

# Interactive visualizations of natural hazards data and associated uncertainties

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Kunz, Melanie

**Publication date:**

2011

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-6560246>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH NO. 19669

**INTERACTIVE VISUALIZATIONS OF NATURAL HAZARDS DATA AND  
ASSOCIATED UNCERTAINTIES**

A dissertation submitted to

ETH Zurich

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

MELANIE HEDWIG KUNZ

Dipl. Geomatik-Ing. ETH

20 December 1978

citizen of

Seegräben ZH and Zürich ZH

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Lorenz Hurni

Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey

Dr. Hans-Rudolf Bär

2011

## ABSTRACT

The occurrence of several natural calamities during the last decades demonstrated the power and the devastating impacts of natural hazards. Common approaches to block or reroute natural processes to mitigate these impacts consist of the building of protection measures such as dikes, avalanche defense structures, and debris-flow breakers. Such active measures, however, are very expensive and even tend to increase the damage potential as buildings and infrastructure continue to be built behind these protective structures. Hence, passive measures, foremost the alignment of land-use with natural conditions is promoted in order to decrease the damage potential in an affordable way. Hazard maps form the basis for this spatial planning task by indicating areas that are not suitable for a certain land-use due to the presence of natural hazards.

Although hazard maps are based on results of detailed assessments of hazardous natural processes they were made for the needs of spatial planners and cannot meet the requirements of all experts involved in natural hazards management. In addition, cartographic principles are ignored in many maps resulting in visualizations that are hard to read and interpret. As the communication of natural hazards data is crucial for effective natural hazards management, accessibility and presentation of available data has to be improved. A further shortcoming of existing hazard maps is that they rarely contain information about their accuracy although the prediction of potential future events is always subject to uncertainties.

The objective of this thesis is to provide recommendations as well as a prototype of an interactive cartographic information system to facilitate the communication of natural hazards data including uncertainty. The main advantages of the interactive system are the effortless access to the data over the Internet and the provided functionality. With the help of interactive functionality data of interest can be selected, visualizations can be chosen and customized and finally displayed data can be queried allowing for the retrieval of information on the level of detail needed by the user.

The development of this framework is based on analyses of existing hazard visualizations, an expert survey and interviews with natural hazards experts as well as feedback from cartographers and project managers of interactive systems and atlases. In practice the framework and design recommendations can either be used to support the development of a new interactive system or to enhance existing systems by implementing suggested visualization methods or interactive functionality.

This thesis is based on five scientific publications and framed by an introductory and a concluding section. The included articles are structured in three sections; Paper 1 and Paper 2 focus on the visualization of natural hazards (in general and combining multiple processes), Paper 3 addresses the visualization of uncertainties in the field of natural hazards and Paper 4 and Paper 5 finally present the developed prototype and provide feedback of hazard experts as well as a comparison with existing systems.

## ZUSAMMENFASSUNG

Mehrere Naturkatastrophen mit verheerenden Auswirkungen haben während der letzten Jahrzehnte gezeigt, dass trotz modernen Schutzbauten Schäden nicht verhindert werden können. Diese Hochwasserschutz- und Lawinenleitdämme, Rückhaltebecken und Geschiebesammler sind sehr teuer und können sogar zu einer Erhöhung des Schadenpotentials führen, wenn hinter den Schutzbauten weitere Gebäude oder Infrastrukturanlagen gebaut werden. Aus diesem Grund werden passive Massnahmen wie die Anpassung der Landnutzung an die Gefahrensituation gefördert. So kann das Schadenpotential nachhaltig gesenkt werden. Gefahrenkarten bilden die Basis für diese raumplanerische Aufgabe; sie weisen Flächen aus, die wegen ihrer Gefährdung nicht für bestimmte Landnutzungen (wie bauliche Nutzung) geeignet sind.

Obwohl diese Gefahrenkarten auf detaillierten Gefahrenbeurteilungen basieren, wurden sie primär für die Bedürfnisse von Raumplanern entwickelt. Anforderungen von anderen Naturgefahrenexperten können daher nicht immer erfüllt werden. Ein weiteres Problem stellt die kartografische Qualität dar; bei vielen Karten wurden kartografische Richtlinien nicht berücksichtigt, was in unübersichtlichen und schwer lesbaren Karten resultiert. Da die Kommunikation von Naturgefahren Daten für effizientes Naturgefahrenmanagement unerlässlich ist, muss die Zugänglichkeit und die Präsentation von vorhandenen Daten verbessert werden. Zudem enthalten Gefahrenkarten selten Informationen über auftretende Unsicherheiten, obwohl die Vorhersage von möglichen zukünftigen Naturgefahrenereignissen wegen der Komplexität der Prozesse und der natürlichen Schwankungen immer mit Unsicherheiten verbunden ist.

Aus diesem Grund ist das Ziel dieser Dissertation Empfehlungen sowie einen Prototypen für ein interaktives kartografisches Informationssystem zu entwickeln, welche die Kommunikation von Naturgefahren Daten und Unsicherheiten verbessern soll. Die Hauptvorteile von interaktiven Systemen sind der einfache Zugriff auf die Daten über das Internet sowie das Potential der implementierten interaktiven Funktionalitäten. Mit Hilfe dieser Funktionalitäten können interessante Daten selektiert und aus verschiedenen Visualisierungsmethoden ausgewählt werden. Die Symbolisierung kann dann benutzergerecht angepasst werden. Schliesslich können die dargestellten Daten interaktiv abgefragt werden, damit jeder Experte Informationen in der gewünschten räumlichen Auflösung zur Verfügung hat.

Die Entwicklung dieses Konzepts und des Prototyps gründen auf Analysen von bestehenden Gefahrenvisualisierungen, einer Expertenumfrage, Interviews mit Naturgefahrenexperten, sowie Informationen von Kartografen und Projektleitern von interaktiven Anwendungen und Atlanten. In der Praxis können das Konzept und die Empfehlungen zur Kartengestaltung sowohl zur Entwicklung eines neuen Systems als auch zur Verbesserung und Ausbau von bestehenden Systemen eingesetzt werden.

Diese Dissertation basiert auf fünf wissenschaftlichen Publikationen, welche mit einer Einleitung und einem Kapitel mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick ergänzt worden sind. Die Artikel sind in drei Kapitel gegliedert; der erste und zweite Artikel fokussieren auf der Visualisierung von Naturgefahren im Allgemeinen und der Kombination von mehreren Prozessen. Artikel 3 befasst sich mit der Visualisierung von Unsicherheiten, denen man bei Naturgefahrenbeurteilungen begegnet. In Artikel 4 und 5 wird schliesslich der entwickelte Prototyp vorgestellt. Neben den Vorteilen der implementierten Funktionalitäten werden

Rückmeldungen von befragten Naturgefahrenexperten und ein Vergleich mit bestehenden Systemen präsentiert.