

# Absperrung eines Gefahrengebietes

Roland König, Ralf Neugebauer, Jürgen Biermann, Theodor Gervens, Marcus Bertling, Daniel Kümper

Labor für Softwaretechnik, Fachhochschule Osnabrück  
{r.koenig, r.neugebauer, j.biermann, t.gervens, m.bertling, d.kuemper}@fh-osnabrueck.de

**Abstract.** Dangerous situations need an expert emergency staff planning the determination of an evacuation area with respect to a danger zone. One example of this is a bomb threat scenario. This article presents an algorithm, which supports staff in finding evacuation areas. Based on street geodata the algorithm determines traffic barriers around an initial area. Due to regulations imposed by the fire department these barriers must fulfil certain conditions. Furthermore the residential zone relevant to the danger is determined. This work is part of a research project called OKGIS (open disaster management with free GIS components), which is concerned with implementing OGC- and other software specifications as open software.

## 1 EINLEITUNG

Bei einer Reihe von Szenarien, die die stabsmäßige Planung von Einsatzkräften der Feuerwehr erfordern, ist es nötig, die Einrichtung von Absperrgebieten auf der Grundlage von Gefahrengebieten zu planen und durchzuführen. Eine Bombenräumung stellt ein typisches Beispiel für ein solches Szenario dar. Im Rahmen des OKGIS-Projekts an der Fachhochschule Osnabrück wurde ein Verfahren zur Unterstützung der Stabsmitarbeiter entwickelt, das anhand eines Ausgangsgebiets die Straßenkreuzungen ermittelt, an denen Straßensperren errichtet werden müssen. Darüber hinaus werden die Flurstücke bzw. Wohngebiete ermittelt, die im Falle einer Katastrophe oder eines außergewöhnlichen Ereignisses das Evakuierungsgebiet darstellen.

## 2 ANFORDERUNG

In Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr Osnabrück wurde der Ablauf der Planung eines Absperrgebiets analysiert, um die Anforderungen an ein entsprechendes Verfahren festzulegen. Ausgangspunkt für das im Folgenden zu beschreibende Verfahren ist ein Gebiet (fortan auch Ausgangsgebiet genannt), für das eine Evakuierung oder eine Räumung aufgrund einer dro-

henden oder bereits vorhandenen Gefährdung erforderlich ist. In Abbildung 1 ist beispielhaft ein solches Gebiet in einen Plan der Stadt Osnabrück eingezeichnet.



Abbildung 1 Das Gefahren- bzw. Ausgangsgebiet

Selbstverständlich müssen Straßensperren eingerichtet werden, um unbefugten Zugang zum Gefahrengebiet zu unterbinden. Solche Sperrpunkte ergeben sich im ersten Schritt als Schnittpunkte der Grenzlinie des Ausgangsgebietes mit den hinein- und hinausführenden Straßen. Wie unmittelbar anhand von Abbildung 2 ersichtlich ist, sind die sich zunächst ergebenden Absperrpunkte nicht geeignet. An einen zulässigen Absperrpunkt werden folgende Anforderungen gestellt:

- Ein Absperrpunkt muss immer an einer Straßenkreuzung oder Straßeneinmündung liegen.
- Ein Absperrpunkt liegt nicht im Ausgangsgebiet.
- Ein Absperrpunkt liegt an einer Kreuzung bzw. Straßeneinmündung, von der mindestens zwei Straßenabschnitte wegführen, die nicht ins Ausgangsgebiet führen und die keine Sackgassen sind, so dass problemlos An- und Abfahrten zum Absperrpunkt möglich sind.

Auf mögliche Einbahnstraßenregelungen braucht keine Rücksicht genommen zu werden, da diese in einer Großschadenslage bzw. Ausnahmesituation außer Kraft gesetzt werden können.

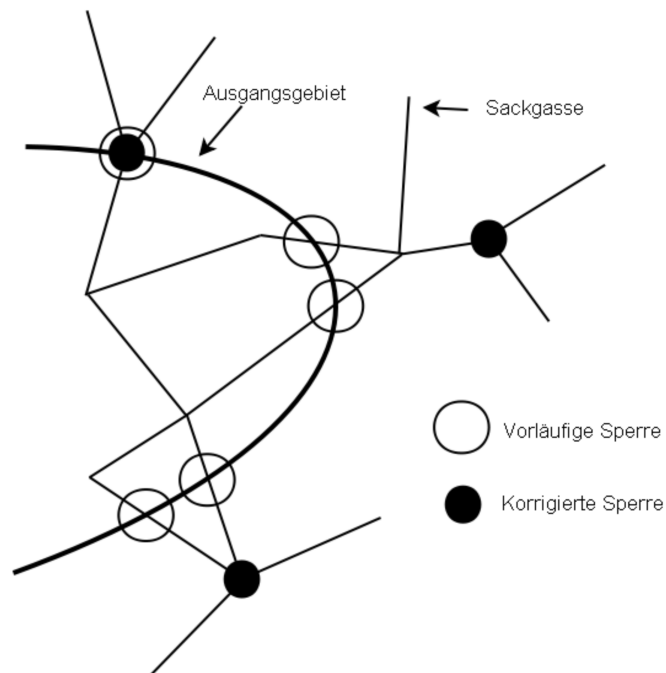


Abbildung 2 Zulässige Absperrpunkte

Die zulässigen Absperrpunkte bilden den Ausgangspunkt zur Bestimmung des endgültigen Sperr- bzw. Evakuierungsgebietes. Für den Bediener stellt sich die Bestimmung der Absperrpunkte und des Sperrgebietes in folgenden Schritten dar:

1. Der Bediener bestimmt ein Ausgangsgebiet für das Sperrgebiet. Dies geschieht in der Regel durch manuelle Eingabe oder durch Aufrufen eines weiteren speziellen Dienstes, der vom jeweiligen Einsatzszenario abhängt. Im Fall einer Bombenräumung beispielsweise hängt dieses Gebiet von der vermuteten Sprengkraft der Bombe ab, im Falle eines Gasausbruchs kann das Ausgangsgebiet Ergebnis einer Modellrechnung zur Gasausbreitung sein.
2. Das System findet geeignete Orte für zulässige Straßensperren wie oben erläutert. Hierbei darf es nur zu einer Vergrößerung des Ausgangsgebiets kommen. Die Absperrpunkte werden folglich längs der Straßenlinien vom Ausgangsgebiet zu einer Straßenkreuzung bewegt.
3. Aus dem Ausgangsgebiet, den Flurstücken, die dieses schneiden, sowie den Flurstücken, die an gesperrten Straßenflurstücken angrenzen, wird das Sperrgebiet gebildet. Flurstücke, die aufgrund ihrer Größe zu einer unverhältnismäßigen Vergrößerung des Sperrgebiets

führen würden, werden durch Verschneiden mit einer Pufferung des Ausgangsgebiets und der Flurstücke gesperrter Kanten verkleinert. Das Ergebnis stellt das Sperr- oder Evakuierungsgebiet dar.

Hierbei muss aber noch dem Grundsatz Rechnung getragen werden, dass die Einsatzleitung in ihrer Entscheidungsfindung zwar unterstützt werden soll, in der Gestaltung der Maßnahmen aber in jedem Fall freie Hand haben muss und nicht durch Automatismen eingeschränkt werden darf. Somit müssen sowohl im Anschluss an Punkt 2 und auch Punkt 3 noch manuelle Korrekturmöglichkeiten vorgesehen werden.

### **3 ALGORITHMISCHE UMSETZUNG**

Die Basis der Umsetzung bildete eine Darstellung des Straßennetzes der Stadt Osnabrück als Graph. Dieser Graph ermöglicht die Nutzung von Kanten- und Knotenobjekten, die grundsätzlich für das Verfahren benötigt werden, um z. B. Sackgassen zu ermitteln oder Sperrpunkte entlang der Straßenverläufe zu verschieben. Die Kanten stellen hier den Straßenverlauf zwischen zwei Straßenkreuzungen dar und die Kreuzungen entsprechen den Knoten des Graphen.

Aus den Anforderungen ergeben sich für das Verfahren neben geeigneter visueller Darstellungs- und Editiermöglichkeiten zwei algorithmische Bearbeitungsschritte, die es umzusetzen gilt:

1. Bestimmung zulässiger Absperrpunkte
2. Bestimmung des Evakuierungsgebietes

Bei beiden Punkten wird ein hinreichend großer Arbeitsbereich an Straßenabschnitten vorausgesetzt.

#### **3.1 Bestimmung der Absperrpunkte**

Im Folgenden wird die Generierung der Absperrpunkte ausgehend von einem Ausgangspolygon, welches das Ausgangsgebiet beschreibt, erläutert. Dabei seien die Symbole

1. G: Menge von Kanten
2. S: Menge von Sackgassenkanten
3. B: Menge gesperrter Kanten
4. K: Menge von Absperrpunkten

definiert.

Zunächst werden sämtliche Kanten, die den Arbeitsbereich nicht schneiden und nicht „tot“ sind<sup>1</sup>, zur Grundmenge  $G$  zusammengefasst. Jede Kante der Menge  $G$  wird anschließend geprüft, ob sie eine Sackgasse ist oder zu einer Sackgasse führt. Die entsprechenden Kanten werden zur Menge  $S$  der Sackgassenkanten hinzugefügt. Weiterhin werden die Kanten der Menge  $G$  nach folgendem Schema (die angegebenen Bezeichnungen beziehen sich auf Abbildung 3) klassifiziert:

1. Die Kante und ihre Knoten befinden sich vollständig innerhalb des Ausgangspolygons:  $\{a_1, a_2\}$ .
2. Ein Knoten befindet sich innerhalb und ein Knoten außerhalb des Ausgangspolygons:  $\{b_1, b_2, b_3\}$ .
3. Die Kante und ihre Knoten befinden sich vollständig außerhalb des Ausgangspolygons:  $\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$ .
4. Beide Knoten der Kanten befinden sich innerhalb des Ausgangspolygons und es existieren mindestens 2 Schnittpunkte zwischen Kante und Polygon:  $\{d_1, d_2\}$ .
5. Beide Knoten der Kanten befinden sich außerhalb des Ausgangspolygons und es existieren mindestens 2 Schnittpunkte zwischen Kante und Polygon:  $\{e_1, e_2\}$ .

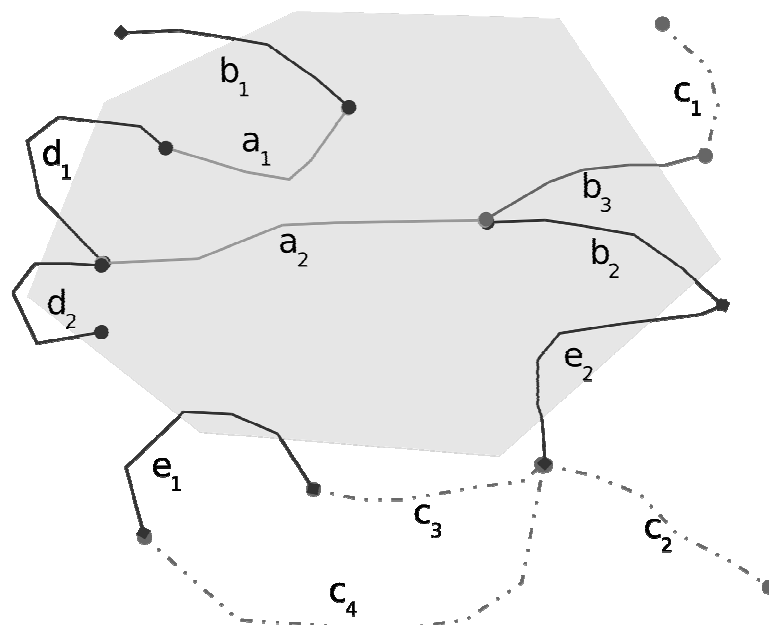


Abbildung 3 Klassifizierung der Kanten

<sup>1</sup> Diese Kanten besitzen nur einen Knoten, d.h. Start- und Endknoten haben die gleiche Koordinate. Ferner besitzt der Knoten keine Kante, die ihn mit dem Rest des Graphen verbindet.

Alle Kanten der Klassen 1, 2, 4 und 5 bilden die Menge B der gesperrten Kanten und werden entsprechend markiert. Die Menge K der anfänglichen Absperrpunkte ergibt sich aus den Anfangs- und Endknoten der Kanten der Menge B, die außerhalb des Ausgangspolygons liegen. Jeder Absperrpunkt referenziert genau einen Knoten des Graphen.

Jeder Absperrpunkt der Menge K wird nun folgendermaßen bearbeitet:

- Der Knoten des Absperrpunkts ist ausschließlich mit Kanten der Mengen S und B verbunden: Sämtliche Sackgassenkanten, die mit dem Knoten verbunden sind, und alle ihre Nachfolgekanten werden der Menge B hinzugefügt und der Absperrpunkt wird gelöscht<sup>2</sup>.
- Zwei Absperrpunkte kennzeichnen denselben Knoten: Von den beiden Absperrpunkten wird einer zufällig ausgewählt und gelöscht.
- Der Knoten des Absperrpunkts besitzt genau eine Kante, die sich nicht in der Menge S oder B befindet: Der Sperrpunkt wird entlang dieser Kante verschoben und die Kante wird zur Menge B hinzugefügt.

In allen drei Fällen wird der Absperrpunkt zusätzlich noch als „geändert“ markiert. Falls der Knoten eines Absperrpunkts mindestens über zwei Kanten verfügt, die sich nicht in der Menge S oder B befinden, wird nichts geändert und der nächste Absperrpunkt der Menge K gewählt. Dieses Verfahren terminiert, wenn in einem Durchgang der Bearbeitung aller Absperrpunkte in K kein Absperrpunkt als „geändert“ markiert wurde:

```
do {
    geändert=false
    for all i aus K //Schleife Absperrpunkte
        bearbeite(i); //siehe oben
        if (i verändert) geändert=true
} while (geändert true)
```

Das Ergebnis ist eine Menge von Absperrpunkten und gesperrten Kanten. Abbildung 4 zeigt das Ergebnis, welches diese Vorgehensweise liefert, wenn der in Abbildung 2 gezeigte Ausgangsbereich die Grundlage bildet.

---

<sup>2</sup> d.h. der vom Absperrpunkt referenzierte Knoten selbst bleibt erhalten.

Die gesperrten Kanten sind dort in schwarz dargestellt und die Sackgassen als gepunktete Linien.

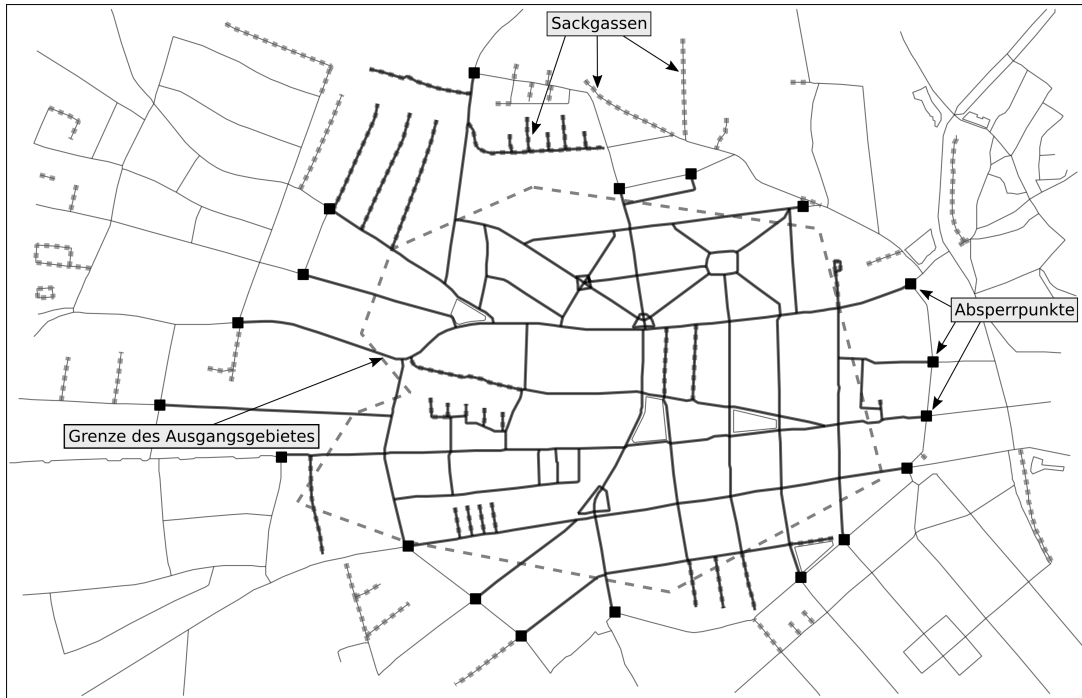


Abbildung 4 Zulässige Absperrpunkte

### 3.2 Bestimmung des Sperrgebietes

Unter Verwendung des Ausgangspolygons sowie der aus dem vorherigen Schritt ermittelten zulässigen Absperrpunkte und gesperrten Kanten wird das Absperrgebiet auf Basis vorhandener Flurstücksdaten schrittweise erzeugt. Zur genaueren Beschreibung werden folgende Mengenbezeichnungen eingeführt:

- $A =$  das Ausgangsgebiet
- $H =$  { die (u. U. abgeschnittenen) Flurstücke der durch Absperrungsverschiebung hinzugekommenen Straßenabschnitte }
- $F =$  { alle vorhandenen Flurstücke }

Zunächst werden alle Flurstückspolygone, die das Ausgangspolygon schneiden, das Ausgangspolygon selber sowie alle Flurstückspolygone, die an in Schritt 1 zusätzlich gesperrten Straßenabschnitten angrenzen, zu einem großen Polygon  $P_1$  vereinigt:

$$P_1 = \bigcup_{f \in F, f \cap A \neq \emptyset} f \cup A \cup \bigcup_{f \in F, f \text{ grenzt an ein } h \in H} f$$

Flurstücke werden hier mit ihren Randpolygonen identifiziert. Da es vorkommen kann, dass bestimmte Flurstücke aufgrund ihrer flächenmäßigen Ausdehnung das Evakuierungsgebiet unverhältnismäßig vergrößern würden, wird es mit Verschneidungen einer äußeren Pufferung des Ausgangsgebiets und der zusätzlich abzusperrenden Flurstücke verkleinert, um ein realistischeres Bild des betroffenen Gebiets zu erhalten.

Sei dazu mit  $Pu(P,d)$  der äußere Puffer eines Polygon  $P$  mit Pufferweite  $d$  um  $P$  beschrieben. Dann gibt  $P_2$  mit

$$P_2 = Pu(A,d) \cup \bigcup_{h \in H} Pu(h,d)$$

den Pufferbereich um  $A$  und  $H$  an. Das Sperrpolygon  $P$ , welches das endgültige Sperrgebiet beschreibt, ergibt sich dann als Durchschnitt der beiden Polygone  $P_1$  und  $P_2$ :

$$P = P_1 \cap P_2$$

## 4 VORGEHENSWEISE BEI DER IMPLEMENTATION

Die Implementierung des zuletzt beschriebenen Schrittes erfolgt mit Hilfe geeigneter geometrischer Operationen wie `Intersects`, `Touche`, `Buffer` oder `Union` der `JTS`<sup>3</sup>. Bei allen Implementationsschritten bildet der bereits erwähnte Graph die entscheidende Grundlage. Der Graph ist in Java implementiert; er modelliert das Straßennetz der Stadt Osnabrück durch Java-Objekte wie `Node` und `Edge`<sup>4</sup>. Der Graph ist in der Lage, über eine WFS-Schnittstelle die benötigten Daten von einer Geodateninfrastruktur anzufordern. Zurzeit wird hierzu jedoch noch die Schnittstelle des Graphen zu einer PostgreSQL-Datenbank mit PostGIS-Erweiterung verwendet. Ebenso werden die weiteren erforderlichen Geodaten (Flurstücke) in der Entwicklungsphase in einer lokalen PostGIS-Datenbank gehalten.

Das beschriebene Verfahren wird auf einem speziellen Server implementiert, der eine entsprechende WFS-Schnittstelle aufweist. Der Aufruf erfolgt über reiche Klienten, die mit Hilfe des als freie Software zur Verfügung stehenden Geoinformationssystems `OpenJUMP` realisiert wurden. Hiermit steht unmittelbar eine komfortable Benutzerschnittstelle zur Ver-

---

<sup>3</sup> Java Topology Suite von Vividsolutions

<sup>4</sup> Straßen-, Flurstücks- und Gebäudedaten wurden von der Stadt Osnabrück, Fachbereich Geodaten, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

fügung, die die Visualisierung, Eingabe und Bearbeitung der Gebiete, Straßenverläufe und Punkte ermöglicht. Insbesondere ist eine gemeinsame Darstellung der Ergebnisse des Verfahrens mit einer digitalen Straßenkarte sowie mit der im OKGIS-Projekt entwickelten digitalen Lagekarte vorhanden.

## **5 AUSBLICK**

Das Sperrgebiet wird in Form von WMS-Karten weiteren Klienten und einer Geodateninfrastruktur zur Verfügung gestellt. Die Realisierung des Algorithmus sowie dessen Einbettung in eine digitale Lagekarte werden zurzeit an Praxis relevanten Szenarien in Kooperation mit der Berufsfeuerwehr Osnabrück evaluiert und verfeinert.

Es erweist sich beispielsweise als sinnvoll, in Abhängigkeit vom Einsatztyp sowie der Lage des Evakuierungsgebietes den Bediener auf besondere Gebäude wie z.B. Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten usw. und die sich innerhalb oder am Rand des Sperrgebietes befinden, durch Markierungen hinzuweisen.

Bei der Evakuierung der Bevölkerung kann es von Interesse sein, genaue Informationen über deren Altersverteilung zu erhalten. Zu diesem Zweck wird für den Stabsklienten ein Werkzeug implementiert, mit dem man für ein zuvor markiertes Gebiet eine Analyse der Bevölkerungsverteilung nach frei wählbaren Altersklassen durchführen kann. Diese Analyse könnte ebenso für das Sperrgebiet nach Abschluss der Planung automatisch durchgeführt werden.

Vorliegende Arbeit ist im Rahmen des Verbundprojektes OKGIS (Offenes Katastrophenmanagement mit freiem GIS, siehe auch [www.okgis.de](http://www.okgis.de)) entstanden und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. In OK-GIS wurden auch von den Kooperationspartnern eine Reihe weiterer WPS-Prozesse umgesetzt. Beispiele enthalten sowohl elementare, allgemeine GIS-Funktionen (Verschneidungen, Spatial Joins, Aggregationen, Erreichbarkeits- und Versorgungsgebiete, Thiessen-Polygone, DGM-Processing etc.), als auch domänenspezifische Analysen (z.B. für ein Bombenfundszenario), die erstere Basisprozesse zu komplexeren Workflows aggregieren. Aktuell werden weitere WPS-Prozesse für den Fall der windrichtungsabhängigen Bestimmung der Ausdehnung von Giftgaswolken o.ä., als auch Sichtbarkeitsanalysen (Viewshed) umgesetzt.

## 6 LITERATUR

- Brinkhoff T., Bertling M., Biermann J., Gervens T., König R., Kümper D., Neis P., Stollberg B., Rolfs C., Weiser A., Weitkämper J., Zipf A. (2008): Offenes Katastrophenmanagement mit freiem GIS. Zur interoperablen Kopplung von Leitstellensystem, mobilen Clienten und GDI mit Prozessierungsdiensten; eingereicht auf AGIT 2008, Symposium und Fachmesse Angewandte Geoinformatik, Salzburg
- Panagiotis A.(2005): OpenGIS Web Feature Service 1.1.0, Open Geospatial Consortium (OGC 04-094), OpenGIS Standard.
- Stollberg, B. und Zipf, A. (2008): Potentiale und Probleme der Geodatenanalyse im Web - der OGC Web Processing Service (WPS), Kolloquium für Theorie und Quantitative Methoden in der Geographie, Salzburg.
- Stollberg, B. and Zipf, A. (2007): OGC Web Processing Service Interface for Web Service Orchestration - Aggregating Geo-processing Services in a Bomb Threat Scenario. In: Web and Wireless Geographical Information Systems. 7<sup>th</sup> International Symposium, W2GIS 2007, Cardiff, UK, November 2007 Proceedings. LNCS 4857, pp. 239-251. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Schut,P.(2007): OpenGIS Web Processing Service 1.0.0, Open Geospatial Consortium (OGC 05-007r7), OpenGIS Standard.
- Turau, V. (2004): Algorithmische Graphentheorie, Oldenbourg.
- Weiser, A., Neis, P. and Zipf, A. (2006): Orchestrierung von OGC Web Diensten im Katastrophenmanagement - am Beispiel eines Emergency Route Service auf Basis der OpenLS Spezifikation. In: GIS - Zeitschrift für Geoinformatik. 09/2006. pp. 35-41.
- Weiser, A. and Zipf, A. (2007): Web Service Orchestration of OGC Web Services for Disaster Management. Joined CIG/ISPRS Conference on Geomatics for Disaster and Risk Management, May 2007. Toronto, Kanada.