

Anforderungen an mobile Geo-Datenbanken für Katastropheninformations- und –warnsysteme

Alexander Zipf¹ und Richard Leiner²

¹FB Geoinformatik und Vermessung
Fachhochschule Mainz
Holzstrasse 36
55116 Mainz
zipf@geoinform.fh-mainz.de

²European Media Laboratory - EML
Schloss-Wolfsbrunnenweg 33
69118 Heidelberg
richard.leiner@eml.villa-bosch.de

Abstract: Die jüngsten Hochwasserkatastrophen verdeutlichen, dass heutige Katastropheninformations- und -warnsysteme nur bedingt den Anforderungen an die Technik genügen und das Potential moderner mobiler Informationssysteme nicht voll ausgeschöpft wird. Der vorliegende Beitrag untersucht welche Anforderungen an mobile Katastropheninformations- und -warnsysteme insbesondere bezüglich mobiler Datenbanken zu stellen sind. Besondere Bedeutung kommt hierbei mobilen Geodatenbanken zu, da Umweltkatastrophen per se einen raumzeitlichen Bezug – wie eine sich verändernde Ausdehnung – aufweisen. So müssen Aktualisierungen auch des räumlichen Ausmaßes der Katastrophe vor Ort eingepflegt werden können und rasch allen Betroffenen zur Verfügung stehen. Es werden Szenarien mobiler Katastropheninformations- und –warnsysteme vorgestellt und die für Datenbanken daraus ableitbaren Anforderungen skizziert.

1. Mobile Katastropheninformationssysteme

Die Ereignisse an der Elbe zeigen, dass im Katastrophenfall eine leistungsfähige, dezentrale Kommunikationsplattform zum Informationsaustausch zwischen Krisenstäben, Einsatzkräften, Behörden und Bevölkerung nötig ist. Hochwasservorhersagemodelle sind nutzlos, wenn ihre Prognosen die betroffene Bevölkerung nicht rechtzeitig erreichen oder nicht richtig verstanden werden. Zwar existieren bereits Vorhersagemodelle zur Hochwasserdynamik [MA02], doch ein Großteil dieser Informationen ist für die eigentliche Zielgruppe nicht zugänglich. Beispielsweise ist die Vorhersage des in 24 Stunden an einem amtlichen Pegel zu erwartenden Wasserstandes für den Normalbürger wertlos, wenn sie nicht mit einer räumlichen Information verbunden ist (z.B. einer Karte der zu erwartenden Überschwemmungen)[LE03]. Diese Überlegungen ergeben sich aus aktuellen Arbeiten an der Konzeption eines mobilen Katastropheninformationssystems. Bereits existierende Vorhersagemodelle sollen integriert und die errechneten Überschwemmungsflächenvorhersagen den betroffenen Bürgern, zuständigen Behörden und Krisenstäben vor Ort rasch zur Verfügung gestellt werden. Bisher werden im Katastrophenschutz allerdings v.a. Desktop-GIS (GIS = Geographisches Informationssystem, Software zur Aufnahme, Verwaltung, Analyse und Visualisierung raumbezogener (geographischer) Daten) eingesetzt [NO00]. GIS bieten ein großes Potential im weiteren Bereich Katastrophenvorhersage und -management, wie bei Erdbeben etc. [KI03], da sie Informationen über ihre räumliche Position als Schlüssel integrieren, verwalten und analysie-

ren können. Auch im Hochwasserschutz werden sie zunehmend eingesetzt [AS03], jedoch wurden mobile Einsatzmöglichkeiten dabei kaum berücksichtigt. Als raumbezogenen Daten spielen sowohl vektorbasierte Geometriedatenmodelle, als auch digitale Geländemodelle (z.B. als TIN (Triangular irregular Network / unregelmäßige Dreiecksvermaschung) oder rasterbasierte Fernerkundungsdaten eine wesentliche Rolle [PE03]. Die zu verbreitenden Informationen umfassen Prävention (z.B. Gefahrenpotenzialkarten), aktuelle Vorhersagen (z.B. Überschwemmungsflächenvorhersage, Vorhersage von Wasserstandstiefen) und individuelle Warnungen (z.B. SMS). Insbesondere betreffen sie aber das Krisenmanagement während des Notfalls selbst (z.B. Aktualisierung und Übermittlung aktueller Lagebeschreibungen etc., vgl. Abbildung 1). Wesentliche Einsatzszenarien werden im Folgenden skizziert und daraus Anforderungen an mobile Geodatenbanken für den Einsatz im Katastrophenfall abgeleitet. Schwerpunkt des Beitrags bildet die Analyse spezieller Anforderungen (raumzeitlicher) Geodaten für mobile Datenbanken im skizzierten Szenario als Übersicht über relevante Aspekte bei der Konzeption eines solchen Systems. Die verschiedenen Hochwasser-Prognosesysteme sind oft als Einzellösungen entwickelt worden und die Entscheidung Integration (wie?) oder gar Neuimplementierung muss für jede System individuell geklärt werden.

2. Anwendungsszenarien

Prävention – Aufklärung über Risikopotentiale Durch die Verbreitung von Hochwasserinformationen (z.B. Überflutungs-, Druckwasser- und Gefahrenpotenzialkarten) soll die Aufklärung über die Überschwemmungsrisiken der verschiedenen Gewässersysteme verbessert werden. Die Risiken am Standort werden so für den Bürger klar erkennbar. Auf dieser Informationsgrundlage kann eine Minderung des Schadenspotenzials erzielt werden, indem z.B. Stromverteilerkästen nicht im Keller, sondern in oberen Stockwerken installieren werden, etc. Wichtig ist dabei, dass die digitalen Gefahrenpotenzialkarten in ihrer Darstellung intuitiv interpretierbar sind, räumlich genau vorliegen (min. 1:5000) und jederzeit abgerufen werden können.

Vorhersage – Ortsunabhängige und zeitnahe Warnung bei akuter Gefahr Hochwasserinformationssysteme sollen die aktuellen, für Hochwasserwarnungen relevanten Umweltdaten (z.B. Wasserstände, Wettervorhersage, Schneeschmelze,...) zusammenfassen. Bestehende Vorhersagemodelle (z.B. Wasserstandvorhersagemodelle der Hochwasservorhersagezentralen) sind zu integrieren. Idealerweise werden sie um Vorhersagemodelle (z.B. Inundationsflächen mittels digitaler Geländemodelle) erweitert. Derart berechnete Vorhersagen werden dynamisch erzeugt (z.B. als Wasserstandsvorhersage-Diagramme, Überschwemmungsflächen- u. Wasserstandstiefenkarten) und über verschiedene Medien verbreitet. Im Ernstfall werden automatisch Warnungen versendet.

Krisenmanagement – Informations- und Planungsplattform für Krisenstäbe, Rettungskräfte und Bürger Im Katastrophenfall können autorisierte Personen (bzgl. mobile Datensicherheit vgl. [HOF02]) über mobile Geräte Informationen nicht nur vor Ort empfangen, sondern auch eingeben (z.B. Lagebericht von gefährdeten Deichen, Aktivierung von Krisenplänen...). Aufgrund von Überschwemmungen gesperrte Straßen sollen

mit alternativen Routen angezeigt werden können. Hierzu müssen die Daten mobil vor Ort leicht in die Datenbasis einpflegbar sein.



Abbildung 1: Schematische Übersicht: Aufbau eines mobilen Katastropheninformationssystems

3. Datenbankrelevante Anforderungen an ein mobiles Katastrophenmanagementsystem

Hauptziel ist die Entwicklung eines robusten, offenen und skalierbaren Systems. Zudem ist die Erweiterbarkeit für neue Datenquellen und Endgeräte zu gewährleisten. Hieraus ergeben sich für Architektur, Datenerfassung, -haltung und -analyse, sowie Benutzungsschnittstellen Anforderungen, die in den folgenden Abschnitten dargelegt werden. Bei der Entwicklung eines solchen Systems muss in der Regel auf eine Reihe heterogener existierender Systeme zurückgegriffen werden. Hierbei entstehende Integrationsprobleme werden in diesem Rahmen nicht behandelt. Wir konzentrieren uns auf die für mobile Datenbanken und Informationssysteme relevanten Aspekte. Dabei gelten für mobile Katastrophenwarnsysteme natürlich nicht grundlegend andere Anforderungen als bei anderen mobilen Informationssystemen. Bei den „speziellen“ Anforderungen ist besonders die Verwaltung raumbezogener Daten – in 2D oder 3D – möglichst inklusive Zeitbezug – aber unter Berücksichtigung der limitierten Ressourcen mobiler Systeme und kabelloser Netzwerke zu nennen. Auf Seite der speziellen Gewichtung allgemeiner Anforderungen sei einerseits die hohen Anforderungen an Robustheit im Katastrophenfall zu nennen, andererseits Integrationsfähigkeit im Falle einer räumlichen (weitere Anrainerstaaen etc.) oder funktionalen (neue Prognosemodelle) Erweiterung. Erst in jüngerer Zeit setzt sich überhaupt eine echte Kopplung derartiger Modelle mit Geoinformationssystemen durch [SE03].

3.1 Architektur

Für die Integration heterogener Geodatenbestände (z.B. Fachinformationen der Behörden, dynamisch aktualisierte Umweltdaten, Wasserstandsvorhersagen der HVZ [HOM96] gibt es bis heute keine Standardlösungen. Die Systemarchitektur muss daher

offen sein für Schnittstellen zur Eingabe (z.B. Niederschlagsdaten, Datenbanken der Fachbehörden), aber auch für unterschiedliche Endgeräte. Ebenso muss das System skalierbar sein und für künftig Zusatzkomponenten erweiterbar bleiben (z.B. Schnittstelle zu benachbarten Staaten etc.). Zudem müssen Anwendungen immer auf den aktuellen (Geo-)Datengrundlagen arbeiten auch wenn diese von unterschiedlichen Clients aktualisiert werden. Beim Funkweg müssen verschiedene Standards unterstützt werden. Gerade in Katastrophenfällen sind die Mobilfunknetze oft überlastet, so dass ein dynamischer Wechsel möglich sein sollte. Daher sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Maximale Robustheit im Katastrophenfall
- Hohe Skalierbarkeit, da im Katastrophenfall viele Nutzer
- Entwicklung einer verteilten dezentralen Architektur mit offenen Standards [ZA01]
- Verarbeitung (Datenerfassung und -haltung,) von Geodaten auf mobilem Client; Update- und Synchronisationsmechanismen von Geodaten zwischen Clients und Server.
- Skalierbare Unterstützung heterogener Endgeräte für raumzeitliche Aus- und Eingabe
- Schnittstellenbasierte Integration externer Geo-/Umweltdaten, Prognosemodelle

3.2 Mobile Erfassung, Haltung und Analyse von Geodaten

Das System muss auf verteilte Datenbestände zugreifen und diese zur Bearbeitung flexibel miteinander kombinieren können. Die Entwicklung leistungsfähigerer mobiler Geräte ermöglicht die Portierung auch aufwändigerer GIS-Anwendungen. Insb. Fragen der mobilen Geodatenerfassung sind noch nicht ausreichend bearbeitet. Nutzer sollen vor Ort Geoobjekte verändern, erfassen und übertragen können. Auf dem Server müssen die Daten in die Geodatenbestände eingefügt werden. Im skizzierten Anwendungsfall werden dabei hohe Ansprüche an Bedienbarkeit und Funktionsfähigkeit des Systems gestellt. Hieraus ergeben sich diverse datenbankspezifischer Anforderungen:

Offenheit Für mobile Geodienste sollen offene Schnittstellen eingesetzt werden. Dies soll die starke Heterogenität möglicher Clients abfedern. Gerade im mobilen Kontext muss an unterschiedlichen Orten mit unterschiedlichen Geräten auf heterogene Server-Infrastrukturen zugegriffen werden. Für Geodienste bedeutet dies, dass diese Funktionalität mittels OGC- oder ISO-Schnittstellen auf mobilen Geräten zur Verfügung gestellt werden soll. Diese Standards müssen hierzu zum Teil erweitert werden, damit auch Manipulation und Aktualisieren von Geodaten auf dem Server über ein mobiles Endgerät durchgeführt werden kann. Dies erfordert eine Persistenzschicht, die die geladenen Geodaten auf dem Client lokal und transparent für die Anwendungsebenen zwischenspeichert. Ein entsprechender Prototyp wurde entwickelt [SC01]. Dieser speichert Geodaten gemäß der Geography Markup Language (GML) des OGC auf dem Client, fragt sie mittels räumlicher Zugriffsmechanismen (R-Tree, [GU84]) ab und verfügt über Analysemethoden.

Verfügbarkeit und Performanz Bezüglich Verfügbarkeit und Performanz sind besondere Randbedingungen zu erwarten, da die Nutzung eines solchen Systems auf wenige hohe Spitzenauslastungen im Katastrophenfall ausgelegt sein muss, während von einer geringeren laufenden Nutzung auszugehen ist. Damit haben Stabilität und Robustheit höchste Priorität. Weitere Aspekte wie z.B. Sicherheit besitzen gegenüber diesen

eine geringe Priorität. Ein effizienter Zugriff auf Geodaten ist also wichtig. Zunächst scheint v.a. die Serverseite gefordert. Allerdings kann schon alleine die Verbreitung der Informationen ein Problem sein kann. Insbesondere spielt dabei die Priorisierung wichtiger Informationen (möglichst benutzergruppenspezifisch) eine wesentliche Rolle. Zur Umsetzung sind Push-Techniken und Data-Dissemination-Verfahren [vgl. z.B. LE01, KU02] zukünftig zu evaluieren und weiter zu entwickeln.

Protokolle für ressourcensparende Übertragung von Geodaten Es ist also nötig vektorielle Geodaten zeitnah bidirektional zwischen Client und Server auszutauschen. Hierzu sind ressourcensparende Übertragungsprotokolle zu entwickeln. Neben Standardverfahren (z.B. Veränderungen als Deltas kodiert übertragen) ist zu untersuchen, wie semantisches Wissen über die Geodaten zur Verbesserung progressiver Übertragungsprotokolle ausgenutzt werden kann. Z.B. können Verfahren aus der kartographischen Modellgeneralisierung adaptiert, und z.B. mit räumlichen Fokus-Verfahren [ZR02] kombiniert werden. D.h. schon auf dem Datenbank-Server müssen die Geodaten entsprechend Einsatzzweck und technischen Randbedingungen aufbereitet werden. So sind Streaming-Verfahren zu evaluieren und gegebenenfalls anzupassen [BE99].

Effiziente und flexible raumzeitliche Datenmodelle Wie erwähnt ist auf dem Client eine Persistenzschicht für Geodaten erforderlich. Im Idealfall unterstützt diese auch temporale Veränderung der Geodaten. Hierzu ist ein flexibles raumzeitliches Datenmodell, wie etwa von [ZI01]) zur Verwaltung und Auswertung räumlicher Daten und ihrer zeitlichen Veränderung notwendig. Dies ermöglicht die Entwicklung weitergehender Funktionalitäten hin zu einem raumzeitlichen GIS [BR01]. Zudem ist die Einbeziehung der dritten Dimension der Geoobjekte denkbar. Dabei sind die drei räumlichen Dimensionen und die zeitliche Dimension explizit durch entsprechende Datentypen zu unterstützen und nicht lediglich als zusätzliche Attributwerte zu betrachten [ZK01] Die Beispiele zeigen zwar, daß flexible Datenmodelle existieren, jedoch werden in Raum und Zeit veränderliche Objekte bis hin zu 3D-Geländemodellen als TIN in mobilen Datenbanken bisher nicht effizient genug verwaltet. Neben der Spezifikation der raumzeitlichen Datentypen sind daher entsprechende Datenbankunterstützung für entsprechende ressourcensparende Index- und Abfragemechanismen zu erarbeiten. Dabei ist auf Rechenzeit als auch Speicherbedarf Wert zu legen. Typischerweise kommen hierbei Approximationsverfahren zum Einsatz.

Replikation von Geodaten und mobile Transaktionen Ein Teil der Geodaten muss auf dem Client vorliegen, um Aktualisierungen überhaupt vornehmen zu können, und um eine gewisse Unabhängigkeit von unzuverlässigen Funknetzen zu gewährleisten. Also muss eine bestimmte Untermenge des Geodatensatzes auf dem Client repliziert werden [vgl. HOE01]. Dies muss aber aufgaben- und regionen-spezifisch konfigurierbar sein. Hier bietet z.B. das Konzept der nutzerdefinierten Replikation [GO01] erweiterte Möglichkeiten zur anwendungsgesteuerten dynamischen Auswahl von Replikaten replizierter relationaler Datenbankinhalten. Derartige Konzepte sind in weiteren Arbeiten bzgl. einer Adaption an die Anforderungen von Geodaten zu evaluieren. In der Regel sind im direkten Umfeld der Katastrophe sehr genaue und detaillierte Datenbestände notwendig, während die weitere Umgebung weniger genau repräsentiert sein kann. Zudem sollte z.B. ein entsprechender Download von weiteren Untermengen eines vorlie-

genden Basisbestands auf dem Client z.B. während der Einsatzfahrt über spezielle Mechanismen vorgesehen sein. Eine Anforderung ist dabei, dass erfasste Daten auf dem Client zwischengespeichert und je nach Verfügbarkeit des Netzwerks in bandbreitenschonender Weise übertragen werden. Dabei ist weniger eine zeitweilige Verfälschung der Datenbasis problematisch, als vielmehr, dass auf keinen Fall Deadlocks entstehen dürfen, oder sonstige Ausfälle des Systems die Folge sein darf. Daneben kann man diskutieren, ob zwar zeitweilig nicht aktuelle Daten vorliegen dürfen, aber es sollte dabei natürlich keine Erfassung am Client komplett verlorengehen (mit Ausnahme des Spezialfalls, daß durch das Fortschreiten des Ereignisses, sprich der Umweltkatastrophe, ein älterer Zustand komplett durch die neue Situation „überschrieben“ werden kann und die Archivierung des Zwischenzustandes zudem nicht für die Anwendung relevant ist). Ein wünschenswerter Aspekt bei der Transaktionssteuerung sind Nutzerrechte, die u. U. eine rollenspezifisch unterschiedliche Priorisierung von Schreib-Requests unterstützen sollten. All diese Aspekte werden durch die thematische Klammer "Konsistenz" zusammengehalten. Wie oben angedeutet ist auch hierbei eine Priorisierung unterschiedlich wichtiger Informationen wünschenswert, So sollten Meldungen mit höchster Priorität, die durch nichts zu behindern sind anders behandelt werden wie sonstige Informationen. Dies hat offensichtlich weitreichende Auswirkungen auf Replikation, Transaktionsmodell (z.B. Echtzeitverhalten für einen Teil der Operationen) und Kommunikation hat.

Ortsabhängige Anfragebearbeitung Ein wichtige Möglichkeit ortsbezogener Dienste (LBS) ist die Einbeziehung der Position, um eine Anfrage zu parametrisieren, z.B. auf den relevanten Gebietsausschnitt einzuschränken [ZP01, ZS02]. In welchen Anwendungsfällen ist dies sinnvoll? Ein Beispiel sind „Fokuskarten“, die den wesentlichen Teil einer Karte besonders darstellen [ZR02]. Weniger wichtige Informationen sollen schon früh generalisiert werden [CE00]. Eine weitere Möglichkeit sind ortsbezogen getriggerte Warnhinweise, z.B. wenn ein Nutzer einem akut gefährdeten Bereich zu nahe kommt. Eine weitere Anwendung stellt die ortsbezogene Erlaubnis zur Durchführung von Aktionen dar. So ist es denkbar, daß zur Qualitätssicherung Updates wirklich nur direkt „vor Ort“, d.h., in einer definierbaren Region vorgenommen werden dürfen.

3.3 Bedienschnittstelle

Um in einer Krisensituation ein hilfreiches Werkzeug darzustellen, muss die Bedienung gerade in Stresssituationen auch für ungeschulte Benutzer intuitiv und zuverlässig sein. Hierbei sind verschiedene Nutzerrollen (u. Endgeräte) zu unterscheiden: vom zu warnenden Bürger, Stabsstellen, Behörden bis zu den Rettungskräften vor Ort. Besonderes Augenmerk soll auf einer geeigneten Repräsentation räumlicher Daten mittels Karten liegen [ZI02]. Aktuell werden in einem Online-Prototypen hierzu interaktive Vektorkarten auf Basis von SVG (Scalable Vector Graphics) getestet. Neben „SVG-Playern“ für das Web wurden auch erste SVG-Browser für mobile Geräte entwickelt [BR02].

3.4 Positionierung

Positionierungsverfahren zählen nicht zu den datenbank-relevanten Technologien, dürfen aber bei der Entwicklung ortsbezogener mobiler Informationssysteme nicht vernach-

lässigt werden. Navigation und Orientierung sind wesentliche Aufgaben [HU03] in mobilen Anwendungen und gerade im Katastrophenfall unerlässlich. Hier sollen nicht die verschiedenen Positionierungstechnologien dargestellt werden, aber auf die Problematik der Genauigkeit der Ortsbestimmung bei Notfällen hingewiesen werden [STA02]. Hoffnung ergeben sich aus neuen Entwicklungen im Bereich Indoor-GPS [AU02]. Intelligente Positionierungs- und Navigationsunterstützung setzt nicht auf einzelne Technologien, sondern auf die integrative Kombination mehrerer Ansätze [KR02].

4. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurden Anforderungen an mobile Datenbanken und Informationssysteme anhand des Szenarios Einsatz mobiler Katastropheninformations- und -warnsysteme für Prävention und als Kommunikationsplattform im Krisenfall am Beispiel von Hochwasser diskutiert. Neben einer Diskussion von Anforderungen an Architektur und Benutzungsoberflächen wurde den Anforderungen bzgl. der Datenhaltung – und hier insbesondere der Verwaltung und Aktualisierung raumbezogener Daten besondere Beachtung geschenkt. Während zur Zeit die meisten mobilen GIS entweder reine Auskunftssysteme sind, oder aber eine spätere Synchronisierung der mobil aufgenommenen vektoriellen Geodaten mit dem Server bei Rückkehr aus dem Felde zum Einsatz kommt, müssen im skizzierten Fall die Daten aus der mobilen Erfassung zeitnah mit dem Server abgeglichen werden. Diese Synchronisation muss auch unter hoher Last bei unsicheren, kabellosen Netzverbindungen funktionieren. Hier fehlen für vektorbasierte Geodaten (im Gegensatz zu rasterbasierte Verfahren [RA99]) optimierte Protokolle für Übertragung und Aktualisierung, Es ergeben sich eine Reihe weiterer interessanter Möglichkeiten und Fragestellungen, z.B. 3D auf mobilen Geräten [CO02], Einbeziehung weiterer Kontext-Faktoren bei der Datenaufbereitung [ZI02], multi-modale Interaktion [HA03], oder Einbeziehung von individuellen Umweltinformationen [STO02].

Danksagung

Wir danken der Klaus-Tschira-Stiftung (KTS) für die Förderung und allen Mitarbeitern am EML und Partnern für anregende Diskussionen. Den Reviewern sei für ihre konstruktiven Hinweise zur Verbesserung des Beitrags gedankt.

Literaturverzeichnis

- [AS03] Assmann, A. u. S. Jäger (2003): GIS-Einsatz im Hochwassermanagement. In: Symposium für Angewandte Geographische Informationstechnologie. AGIT 2003. Salzburg.
- [BE99] Bertolotto M. & M. J. Egenhofer (1999): Progressive Vector Transmission, ACM-GIS 1999: 152-157.
- [BR01] Breunig, M. (2001): On the Way to Component-Based 3D/4D Geoinformation Systems". LNIES, . 94, Springer, Heidelberg.

- [BR02] Breunig, M., Brinkhoff, T., Bär, W. und Weitkämper, J. (2002): XML-basierte Techniken für Location-Based Services. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. pp. 26-35.
- [CE00] Cecconi, A. and Weibel, R. (2000). Map Generalization for On-demand Web Mapping. GIScience 2000, Savannah (GA, USA).
- [CO02] Coors, V. (2002): Dreidimensionale Karten für Location Based Services. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. pp 14-25.
- [GO03] Gollmick, C. (2003): Nutzerdefinierte Replikation zur Realisierung neuer mobiler Datenbankanwendungen. In: Gerhard Weikum, Harald Schöning, Erhard Rahm (Eds.): BTW 2003, Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web, Tagungsband der 10. BTW-Konferenz, 26.-28. Februar 2003, Leipzig: 453-462.
- [GU84] Guttman, A. (1984): R-trees: a dynamic index structure for spatial searching, Proc. of SIGMOD Conf., Boston. pp. 47-57.
- [HA03] Häußler, J, Zipf, A. (2003): Multimodale Kateninteraktion und inkrementelle Zielführung zur integrierten Navigationsunterstützung für Fußgänger und Autofahrer. Symp.für Angewandte Geographische Informationstechnologie. AGIT 2003. Salzburg.
- [HOF02] 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.
- [HOM96] Homagk, P. (1996): Hochwasserwarnsystem am Beispiel Baden-Württemberg. In Geowissenschaften 14, H. 12 (1996) 539-546.
- [HOE01] Höpfner, H. (2001) Grundlagen von Replikationstechniken für mobile Datenbanken, In Martin Endig, Thomas Herstel (Hrsg.): Tagungsband 13. GI-Workshop "Grundlagen von Datenbanken", Preprint Nr. 10/2001, Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, 68-72, Gommern, Juni 2001.
- [HU03] Hunolstein S.V. & Zipf, A. (2003): Towards Task Oriented Map-based Mobile Guides. In: Schmidt-Belz et al: HCI in Mobile Guides. Workshop at MobileHCI. Fifth Int. Symp. on Human Computer Interaction with Mobile Devices. Udine. Italy.
- [KI03] Kienzle, A., D. Hannich u. W. Wirth (2003): Das GIS als Werkzeug bei der Analyse der Erdbebengefährdung urbaner Räume. In: Symposium für Angewandte Geographische Informationstechnologie. AGIT 2003. Salzburg.
- [KR02] Kray, C., Baus, J. & Krüger, A. (2002): Positionsinformation & Navigationsaufgaben. In: Zipf, A. & Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann. Heidelberg. 98-108.
- [KU02] Kubach, U. (2002): Vorabübertragung ortsbezogener Informationen zur Unterstützung mobiler Systeme. Dissertation. Universität Stuttgart. Institut für Parallele und Verteilte Systeme. Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik.
- [LE01] Lehner, W. (Hrsg.) (2001): Advanced Techniques in Personalized Information Delivery. Arbeitsbericht des Instituts für Informatik, Universität Erlangen-Nürnberg, 34(5), 2001.
- [LE02] Lehner, W (2002): Subskriptionssysteme: Marktplatz für omniprésente Informationen. Teubner Texte zur Informatik, Band 36, B.G. Teubner Verlag Stuttgart. 2002.
- [LE03] Leiner, R. (2003): Erfassung und Modellierung der räumlichen und zeitlichen Überschwemmungsflächendynamik in Flussauen am Beispiel des nördlichen Oberrheins. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Heidelberg.
- [MA00] Mahlau A. et al. (2000): FLOODFILL Katastrophenmanagement und Risikoanalyse im Hochwasserschutz. AGIT 2000. Symp. f. Angew. Geogr. Info.techn. Salzburg.
- [NO00] Noggler B. (2000): GIS im Katastrophen- und Zivilschutz. AGIT 2000. Salzburg.
- [PE03] Peinado, O. et al. (2003): Fernerkundung und GIS im Katastrophenmanagement - die Elbe-Flut 2002. In: AGIT 2003. Salzburg.
- [RA99] Rauschenbach, U. (1999): The Rectangular Fish Eye View as an Efficient Method for Transmission and Display of Large Images. IEEE ICIP'99, Kobe, Japan. 24.-28.10.1999.

- [RU02] Ruzicka, R.G. (2002): pocket eHIS – mobiler GPS-unterstützter Zugriff auf geodätische Daten und Umweltinformationen. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. pp 210-215.
- [SE03] Schmidt, F. u. Ehret, U. (2003): HBV-IWS-02 und ArcGIS: Entwicklung eines GIS-gekoppelten hydrologischen Modells. In: 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". Universität Magdeburg. 21.-22.03.2002.
- [SH02] Shekhar S., Huang Y., Djugash J. & Zhou C. (2002): Vector map compression: a clustering approach, In: ACM GIS 2002. Proc. of the tenth ACM int. symposium on Advances in geographic information systems. McLean, Virginia, USA. pp. 74-80.
- [STA02] Staudinger, M. und Haselgüler, 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. pp. 150-156.
- [STO02] Storch, H. (2002): Mobiler Zugriff auf Umweltinformationen – konzeptionelle Anforderungen an integrative Umweltbewertungsverfahren auf der Basis von individuellen Präferenzen in zeit-räumlichen Kontexten. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg. pp. 157-166.
- [ZA01] Zipf, A. und Aras, H. (2001): Realisierung verteilter Geodatenserver mit der OpenGIS SFS für CORBA. In: GIS. 3/2001. GIS - Geo-Informationen-Systeme. pp 36-41.
- [ZI01] Zipf, A. and Krüger, S. (2001a): TGML - Extending GML by Temporal Constructs - A Proposal for a Spatiotemporal Framework in XML. ACM-GIS 2001. Atlanta. USA.
- [ZP01] Zipf, A. (2001): Interoperable GIS-Infrastrukturen für Location-Based Services (LBS) - M-Commerce und GIS im Spannungsfeld zwischen Standardisierung und Forschung. In: GIS Geo-Informationen-Systeme. 09/2001. pp. 37-43.
- [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 Communic. Techn. in Tourism, ENTER 2002. Innsbruck. Springer. Heidelberg, Berlin.
- [ZS02] Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.): Geoinformation mobil. Wichmann Verlag. Heidelberg.
- [ZK01] Zipf, A. und Krüger, S. (2001b): Flexible Verwaltung temporaler 3D-Geodaten. In: GIS - Geo-Informationen-Systeme. 12/2001. pp 20-27.
- [ZR02] Zipf, A. and Richter, K.F. (2002): Using Focus Maps to Ease Map Reading. Developing Smart Applications for Mobile Devices. In: Künstliche Intelligenz. 04/2002. pp. 35-37.