen (z.B. in den Einzugsgebieten von Oder (1997) und Elbe (2002)) führten deutlich die bestehenden Defizite im Bereich der Prävention von Hochwasserschäden, der Überschwemmungsflächenvorhersage, der Warnung der Bevölkerung sowie der Kommunikation zwischen Krisenstäben, Einsatzkräften und der Bevölkerung vor Augen [KIR02]. GIS basierte Hochwasserinformations- und Krisenmanagementsysteme sind Schlüsselwerkzeuge zur künftigen Bewältigung dieser Aufgaben. Über den praktischen Nutzen derartiger Informationssysteme entscheiden einerseits Qualität bzw. Praxistauglichkeit der zugrundeliegenden Geodaten. Die Entwicklung von räumlich und zeitlich hoch auflösenden Modellen der Überschwemmungsflächendynamik stellt hierbei eine besondere Herausforderung dar und ist ohne eine fundierte Kenntnis der realen Überschwemmungsflächendynamik des jeweils betrachteten Gewässerabschnitts nicht zu leisten. Dies gilt vor allem für Deichbruchszenarien und eine Vorhersage der Druckwasserflächenentwicklung. Empirische Daten zum räumlichen Ausmaß rezenter und historischer Hochwasserereignisse auf Grundlage von Luftbildern, historischen Karten und Kartierungen und Messungen während eines Hochwasserereignisses sind zu erheben und in das GIS zu implementieren. Neben Überschwemmungsflächeninformationen muss ein praxistaugliches Informationssystem den jeweiligen Bedürfnissen der Benutzergruppen angepasste Infrastruktur- und Basisdaten bereithalten (z.B. Deichinformationen, Emittenten von umweltgefährdenden Stoffen im Überschwemmungsfalle, Flucht- und Zufahrtswege). [DO01]. Zum anderen müssen die Daten nicht nur erhoben und aufbereitet, sondern auch verbreitet werden. Hochwasserwarnungen bzw. -vorhersagen sind nutzlos, wenn sie die betroffene Bevölkerung nicht rechtzeitig erreichen oder in ihrer Bedeutung nicht richtig verstanden werden. Beispielsweise ist die Vorhersage des in 24 Stunden an einem amtlichen Pegel zu erwartenden Wasserstandes für viele Bürger wertlos, wenn sie nicht zugleich mit einer räumlichen Information bzw. einem Erfahrungswert verbunden ist (z.B. einer Karte der zu erwartenden Überschwemmungen oder dem Wissen, ab welchem Pegelstand ein bestimmter Straßenzug vom Wasser erreicht wird). Dies gilt nicht nur für den Krisenfall, sondern auch für präventive Maßnahmen. Bei den meisten derzeit existierenden GIS Lösungen im Bereich Gefahrenabwehr / Hochwasserinformation handelt es sich um klassische Desktop GIS Lösungen (z.B. Poldevac, Deichsystem NRW). In der Regel handelt es sich um an die Anforderungen einer bestimmten Institution bzw. Behörde angepasste Expertensysteme. Die Möglichkeiten einer intuitiven und interaktiven Informationsvermittlung an verschiedene, räumlich verteilte und dezentral agierende Nutzergruppen mit Hilfe von Web-Mapping wurden in diesem Anwendungsbereich bisher noch nicht ausgeschöpft.

Vorarbeiten im Bereich WebMapping

Schon in eigenen früheren Projekten wurden interaktive Überschwemmungsflächenkarten zu bereits abgelaufenen Hochwasserereignissen mit weiteren Informationen angeboten. So existierte im Touristeninformationssystem Deep Map WebGIS [ZI00,02] die Möglichkeit vielfältige touristische, aber auch geographische Informationen zu Heidelberg abzurufen, darunter eben auch Hochwasserkarten und entsprechenden Luftbildern. Das System basierte auf einer Kopplung von ArcView und ArcIMS und die Hochwasserinformationen konnten über entsprechende Abfragen in der Datenbank gefunden und interaktiv eingeblendet werden. Die Geodaten stammten aus einer eigenen Digitalisierung der Überschwemmungsgebiete auf Basis von Befliegungen während der Überschwemmungen. Hochwasserprognosemodelle, dynamische Pegelstandsabfragen oder Warnsysteme waren in diesem System jedoch noch nicht angebunden. Derartige Möglichkeiten werden Neuentwicklungen in aktuellen Projekten seitens der Autoren und weiteren Partnern realisieren.



Abbildung 1: Hochwasserinformation im Deep Map WebGIS - Die Karte zeigt die Ausdehnung des Neckarhochwassers vom April 1994 (senkrechte Schraffur), rechts das zugehörige Luftbild.

Erste Prototypen des Deep-Map-WebGIS bestanden noch aus einem Applet zur Darstellung der stufenlos zoombaren Karte (Abb. 1 [ZI02]). Eine besondere Herausforderung war hier - und ist bei echt stufenloser Zoomfunktion noch immer - eine dynamische Optimierung der Kartenbeschriftung und Symbolplatzierung, die über umfangreiche Programmierung realisiert werden musste [ZK03]. Auf der Karte konnten nicht nur Sehenswürdigkeiten angeklickt werden, zu denen dann Informationen aus der Datenbank angezeigt wurden, sondern umgekehrt ermöglichten diverse Suchfunktionen das „Stöbern“ in der multimedialen Datenbasis. Ergebnisobjekte wurden mit der Funktion „Auf Karte anzeigen“ entsprechend aktiviert. Dies gilt nicht nur für räumliche Objekte (z.B. Gebäude), sondern wegen einer umfassenden Verortung auch für z.B. Ereignisse oder Personen [WE00].

Hochwasserinformation mit WebMapping am Beispiel des Oberrheins

Auf der Grundlage des Überschwemmungsflächenmodells von [LE03], werden nun an der FH Mainz für ein Untersuchungsgebiet am nördlichen Oberrhein WebMapping Anwendungen zur Verbreitung von Hochwasserinformationen entwickelt. Ziel des Projektes ist die internetbasierte Verbreitung interaktiver Karten zur Hochwasserdynamik des Untersuchungsgebietes. Dies umfasst neben empirisch erhobenen Daten zur Hochwasserdynamik und daraus abgelei-

tete Vorhersagen der bei einem definierten Wasserstand zu erwartenden Überschwemmungsflächenvorhersagen auch druckwassergefährdete Flächen und geographische Hintergrundinformationen wie z.B. den Wandel der Landnutzung oder das Siedlungswachstum im Untersuchungsgebiet. Anhand der Wasserstandsvorhersagen der Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Ba-Wü lässt sich das Ausmaß der zu erwartenden Überschwemmungen vorhersagen.

Vorarbeiten im Bereich Hochwasser

Für den betrachteten Rheinabschnitt (Abb. 2) liegen ausführliche Untersuchungen der Hochwasserdynamik vor [KI02; LE03]). Anhand von Geländebegehungen und Befliegungen, Wasserstandsmessungen und Bodensondierungen wurde der räumliche und zeitliche Wandel der rezenten Überschwemmungsflächen von 1997 bis 2001 erfasst, kartiert und mit Fotos und Videoaufnahmen dokumentiert. Ferner wurden Luftbilder ausgewertet, die während bzw. kurz nach Hochwasserereignissen der 1970er und 1980er Jahre entstanden. Ferner wurde auf der Grundlage eines räumlich hoch aufgelösten DGHM [HI01] das Ausmaß der Überschwemmungen in Abhängigkeit vom Wasserstand am Pegel Speyer simuliert. Dank der intensiven Geländearbeiten lagen bereits für einen Großteil der Wasserstände Überschwemmungsflächenkarten vor und konnten zur Eichung bzw. Korrektur des Modells herangezogen werden.

Sonderfall Druckwasser

Während des Pfingsthochwassers 1999 zeigte sich, dass bisher sowohl in der Raumplanung, als auch in der Simulation von Hochwasserereignissen die Problematik der Druckwasserflächen vernachlässigt bzw. „vergessen“ wurde. Der Grossteil der Schäden an Gebäuden und Ernteauffällen entstand nicht etwa durch ein Ausuferndes des Flusses, sondern durch aus dem Untergrund aufquellendes Wasser (Druck- oder Qualmwasser) in der vermeintlich durch den Rheinhauptdamm vor Überschwemmungen geschützten Altaue. Da die bisher zur Simulation von Überschwemmungsflächen verwendeten Modelle lediglich die oberirdische Strömungsdynamik betrachten (z.B. FloodArea [AS03]), bzw. für eine Simulation der unterirdischen Strömungsprozesse keinerlei Daten (z.B. Verteilung von Wasserleitenden bzw. –hemmenden Sedimenten, engmaschiges Grundwassermessnetz) vorhanden waren, wurde nach pragmatischen Ansätzen gesucht, um zumindest eine grobe Abschätzung der potenziell druckwassergefährdeten Flächen vorzunehmen. So konnten durch die Interpretation von Ernteschäden in zeitnah zu Hochwasserereignissen erstellten Luftbildern zahlreiche Druckwasserflächen identifiziert werden. Bemerkenswerterweise wurden mittlerweile zahlreiche dieser Flächen bebaut. Ferner wurden die Rheinstromatlanten des Großherzogtums Baden georeferenziert und im GIS analysiert [JA02; LE03]. Dabei wurde deutlich, dass die 1856 wegen des damals noch höheren Grundwasserspiegels nur extensiv genutzten Flächen stark mit den rezenten Druckwasserflächen korrelieren.

Hochwasser und Stechmückenbekämpfung

Hochwasserinformationssysteme können nicht nur bei katastrophalen Hochwasserereignissen, sondern können auch bei „gewöhnlichen“ Hochwasserereignissen, wenn keine bebauten Flächen betroffen sind, genutzt werden. Beispielsweise ist für die biologische Stechmückenbekämpfung am Oberrhein die Kartierung, Aufnahme und Visualisierung von Überschwemmungsflächen unerlässlich. Die „Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Stechmückenplage“ (im Folgenden „KABS“) führt seit Jahren umfangreiche Kartierungen der Stechmückenbrutplätze in den Reinauen durch. Diese Stechmückenbrutplätze sind größtenteils identisch mit den Überschwemmungsflächen des Rheins. Da Überschwemmungsflächen einem hohen räumlichen und zeitlichen Wandel unterliegen, sind regelmäßige Aktualisierungen der Kartenwerke notwendig. Die KABS verfügt schon über in früheren Projekten [KE99] entwickelte auf ArcView basierende Eingabe- und Analysewerkzeuge. Während einer Stechmückenbekämpfungsaktion werden die Brutplatzkartierungen von den verschiedenen Regio-

nalbetreuern für die Planung der Einsätze von Außendienstmitarbeitern und Hubschrauber-einsätzen benötigt. Die bereits als ArcView Shapes verfügbaren Brutplatzatlanten werden derzeit für eine Web-Anwendung aufbereitet, so dass ein Zugriff, sowie einfache Abfragen über Internet möglich sind. Aus den Erfahrungen in der Praxis hat sich gezeigt, dass insbesondere anwendungsfreundliche Werkzeuge zur Bestimmung des Flächeninhalts von Überschwemmungsflächen bzw. einer im Gelände verteilten Gruppe von Überschwemmungsflächen benötigt werden, die berechtigten Nutzern zur Verfügung gestellt werden sollen. Als Hilfe bei Kartierungsarbeiten im Gelände ist die Entwicklung von mobilen, GPS gestützten GIS von großem Nutzen. Hierbei wird in Folgearbeiten die Aufnahme von Geometrien und Attributdaten und deren automatische Integration in die WebMapping-Anwendung anvisiert.

Datengrundlage

Für das Untersuchungsgebiet lassen sich auf Basis der geschilderten Untersuchung der Inundationsdynamik folgende hochwasserrelevante Informationen in Kartenform abrufen:

- Empirische, Wasserstandsbezogene Überschwemmungsflächenkartierungen
- digitales Geländemodell (1:5000; TIN)
- aus dem digitalen Geländemodell abgeleitete Überschwemmungsflächensimulationen; bezogen auf den Pegel Speyer
- Historische Flächennutzung 1856 und 1875
- SW Senkrechtluftbilder (*.img)
- Schrägluftbilder und terrestrische Luftbilder
- Messreihen der Druckwasserstandsentwicklung während des Pfingsthochwassers 1999
- Auf den Wasserstand am Pegel Speyer bezogene Vorhersagen der direkten Überschwemmungsflächen

Datengrundlage für Anwendung „Stechmückenbekämpfung“

Für das Untersuchungsgebiet liegen folgende vektorbasierte Geodaten vor:

- Brutplatzatlanten der KABS mit Attributen
- Gemeindegrenzen
- Permanente Wasserflächen

Technologie

Ein Web Map Server (WMS) erzeugt Karten entweder als Rastergraphik, z.B. in den Formaten GIF, JPEG oder PNG, oder WBMP (WAP-Bitmap). *Scalable Vector Graphics (SVG)* ist ein zunehmend verbreitetes graphisches Vektorformat auf Basis von XML. Im Projekt wird der open-source Map-Server der University of Minnesota (UMN WebMap Server) [UM03] mit den bekannten Features eingesetzt. Parallel werden in einem aktuellen Prototyp für ein Online-Hochwasserinformationssystem interaktive Vektorkarten auf Basis von SVG getestet. Neben „SVG-Playern“ für das WWW wurden auch erste SVG-Browser für mobile Geräte entwickelt [z.B. BR02], da eine Übertragung des Hochwasserinformationssystems ins mobile Internet in einer weiteren Ausbaustufe schon anvisiert ist. Technologisch betrachtet haben sich mittlerweile mehrere praktikable Lösungen für die Entwicklung von WebGIS oder Web-Mapping für Internet und Intranet herauskristallisiert. Zur Verbesserung der Interoperabilität zwischen den Systemen werden die notwendigen Schnittstellen vom OGC standardisiert. Neben kommerziellen Lösungen kann auf verschiedene freie Implementierungen zurückgegriffen werden. Letztere erscheinen heute ausgereift genug, um auch in Produktivsystemen eingesetzt zu werden. Zwar dürfen sich mehrere Produkte OGC-konform nennen, aber für



Abbildung 2: Ausschnitt aus Online-SVG-Karte des Untersuchungsgebiets im ersten Prototypen

eine echte Interoperabilität bestehen durchaus noch Hemmnisse, unter anderem weil auf Herstellerseite gerne auf „Vendor-Specific-Parameter“ zurückgegriffen wird, die in den unterschiedlichen Produkten mehr oder weniger verpflichtend eingesetzt werden müssen, um vernünftige Resultate zu erzielen und die einem Austausch der Produkte erschweren [PA03]. Interessant erscheint zudem der Vergleich zu eigenen Lösungen, die oft spezifische Anforderungen besser abdecken, jedoch nur über beschränkte Ressourcen zur Weiterentwicklung verfügen. So ist eine spätere Umsetzung der dann aufbereiteten Daten durch in früheren Projekten (Deep Map GIS [ZI00]) CRUMPET [ZA02] oder SmartKom [HZ03] in Java selbst entwickelten Mapping- und WMS-Komponenten aus technologischer Sicht interessant und angebracht, konnte jedoch noch nicht konkret angegangen werden. Diese Mapping-Komponenten verfügen über eigene XML-basierte Beschreibung der Karteninhalte, die auch direkt aus ArcView-Projekten über entsprechende Skripte erzeugt werden können [HA01], sowie weitere innovative Features, wie einfache - rein geometrie-basierte - Generalisierungsoptionen, die auch über die Web-Schnittstelle angesprochen werden können, sowie Unterstützung für SVG über die freie Java2D-Bibliothek „Batik“ von Apache [AP03]. Dieser Java-WMS erhält Zugriff auf Geodaten über das ArcInfo-Ungenerate-Format (optional auch verteilt über RMI – Remote Method Invocation), sowie die Java-API von ESRI's SDE (Spatial Data Engine), als auch die auf Basis von SDE erstmals in Java realisierte CORBA-Version der Simple Feature Specification des OGC [ZA00]. Durch die verstärkte Verfügbarkeit kabellose Funknetze entwickelt sich das Internet weiter zum „mobilen Internet“. Einen Überblick über den aktuellen Stand der mobilen Geoinformationstechnologie bieten [ZS02]. Die speziellen Anforderungen an mobile Katastropheninformationssysteme auf Basis von GIS legen [ZL03] dar. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird eine Übertragung auf mobile Clients angestrebt.

3D Geländemodell

Eine 3D Darstellung des vorliegenden Geländemodells [HI01, LE03] mit überlagerten Geodaten ist anvisiert (z.B. VRML / X3D). Allerdings erscheint eine dynamische Erzeugung des gesamten Modells als Multi-Resolution-TIN je nach zu visualisiertem Fokusgebiet wie in [ZS03] für den ersten Prototypen als zu aufwendig, da hier gerade für die außerordentlichen Anforderungen im Katastrophenfall u.a. noch an der Verbesserung der Skalierbarkeit zu arbeiten wäre. Stattdessen wird zunächst eine vorherige Aufbereitung der Datenmenge durch Ausdünnung, Kachelung etc. angestrebt, die eine akzeptable Performanz bietet. Allerdings bieten sich hier zahlreiche interessante Möglichkeiten für Folgearbeiten – insbesondere im Rahmen der Anbindung dynamischer Pegelstandsmessungen, und darauf basierender flächenhafter Hochwasserprognosen, die direkt im 3D-Modell visualisiert werden könnten.

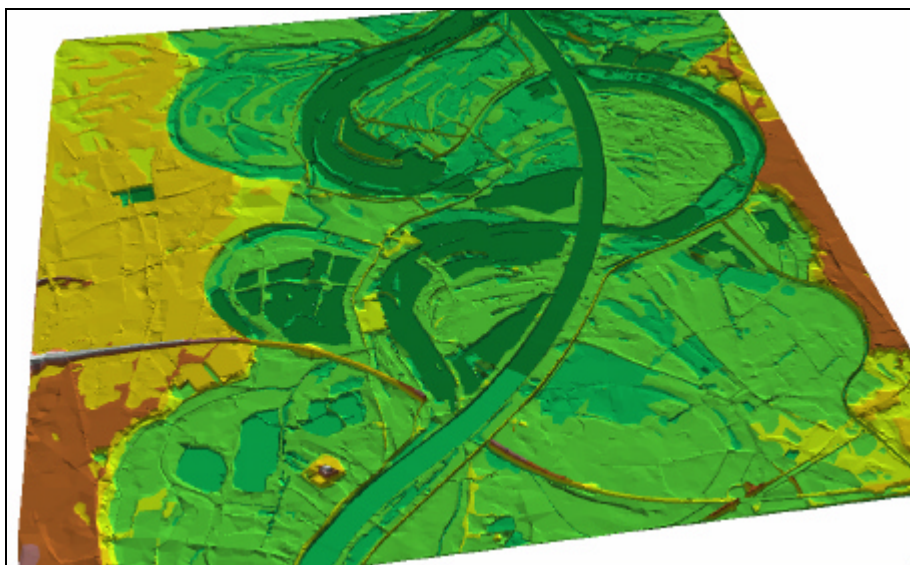


Abbildung 3: 3D-Darstellung des hochauflösenden Geländemodells des Untersuchungsgebietes

Neben der wegen der notwendige Plug-Ins etwas komplizierteren - und daher (auch deswegen) etwas weniger gut angenommenen - vektoriiellen 3D-Darstellung auf Seiten des Clients bietet ein neuer Standardisierungsvorschlag des OGC namens Web Terrain Server (WTS) ähnlich dem Konzept von WMS die Möglichkeit 3D-Ansichten als Rastergraphik aus 3D-GeoDaten zu erzeugen, die dann mit jedem gängigen WebBrowser dargestellt werden können. Eine entsprechende Referenzimplementierung von [DE03] ist als Basis für zukünftige Realisierungen derartiger Möglichkeiten anvisiert. Dies ist insbesondere auch für die in Angriff genommene Übertragung auf mobile Clients eine viel versprechende, da pragmatische Basis.

Bedienschnittstelle

Um in einer Krisensituation ein hilfreiches und schnelles Werkzeug zur Informationsbeschaffung und -übermittlung darzustellen, muss die Bedienung auch für ungeschulte Benutzer intuitiv einfach verständlich und zuverlässig sein. Zur Vermeidung von Fehlbedienungen muss die Bedienung gerade in Stresssituationen wie Katastrophen einfach und robust sein, . Dabei sind verschiedene Nutzerrollen mit unterschiedlichen Informations- und Interaktionsansprüchen zu unterscheiden: vom zu warnenden Bürger, Stabsstellen und Behörden bis zu den Rettungskräften vor Ort. Besonderes Augenmerk liegt aus unserer Sicht hierbei auf einer geeigneten graphischen Repräsentation räumlicher Daten mittels Karten [ZI02] als auch der Erfassung der wesentlichen Ziele (*Tasks*) des Nutzers [ZH03].

Zusammenfassung und Ausblick

Web-basierte Systeme bieten anerkanntermaßen großes Potential für Kommunikation, Unterstützung bei vielfältigen Aufgaben und ermöglichen einerseits Effizienzgewinne, andererseits eröffnen sich ganz neue Funktionen durch verstärkte Integration mit mehreren verteilten IT-Systemen, die zuvor isolierte Anwendungen darstellten. Gerade durch die Kombination mit dynamischen Vorhersagemodellen mit WebMapping wird eine neue Qualität im Bereich der Hochwasserinformationssysteme erreicht. Die aktuell aufkommende Möglichkeiten mobiler Kommunikation scheinen einerseits über mindestens dasselbe - und in vielen Fällen durchaus darüber hinausgehendes - Potential zu verfügen, andererseits ist die Technik noch nicht voll akzeptiert, verfügbar und birgt daher noch gewisse Stolpersteine [ZA03]. Um nur ein Beispiel, das auch unsere aktuellen Arbeiten bzgl. der Evaluierung von SVG betrifft, herauszugreifen, sind in kabellosen Netzen z.B. immer noch verbesserte Verfahren zur Komprimierung vektorbasierter Geodaten nötig, wie sie z.B. von [BE99, CE00, SH02] in Entwicklung sind – im Bereich 3D-Geodaten von [CO02]. Ein anderes Thema ist die Genauigkeit der Positionierung z.B. in Notfällen [ST02]. Aus den bisherigen Überlegungen ausklammern mussten wir zunächst außerdem noch das Thema Daten- und Systemsicherheit, die - ebenso wie Privatsphäre - gerade bei den aktuell in Entwicklung befindlichen mobilen Lösungen insbesondere in Kombination mit Positionierungstechnologien einen grundlegenden Aspekt darstellt [HO02]. Ein wesentlicher weiterer Schritt auch für unsere Arbeit liegt in der zukünftig verstärkte Integration aktueller Fernerkundungsdaten [PE03] in derartige Informationssysteme (ob für Web oder mobil) für Hochwasser - aber auch andere Katastrophenarten. Mit dem vorgestellten karten-basierten Hochwasserinformationssystem und der zusätzlichen Anwendung bei der Stechmückenbekämpfung konnten wir das Potential web-basierter Kommunikation neuer Medien verdeutlichen und leisten hiermit einen Beitrag für eine verbesserte Hochwasserprognose für die Bevölkerung. Hieraus wurden sich daraus ableitbare Möglichkeiten für das Katastrophenmanagement zusätzlich dargestellt. Diese bilden eine Grundlage für z.T. schon in Angriff genommene weitergehende Arbeiten – insbesondere im mobilen Umfeld.

Literatur

- [AS03] Assmann, A. u. S. Jäger (2003): GIS-Einsatz im Hochwassermanagement. In: Symposium für Angewandte Geographische Informationstechnologie. AGIT 2003. Salzburg.
- [AP03] Apache Batik SVG library - xml.apache.org/batik/
- [BE99] Bertolotto M. and M. J. Egenhofer (1999): Progressive Vector Transmission, ACM-GIS 1999: 152-157.

- [BR02] Breunig, M., Brinkhoff, T., Bär, W. und Weitkämper, J. (2002): XML-basierte Techniken für Location-Based Services. In: Zipf, A. & Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann. Heidelberg. 26-35.
- [CE00] Cecconi, A. & Weibel, R. (2000): Map Generalization for On-demand Web Mapping. GIScience 2000, Savannah.
- [CO02] Coors, V. (2002): Dreidimensionale Karten für Location Based Services. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. 14-25.
- [DE03] degree (2003): degree - Bausteine zum Aufbau von Geodateninfrastrukturen. www.latlon.de
- [DO01] Dombrowsky, W.R. (2001): Informationsbedarf bei Hochwasserlagen. PoldEvac, Final Report. Kiel
- [HA03] Häußler, J und Zipf, A. (2003): Multimodale Kateninteraktion und inkrementelle Zielführung zur integrierten Navigationsunterstützung. Symp. für Angew. Geograph. Informationstechnologie. AGIT 2003. Salzburg.
- [HI01] Hilpisch, G. (2001): Hochwassersimulation am nördlichen Oberrhein mit Hilfe eines GIS. Diplomarbeit. Geographisches Institut. Universität Heidelberg.
- [HO02] Hoffmann, M. (2002): Mehrseitig sichere Location Based Services – Endgeräte, Übertragungstechnik und Anwendungen. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. pp 75-84.
- [JA02] Jacobs, C. (2002): Landschaftswandel im 19. Jahrhundert und rezente Druckwassergefährdung in den Auen des mittleren Oberrheins zwischen Phillipsburg und Mannheim – eine Auswertung im GIS. Diplomarbeit. Geographisches Institut. Universität Heidelberg.
- [KE99] Keck, I. und Leiner, R. (1999): Einsatz von ArcView GIS im Rahmen der biologischen Stechmückenbekämpfung – Überschwemmungsflächenprognose und Analyse von Stechmückenbrutplätzen am nördlichen Oberrhein. In: Arc-Aktuell 1/99. S. 12.
- [KI02] Kirstein, A. (2002): Die zeitliche und räumliche Dynamik von Druckwasserflächen in den Rheinauen zwischen Mannheim und Altlußheim. Eine Modelluntersuchung zur Beurteilung von kleinräumigen Überschwemmungsflächen. Diplomarbeit. Geographisches Institut. Universität Heidelberg.
- [KIR03] von Kirchbach, H.P. (2002): Bericht der Unabhängigen Kommission der Sächsischen Staatsregierung/ Flutkatastrophe 2002. Dresden. 252 S.
- [LE03] Leiner, R. (2003): Erfassung und Modellierung der räumlichen und zeitlichen Überschwemmungsflächendynamik in Flussauen am Beispiel des nördlichen Oberrheins. Dissertation. Geographisches Institut. Universität Heidelberg.
- [MA00] Mahlau A. et al. (2000): FLOODFILL Katastrophenmanagement und Risikoanalyse im Hochwasserschutz. In: AGIT 2000. Symp. f. Angewandte Geogr. Informationsverarbeitung. Salzburg.
- [PA03] Pascual, V. (2003): Stupid Problems Dealing with Standards. 9th EC-GI & GIS Workshop. ESDI: Serving the User. A Coruña, Spain June 25-27, 2003.
- [PE03] Peinado, O. et al. (2003): Fernerkundung und GIS im Katastrophenmanagement - die Elbe-Flut 2002. In: Symposium für Angewandte Geographische Informationstechnologie. AGIT 2003. Salzburg.
- [SC02] Schmitz, S., Zipf, A., Aras, H. (2002): Realisierung eines mobilen Geodatenservers für PDAs auf der Basis von Standards des OpenGIS-Consortiums. Workshop "Mobile Datenbanken und Informationssysteme - Datenbanktechnologie überall und jederzeit". Universität Magdeburg.
- [SH02] Shekhar S., Huang Y., Djughash J. and Zhou C. (2002): Vector map compression: a clustering approach, In: ACM GIS 2002. Proc. of the 10th ACM int. symp. on advances in GIS. McLean, USA. 74-80.
- [ST02] Staudinger, M. u. Haselgrübner, B. (2002): Die Genauigkeit der Ortsbestimmung mit Mobilfunkgeräten bei der automatischen Standortbestimmung in Notfällen. In: Zipf, A. u. Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann. Heidelberg. 150-156.
- [UM03] University of Minnesota: The UMN Web Map Server. mapserver.gis.umn.edu/
- [WE99] Weinmann, R.; Häußler, J.; Zipf, A. & Malaka, R. (1999): Die Besucher Heidelbergs informieren: Die multimediale Deep Map Datenbank. HGG-Journal 14 (1999). S. 241-245
- [ZA01] Zipf, A. & Aras, H. (2001): Realisierung verteilter Geodatenserver mit der OpenGIS SFS für CORBA. In: GIS. 3/2001. Geo-Informationssysteme. Zeitschrift f. raumbezogene Information & Entscheidungen. Heidelberg. 36-41.
- [ZA02] Zipf, A. and Aras, H. (2002): Proactive Exploitation of the Spatial Context in LBS - through Interoperable Integration of GIS-Services with a Multi Agent System (MAS). AGILE 2002. Int. Conf. on Geographic Inform. Science of the Assoc. of Geographic Information Laboratories in Europe. Palma. Spain.
- [ZA03] Zipf, A. (2003): Auf dem Weg zur mobilen (Geo)-Informationsgesellschaft. - Technologie, Chancen und Risiken Keynote zum Schwerpunktthema "Geoinformation Mobil" der AGIT 2002. (Symp. f. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung). 03.-05.07.2002. Salzburg. Austria. In: Zipf, A. und Strobl, J. (2002): Geoinformation mobil. Wichmann Hüthig Verlag. Heidelberg. 2-12.
- [ZH03] Zipf, A. und von Hunolstein S. (2003 accepted): Task oriented map-based mobile tourist guides. In: "HCI in Mobile Guides". Workshop at Mobile HCI 2003. 5th Int. Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. 8.-11.Sept. 2003. Undine. Italy.
- [ZI00] Zipf, A. (2000): DEEP MAP/GIS - Ein verteiltes raumzeitliches Touristeninformationssystem. Dissertation. Naturwissenschaftlich-mathematische Fakultät. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- [ZI02] Zipf, A. (2002): User-Adaptive Maps for Location-Based Services (LBS) for Tourism. In: K. Woeber, A. Frew, M. Hitz (eds.), Proc. of the 9th Int. Conf. for Information and Communication Technologies in Tourism, ENTER 2002. Innsbruck, Austria. Springer Computer Science. Heidelberg, Berlin.
- [ZS03] Zipf, A. and Schilling, A. (2003): Generation of VRML City Models for Focus Based Tour Animations. Integration, Modeling and Presentation of Heterogeneous Geo-Data Sources. 8th Int. Symp. on Web 3D Technology. Web3D 2003. 03/2003 Saint Malon. France.
- [ZI03] Zipf, A. (2003): Wissenschaftliche Fragestellungen, Technologie und Realisierung GIS-basierter Stadtinformationssysteme im Internet. In: Schmid, H. (Hrsg.): Virtuelle Welten–Reale Anwendungen. Metagis-Verlag. Mannheim.
- [ZL03] Zipf, A. und Leiner, R. (2003): Anforderungen an mobile Geo-Datenbanken für Katastropheninformations- und -warnsysteme. GI-Workshop: MDBIS–mobile Datenbanken und Informationssysteme. 10.11.04.2003. Karlsruhe.
- [ZS02] Zipf, A. und Strobl, J. (2002)(Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. 230 S.