

# 3D-Hochwasservisualisierungen und die Anforderungen der Nutzer

Judith AKER

Institut für Geographie · Universität Augsburg · Alter Postweg 118 · 86159 Augsburg  
E-Mail: judith.aker@gmx.de

*Dieser Beitrag wurde durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.*

## Zusammenfassung

Immer häufiger treten verheerende Hochwasser auf und verursachen jährlich Schäden in Milliardenhöhe. Die EU-Richtlinie zur Bewertung und zum Management von Hochwasserrisiken (2007/60/EG) verpflichtet alle Mitgliedsstaaten zur Erstellung von Hochwassermanagementplänen, welche konkrete (Schutz-)Maßnahmen und Ziele zur Verringerung und Bewältigung von Hochwasser aufzeigen sollen. Dafür werden Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten verschiedener Hochwasserszenarien erstellt, welche nicht nur Kommunen, sondern auch der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden, um Hochwasserrisiken aufzuzeigen und damit jedem Einzelnen die Möglichkeit zu geben, entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen. Unter der Annahme, dass eine realistischere, dreidimensionale Darstellung für Bürger leichter verständlich ist als abstrakte Karten, werden interaktive 3D-Visualisierungen von Hochwasser erstellt. Diese Visualisierungen liegen in Open Source- und proprietären Datenformaten vor. Zwei interaktive Darstellungsmöglichkeiten werden von Anwohnern überschwemmungsgefährdeter Gebiete innerhalb einer Usability Evaluation mittels formaler und explorativer Methoden getestet, um Anforderungen einer dreidimensionalen Präsentation von Hochwasser für diese Nutzergruppe zu ermitteln. Die Studie zeigt, dass neben einem angemessenen Funktionsumfang und einer übersichtlichen Benutzeroberfläche vor allem die Art der Bereitstellung für die Anwender von Bedeutung ist.

## 1 Hintergrund und Zielstellung

Hochwasser ist ein Naturereignis, welches in unregelmäßigen Abständen auftritt. Abhängig von Zufluss und Niederschlag ändern sich die Wassermengen in Bächen und Flüssen. Hochwasser ist eine wichtige Voraussetzung für die Artenvielfalt und den Lebensraum intakter Fließgewässer, dadurch werden Flusstäler und Auen geformt. Wenn jedoch der Mensch, seine wirtschaftlichen Aktivitäten und materiellen Güter vom Hochwasser betroffen sind, müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden (SOWA 2010).

Die Richtlinie 2007/60/EG der Europäischen Union hat zum Ziel, einen einheitlichen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken zu schaffen, um nachteilige Folgen von Hochwasser zu verringern. Bestandteil der Richtlinie ist eine dreistufige

Vorgehensweise, ausgehend von der Bewertung von Gewässern mit signifikantem Hochwasserrisiko, über die Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für bestimmte Eintrittswahrscheinlichkeiten bis hin zur Erarbeitung von Hochwassermanagementplänen. Die nach der Richtlinie erstellten Hochwasserkarten müssen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden (CEC 2007) und dienen als Kommunikationsmittel für die Vermeidung und Bewältigung von Hochwasserrisiken (FUCHS et al. 2009). Die verschiedenen Nutzergruppen (Experten, sensibilisierte Nutzer und Laien) stellen jedoch unterschiedliche Ansprüche an Inhalt, Detaillierungsgrad und Gestaltung der Hochwasserkarten (SEIDEL & DORNER 2011).

Die 3D-Landschaftsvisualisierung stellt die tatsächliche Umgebung und vor Ort-Konditionen in dreidimensionaler Perspektive in unterschiedlichen Realitätsgraden dar (PAAR et al. 2004, SHEPPARD 2005). Durch die realitätsnahe Darstellung der natürlichen Gegebenheiten und durch die detaillierte Visualisierung bekannter und vertrauter Orte wird (im Gegensatz zu Karten, abstrakten Diagrammen oder Luftbildern) für Anwohner oder Nutzer eine emotionale Bindung zur Örtlichkeit hergestellt (SHEPPARD et al. 2008).

Ziel der hier vorgestellten Arbeit ist es, die Möglichkeiten der dreidimensionalen Darstellung von Hochwasser zu untersuchen und geeignete Visualisierungen zu erstellen. Die Gebrauchstauglichkeit von zwei interaktiven 3D-Darstellungen wird mittels einer Usability Evaluation durch Anwohner hochwassergefährdeter Gebiete beurteilt. Dabei sollen Anforderungen an die Präsentation von Hochwasser für diese spezielle Nutzergruppe ermittelt werden. Diese beinhalten neben dargestellten Inhalten auch die Interaktionsmöglichkeiten und Art der Bereitstellung. Durch die visuelle Wirkung der realitätsnahen 3D-Visualisierung soll dem Betrachter ein mögliches Risiko bewusst gemacht werden, welches im besten Falle zu einer aktiven Hochwasservorsorge führt.

Folgend werden zunächst die Untersuchungsgebiete und zugrunde liegenden Daten beschrieben. Vor- und Nachteile möglicher Ansätze zur interaktiven 3D-Visualisierung von Hochwasser werden präsentiert. Anschließend werden Ergebnisse der Usability Evaluation vorgestellt.

## 2 Untersuchungsgebiete und Datengrundlage

Für die dreidimensionale Visualisierung von Hochwasserszenarien wurden zwei unterschiedliche Bereiche innerhalb Bayerns ausgewählt. Das Untersuchungsgebiet *Wörnitz* im Landkreis Donau-Ries umfasst etwa 120 km<sup>2</sup> und beinhaltet 23 Flusskilometer der Wörnitz. Das Testgebiet *Ostrach* befindet sich im Landkreis Oberallgäu. Innerhalb des ca. 80 km<sup>2</sup> großen Bereichs werden 13 km der Ostrach betrachtet.

Die zugrunde liegenden Daten für diese Arbeit sind in zwei Gruppen eingeteilt. Zum einen die zu vermittelnden Fachdaten: Eintrittswahrscheinlichkeiten, Wassertiefen und Hochwasserrisiko; zum anderen ergänzende Hintergrundinformationen. Für beide Untersuchungsgebiete sind Daten in gleicher Quantität und Qualität vorhanden.

Die Fachinformationen wurden vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) bereitgestellt. Die Abteilung für Wasserbau, Hochwasserschutz und Gewässerschutz erfasst und verarbeitet hydrologische Daten um vorbeugende Schutzmaßnahmen vor Umweltgefahren, wie beispielsweise Hochwasser, zu ermöglichen (LfU 2009). Der Hochwasserabfluss (HQ)

wurde statistisch für folgende Hochwasserszenarien ermittelt:  $HQ_{\text{häufig}}$  (min. 5 bis 20 Mal in 100 Jahren),  $HQ_{100}$  (min. einmal in 100 Jahren) und  $HQ_{\text{extrem}}$  ( $1,5 \cdot HQ_{100}$ ). Diese Wiederkehrintervalle sind für folgende Themen gegeben:

- **Eintrittswahrscheinlichkeiten** zeigen die Ausdehnung eines Hochwassers. Für jedes Szenario liegt ein *Shapefile* mit beschreibenden Attributen vor.
- **Wassertiefen** zeigen neben der Ausdehnung des Hochwassers auch die Tiefe in sechs Klassen. Wertebereiche der Wassertiefen sind:  $>0 - 0,5 \text{ m}$ ;  $>0,5 - 1 \text{ m}$ ;  $>1 - 2 \text{ m}$ ;  $>2 - 4 \text{ m}$ ;  $>4 \text{ m}$  und *nicht ermittelt*.
- **Hochwasserrisikoflächen** werden durch Verschneidung der Eintrittswahrscheinlichkeiten mit der *tatsächlichen Nutzung* ermittelt. Letztere beschreibt die Bodennutzung zum Erfassungszeitpunkt und ist in vier Hauptgruppen (Siedlung, Verkehr, Vegetation und Gewässer) eingeteilt.

Ergänzende geographische Daten wurden vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) bereitgestellt. Verwendete Hintergrunddaten sind neben digitalem Geländemodell (DGM25) und digitalen Orthophotos (DOP20) ein 3D-Gebäudemodell im Level of Detail 1 (LoD1). LoD1 ist der niedrigste Detaillierungsgrad dreidimensionaler Modelle und beschreibt ein Block- oder Klötzchenmodell ohne Dachformen und Fassadentextur. Diese Daten sind nicht ausschließlich als Orientierungs- und Visualisierungshilfen zu verstehen: das digitale Geländemodell ist notwendig um Höheninformationen zu beziehen und um diese auf die Fachdaten und digitalen Orthophotos zu übertragen.

### 3 Interaktive 3D-Visualisierungen

Im Gegensatz zu statischen Visualisierungen (2D oder 3D) lässt sich mithilfe einer grafischen Benutzeroberfläche, bestehend aus systematisch angeordneten grafischen Schaltflächen, Eingabegeräten und Bildschirmanzeige, eine Interaktion des Benutzers mit dem Informationssystem realisieren (HAKE et al. 2002). Beispielsweise können durch Anklicken von Kartenelementen zusätzliche Daten wie Texte, Fotos oder Grafiken angezeigt werden (KOHLESTOCK 2010). Funktionen wie Pannen und Zoomen zur Änderung von Maßstab und Ausschnitt erlauben die Bewegung in einem großen Informationsraum (LECHTHALER & STADLER 2006). Nachfolgend werden zwei 3D-Hochwasservisualisierungen vorgestellt und deren Vor- sowie Nachteile diskutiert.

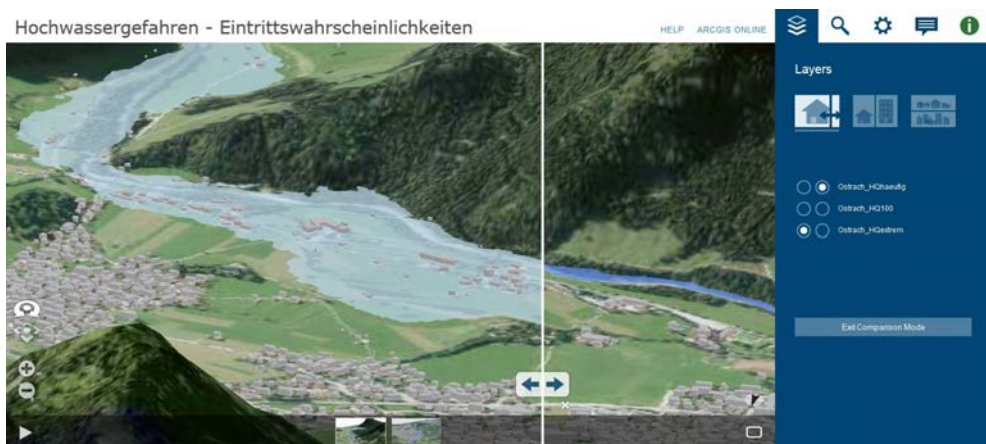
#### 3.1 Web Scene

Eine Möglichkeit zur Darstellung interaktiver dreidimensionaler Inhalte im Webbrowser bieten *CityEngine Web Scenes*. Die 3D-Analyst Extension von Esri ermöglicht den Export ins proprietäre .3ws-Format. Web Scenes können mit dem CityEngine Web Viewer im Browser betrachtet werden. Der kostenlose Viewer kann heruntergeladen werden, um lokale .3ws-Dateien im Browser anzuzeigen. Alternativ können die Web Scenes über ArcGIS Online, eine cloudbasierte Plattform, im WWW veröffentlicht werden. Zum Betrachten der 3D-Szenen ist ein WebGL-fähiger Browser ohne zusätzliche Plug-Ins notwendig.

Für den Export in eine Web Scene sind nur bestimmte Datenformate und Dokumenteigenschaften zulässig. Raster- und TIN-Layer sowie extrudierte Features mit Z-Werten können für den Export verwendet werden. Räumliche Lesezeichen, Gruppen-Layer und Sichtbar-

keit von Layern werden bei dem Export als Standardeinstellungen in der Web Scene übernommen (ESRI 2013).

Neben den Einstellungen, die beim Erstellen der Web Scene berücksichtigt werden, gibt es aber auch Beschränkungen. Beispielsweise wird die festgelegte Darstellungsreihenfolge von dreidimensionalen Layern mit derselben Position (X, Y, Z) mittels Prioritäten nicht berücksichtigt. Dadurch kann es bei der Darstellung zum sogenannten *z-fighting* zwischen Objekten derselben Position kommen. Dabei werden betroffene Pixel willkürlich mit Fragmenten des einen oder anderen Objekts gerendert. Beim Bewegen der Szene können sich die Pixelwerte immer wieder ändern, wodurch ein Flackern entsteht. Um diesen Effekt weitestgehend zu vermeiden, werden Gebäude und Wasserflächen vertikal versetzt. Das *z-fighting* zwischen Wasserflächen und Orthophotos wird dadurch wesentlich verringert. Eine weitere Beschränkung beim Erzeugen der Web Scenes ist die Begrenzung der Raster-Anzeige auf 1024 x 1024 Pixel. Bei größer werdender Zoomstufe sind Einzelheiten des Luftbilds nicht mehr zu erkennen.



**Abb. 1:** Vergleich zwischen  $HQ_{\text{extrem}}$  und  $HQ_{\text{häufig}}$  der Ostrach bei Bad Hindelang mit *CityEngine Web Viewer* von Esri.

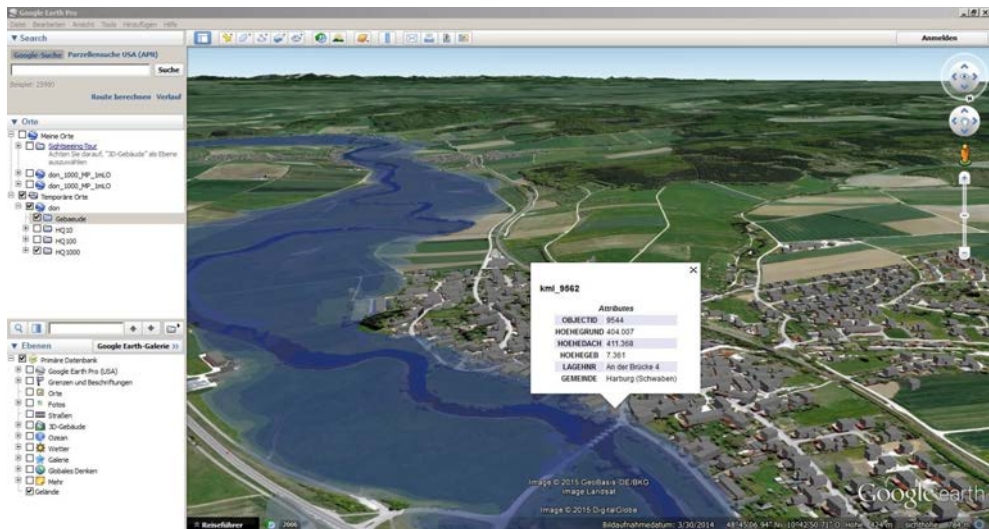
Die Benutzeroberfläche des Viewers ermöglicht neben den Standard-Navigationsfunktionen (Rotieren, Schwenken und Zoomen) das Suchen und Zugreifen auf Attribute und Objekte. Die Sichtbarkeit der Attributfelder muss vor dem Export entsprechend eingestellt werden. Ein Vergleichsmodus zwischen zwei Layern ist dann vorhanden, wenn die Web Scene Sublayer beinhaltet.

### 3.2 KML

KML ist eine XML-basierte Auszeichnungssprache zum Austausch von Repräsentationen geographischer Daten und zur Anzeige von 2D- und 3D-Daten in Earth-Browsern. KML verwendet eine tagbasierte Struktur mit verschachtelten Elementen und Attributen basierend auf dem XML-Standard. KML-Dateien und zugehörige Rasterbilder (bspw. Texturen) können in eine KMZ-Datei komprimiert werden. KML (Version 2.2) ist ein offener Standard des Open Geospatial Consortium (OGC) (WILSON 2008).

Google Earth bildet die Erdoberfläche durch die Überlagerung von Luftbildern verschiedener Quellen und einem digitalen Geländemodell aus der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ab (MOHAMMED et al. 2013). Durch die Verwendung von Google Earth zum Visualisieren der erstellten KML-Dateien auf Basis amtlicher Höhendaten kommt es zur Mischung von Datenquellen. Einige KML-Objekte (Wasserflächen und Gebäude) „versinken“ in der Geländeoberfläche von Google Earth. Ein vertikaler Versatz der KML-Dateien (auf Basis ermittelter Standardabweichung gemessener Z-Werte ausgewählter Koordinaten) muss bestimmt werden, um eine optimale Darstellung der meisten Objekte zu gewährleisten.

Die Attribute der Gebäudedaten und Hochwasserthemen werden bei dem Export ins KML-Format berücksichtigt. Die Objekte können in Google Earth angeklickt werden. Durch die Verwendung von Google Earth als Visualisierungssoftware für die KML-Dateien, steht der volle Funktionsumfang des Stand-alone-Programms zur Verfügung.



**Abb. 2:** HQ<sub>extrem</sub> der Wörnitz bei Harburg in Google Earth Pro. Das Pop-up-Fenster zeigt die Attribute der angeklickten Geometrie.

## 4 Usability Evaluation

Um zu ermitteln ob und inwieweit die erstellten 3D-Visualisierungen zur Vermittlung von Hochwassergefahren geeignet sind, wurde ein Usability Experiment durchgeführt. Usability Evaluation ist die systematische Erhebung auf welche Art und Weise Nutzer ein solches Produkt oder System für eine bestimmte Aufgabe verwenden. Im Vordergrund stehen dabei die Beurteilung des Funktionsumfangs und dessen Zugänglichkeit, die Identifizierung konkreter Mängel des Systems und die Beurteilung des Benutzererlebnisses (*User Experience*). Dabei wird nicht nur die Funktionsfähigkeit des Systems getestet, sondern auch wie das System den Nutzer bei typischen Aufgaben unterstützt und wie einfach, beziehungsweise wie schwer es zu handhaben ist (DEMSAR 2007).

Ziel dieses Experiments ist es, die Usability respektive Gebrauchstauglichkeit der erstellten interaktiven 3D-Visualisierungen zu ermitteln. Gleichzeitig soll herausgefunden werden, ob diese Art der Darstellung einen Mehrwert gegenüber 2D-Visualisierungen von Hochwasserswahrscheinlichkeiten für die Untersuchungsteilnehmer hat. Unter Verwendung formaler und explorativer Methoden wurden Testpersonen bei der Erkundung der interaktiven 3D-Hochwasservisualisierungen beobachtet und anschließend befragt. Die Ergebnisse der qualitativen Studie liegen vorwiegend in deskriptiver Form vor. Die befragten Personen sind alle Bewohner eines hochwassergefährdeten Gebiets und haben lediglich grundlegende Computerkenntnisse.

Die Darstellung der Hochwasserthemen wurde insgesamt als gut bewertet, zwei Teilnehmer wünschten sich eine realistischere Darstellung der Gebäude ( $\geq$  LoD2). Alle befragten Personen ziehen die 3D-Darstellung einer 2D-Visualisierung vor. Insbesondere die durch Anklicken eingeblendeten Objektinformationen, die detaillierten Betrachtungsmöglichkeiten und der Vergleich verschiedener Eintrittswahrscheinlichkeiten wurden positiv bewertet. Im Allgemeinen gab es eine gewisse Erwartungshaltung hinsichtlich der Darstellung. Aus Sicht der Studienteilnehmer sind Visualisierungen in 3D „zeitgemäß“ und „unumgänglich“.

Als Vorteile einer 3D-Darstellung wurden genannt, dass diese „greifbarer“ und „einfacher vorzustellen“ sei, dass man die (Gelände-) Höhen sieht, navigieren und Gebäude aus verschiedenen Perspektiven betrachten kann. Alle befragten Personen sind überzeugt, dass eine 3D-Visualisierung von Hochwasser nicht nur besser verständlich ist, sondern auch das Bewusstsein eines Risikos fördert. Die Anschaulichkeit des Hochwasserniveaus („man sieht wie das Haus im Wasser steht“) „macht es dem Laien einfacher“.

## 5 Fazit

Verschiedene Nutzergruppen stellen unterschiedliche Anforderungen an Inhalt und Gestaltung von Hochwasservisualisierungen. Die innerhalb dieser Arbeit befragte Gruppe der Laien wünscht sich eine realistischere Darstellung der Gebäude. Durch die Darstellung von beispielsweise Türen und Fenstern würde das Ausmaß eines Hochwasserszenarios dem Betrachter deutlicher vor Augen geführt werden. Ob und inwieweit die erstellten 3D-Visualisierungen und deren Inhalte für Experten oder sensibilisierte Nutzer von Vorteil sind, muss an anderer Stelle ermittelt werden. Weiter gelten bestimmte Anforderungen der Studienteilnehmer an die Benutzeroberfläche. Viewer mit großem Funktionsumfang wirken möglicherweise überladen und unübersichtlich. Von wesentlicher Bedeutung ist die Bereitstellung der 3D-Visualisierungen ohne Installation zusätzlicher Software, um möglichst vielen Personen Zugang zu gewährleisten.

Letztlich sind dreidimensionale Visualisierungen von Hochwasser mit geeigneten Daten unproblematisch zu erstellen; bei interaktiven Darstellungen müssen jedoch die Anforderungen der jeweiligen Nutzergruppe berücksichtigt und die Bereitstellung mittels Webbrowsers ermöglicht werden. Die befragten Laien bestätigten den Bedarf an 3D-Visualisierungen von Hochwasserszenarien. Durch die realitätsnahe Darstellung wird ihrer Aussage nach das Risikobewusstsein gefördert.

## Literatur

- CEC – Commission of the European Union (2007), Directive 2007/60/EC of the European Parliament and the Council. In: Official Journal of the European Union L, 288, 27-35.
- DEMSAR, U. (2007), Investigating visual exploration of geospatial data: An exploratory usability experiment for visual data mining. In: Computers, Environment and Urban Systems, 5 (31), 551-571.
- ESRI (2013), Exporting ArcScene Documents to 3D Web Scenes. An Esri White Paper.
- FUCHS, S., SPACHINGER, K., DORNER, W., ROCHMAN, J. & SERRHINI, K. (2009), Evaluation cartographic design in flood risk mapping. In: Environmental Hazards, 1 (8), 52-70.
- HAKE, G., GRÜNREICH, D. & MENG, L. (2002), Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. DeGruyer, Berlin.
- KOHLSTOCK, P. (2010), Kartographie. UTB, Stuttgart.
- LECHTHALER, M. & STADLER, A. (2006), „Cross Media“ gerechte Kartengraphik in einem AIS. In: SCHRENK, M. (Hrsg.), Sustainable Solutions for the Information Society. Proceedings of the 11th International Conference on Urban and Spatial Development in the Information Society. Wien, 443-452.
- LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009), Bavarian Environment Agency. [http://www.lfu.bayern.de/wir/doc/profil\\_englisch.pdf](http://www.lfu.bayern.de/wir/doc/profil_englisch.pdf) (05.11.2014).
- MOHAMMED, N. Z., GHAZI, A. & MUSTAFA, H. E. (2013), Positional accuracy testing of Google Earth. In: International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering, 6 (4), 6-9.
- SEIDEL, J. & DORNER, W. (2011), Informationsbedarf und Informationsbereitstellung – Anforderungen an Hochwassermanagementpläne im Katastrophenschutz. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), Angewandte Geoinformatik 2011. Wichmann, Berlin/Offenbach, 860-865.
- SHEPPARD, S. R. J., SHAW, A., FLANDERS, D. & BURCH, S. (2008), Can Visualisation Save the World? – Lessons for Landscape Architects from Visualizing Local Climate Change. In: BUHMANN, E., PIETSCH, M. & HEINS, M. (Eds.), Digital Design in Landscape Architecture 2008. Wichmann, Heidelberg, 2-22.
- SHEPPARD, S. R. J. (2005), Landscape visualisation and climate change: the potential for influencing perceptions and behaviour. In: Environmental Science & Policy, 6 (8), 637-654.
- SOWA, W. (2010), Hochwasserschutz. Vermeidung von Schäden durch mobile Schutzsysteme. Eine techno-ökonomische Analyse. Diplomica, Hamburg.
- WILSON, T. (2008), OGC Keyhole Markup Language (KML) Encoding Standard – OGC Document No. 07-147r2. Open Geospatial Consortium.