

## 2D-MODELLIERUNG VON ÜBERSCHWEMMUNGSGEBIETEN MIT OPTIMISIERTEN EINGANGSDATEN

### GROSSFLÄCHIGE ANWENDUNG UND KOMMUNIKATIONSSTRATEGIEN

## 2D-MODELLING OF FLOOD PLAINS USING OPTIMIZED INPUT DATA

### LARGE SCALA APPLICATION AND COMMUNICATION STRATEGIES

Dieter Rieger<sup>1</sup>, Wolfgang Igel<sup>2</sup>, Josef Dorsch<sup>3</sup>, Hubert Fröhlich<sup>4</sup>, Maria Hagemeier<sup>5</sup> und  
Klaus Wagner<sup>6</sup>

### ZUSAMMENFASSUNG

Vorsorge ist der effektivste Schutz vor Schäden durch Hochwasserereignisse. Dazu ist die Kenntnis der Ausdehnung von Überschwemmungen entscheidend. Um den gestiegenen Anforderungen an Umfang und Genauigkeit gerecht zu werden, arbeitet das LfU an der Optimierung der Aufbereitung der Grundlagendaten für die hydrotechnische 2d-Modellierung. Das Kernstück hierfür ist eine intensive Zusammenarbeit mit dem LVG bei der DGM-Erstellung mittels Laserscanning. Ziel ist eine einheitliche Datenbasis für die flächendeckende Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten zu erhalten. Die Ergebnisse der Modellierung der Überschwemmungsgebiete und der Hochwassergefahrenflächen werden in einem Internet-Kartendienst veröffentlicht. Die verschiedenen Maßnahmen zur Ergebnisverbreitung werden von der TUM evaluiert.

**Keywords:** Überschwemmungsgebiet, Modellierung, DGM, Evaluierung, Kartendienst

### ABSTRACT

Precaution is the most effective protection against damages caused by floods. Therefore the knowledge of flood expansion is essential. To cope with the increasing requirements on volume and accuracy, LfU works on the optimized processing of input data in conjunction with hydraulic 2d-modelling. For this purpose an intensive cooperation with the LVG in the preparation of laser scan DEM provides a solid basis. The project aims to receive a consistent data base for the area-wide modelling of floodplains and the creation of flood hazard maps.

---

1 Dr. rer. nat., Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg, Deutschland (email: dieter.rieger@lfu.bayern.de)

2 Dipl.-Geogr., Bayerisches Landesamt für Umwelt, LfU (email: wolfgang.igel@lfu.bayern.de)

3 Dipl.-Ing., Landesamt für Vermessung u. Geoinformation Bayern, LVG (email: josef.dorsch@lvg.bayern.de)

4 Dr.-Ing., Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, LVG (hubert.foehlich@lvg.bayern.de)

5 Dipl.-Geogr., Technische Universität München, TUM (hagemeier@forst.tu\_muenchen.de)

6 Dr. rer. silv., Technische Universität München, TUM (wagner@forst.tu\_muenchen.de)

Results of flood plain modelling and flood hazard mapping are released to the public in form of a web mapping service. Each action within the scope of dissemination will be evaluated by the TUM.

**Keywords:** flood plain, modelling, DEM, evaluation, web mapping service

## AUSGANGSSITUATION

Die Gefährdung von Personen und Sachgütern durch katastrophale Hochwasserereignisse stellt weltweit ein großes Problem dar. Durch neue gesetzliche Rahmenbedingungen, wie der geplanten EG-Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, sollen einheitliche Grundlagen für die Information der Öffentlichkeit und der Planung von Maßnahmen geschaffen werden. Für die Bestimmung der Betroffenheit bei potentiellen Hochwasserereignissen muss von den Fachleuten ein sehr hoher Bewertungsmaßstab eingefordert werden. Im Rahmen der amtlichen Festsetzung von Überschwemmungsgebieten wird eine parzellenscharfe Abgrenzung des Hochwasserrisikos gefordert.

Bayern hat sich sehr frühzeitig dafür entschieden, hohe Genauigkeitsanforderungen bei der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten anzulegen. Im Rahmen des 1996 initiierten Projekts „Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten in Bayern“ werden weitgehend standardisierte Verfahren bei der Erhebung von Grundlagendaten und der Verwendung von Modellen angelegt (Oberhauser 2001). Die Verfahren werden laufend weiterentwickelt. So werden beispielsweise vom Landesamt für Umwelt sowie den 17 Wasserwirtschaftsämtern mittlerweile nahezu ausschließlich zweidimensionale Modelle bei der hydrotechnischen Berechnung von Überschwemmungsgebieten verwendet. Dabei werden Informationen zu Überschwemmungsgrenzen, Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in einem Arbeitsgang erzeugt und die Möglichkeit geschaffen, selbst äußerst komplexe Gerinne stationär oder instationär zu modellieren.

Als Grundlage für die Berechnung wurden über viele Jahre Luftbildbefliegungen der Talräume in Auftrag gegeben, und daraus photogrammetrisch ein Digitales Geländemodell (DGM) sowie die Landbedeckung klassifiziert. Um weiterhin kosteneffizient arbeiten zu können, wurde mittlerweile eine weitreichende Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern (LVG Bayern) vereinbart, um zukünftig ein landesweites DGM aus Laserscanning nutzen zu können. In mehreren Pilotstudien wurden die Anforderungen der Wasserwirtschaft an dieses DGM getestet (Oberhauser & Rieger 2005). Ein entscheidender Schritt war weiterhin die Entwicklung einer Programmroutine, mit der die extrem hochauflösenden Laserscanner-Daten ausgedünnt und die Netzerstellung optimiert werden kann (Rieger 2005, Michel 2006).

Durch die Optimierung der einzelnen Arbeitsschritte wird der vielfach als Nachteil empfundene höhere Arbeitsaufwand bei der 2d-Modellierung so reduziert, dass ein wirtschaftlicher Einsatz der Modelle gegeben ist. Im Rahmen des EU-geförderten Projekts *FloodScan* soll die Aufbereitung der Grundlagendaten sowie die Einbindung in die hydrodynamische 2d-Modellierung durch ein stabiles Post-Processing optimiert und für die breite Anwendung getestet werden. Damit wird der Grundstein für die effiziente Erstellung von Hochwassergefahrenkarten bzw. die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten an kleinen Gewässern gelegt. Weiterhin werden im Projekt *FloodScan* Maßnahmen zu einer Ergebnisverbreitung getroffen und evaluiert.

## **OPTIMIERUNG DER DATENGRUNDLAGE**

Neben Abflussdaten für die jeweiligen Bemessungsereignisse (das Wasserhaushaltsgesetz fordert im Rahmen der Festsetzung ein  $HQ_{100}$ ), die mathematisch-statistisch aus Pegelmessungen abgeleitet werden, benötigt man für die Berechnung der Überschwemmungsgebiete Informationen zur Topographie und zur Rauheit der Landoberfläche. Die Topographie wird aus dem DGM abgeleitet und mit terrestrisch vermessenen Flussquerprofilen sowie mit Sonderprofilen (Bauwerke) ergänzt. Die Rauheit kann aus der Landbedeckung abgeleitet werden.

### **DGM-Erstellung**

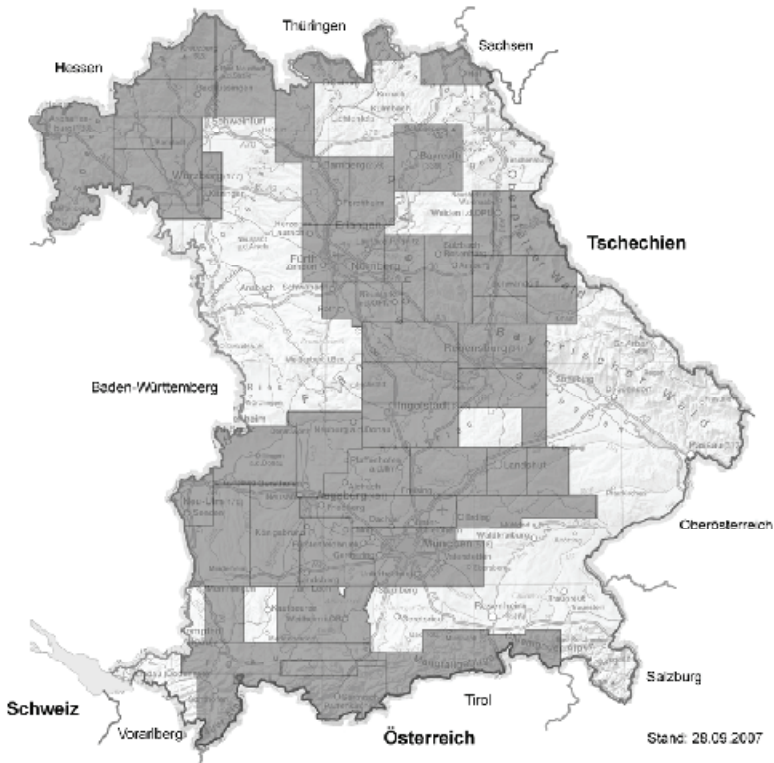
Unter den verschiedenen Herstellungsmethoden von Digitalen Geländemodellen hat sich das Airborne Laserscanning (ALS) in den letzten Jahren als wirtschaftliche und hochgenaue Methode bewährt. Das LVG Bayern hat bisher für ca. 70 Prozent der Landesfläche von Bayern (70.551 km<sup>2</sup>) Laserscanning-Befliegungen durchführen lassen. Je nach Punktdichte der Ausgangsdaten kann daraus ein DGM in einer Auflösung von 5 Meter, 2 Meter oder 1 Meter Gitterweite abgeleitet werden (Abb.1). Seit dem Jahr 2006 ist die Punktdichte des Laserscannings für ein DGM in 1 Meter Gitterweite ausreichend. Dieses DGM bildet die Datengrundlage für den weiteren Optimierungs- und Ausdünnungsprozess bei der hydraulischen 2d-Modellierung. Bis 2010 soll ein DGM aus Laserscanning flächendeckend für Bayern vorliegen.

Vor der DGM-Berechnung erfolgt eine Qualitätsprüfung der unregelmäßigen Laserpunkte. Voraussetzung für ein zuverlässiges DGM ist eine ausreichende Punktdichte der Laserdaten. Durch einen automatischen Klassifizierungsalgorithmus werden die Laserpunkte in Bodenpunkte, Nicht-Bodenpunkte und unsichere Punkte unterteilt. Die DGM-Berechnung erfolgt ausschließlich mit den Bodenpunkten. Diese sollen alle relevanten Geländestrukturen wiedergeben und keine größeren Lücken enthalten.

Zur Prüfung der Höhengenaugigkeit wird ein Vergleich der Laserpunkte mit terrestrisch gemessenen ebenen Flächen (Kontrollflächen) durchgeführt. Es ist gefordert, dass mindestens 95 Prozent der Laserpunkte eine betragsmäßige Höhenabweichung zur Kontrollfläche von weniger als 20 cm haben. Bei der Lagegenauigkeit ist ein mittlerer Fehler bis zu 50 cm zulässig. Die abschließende Berechnung einer regelmäßigen DGM-Gitterstruktur erfolgt im amtlichen Gauß-Krüger Koordinatensystem mit NN-Höhen.

### **DGM-Ausdünnung**

Eine zentrale Anforderung der Nutzung von Laserscanner-Daten in Verbindung mit 2d-Modellen ist eine effiziente Ausdünnung der Geländemodelle. Im Auftrag des LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) wurde daher ein Programm entwickelt, das eine Reduzierung der Gitterpunkte um mehr als 95 Prozent erlaubt. Dabei sollen alle hydraulisch relevanten Geländestrukturen erhalten bleiben und die für die Modellrechnung relevanten Anforderungen an das Berechnungsnetz erfüllt werden (Michel 2006), ohne dass Bruchkanten manuell erzeugt werden müssen.



**Abb1:** Verfügbare bzw. beflogene Bereiche mit einer Gitterweite von 1 Meter oder 2 Meter  
**Fig1:** Overview of areas with available DEM (grid size 1 or 2 meters)

Das Programm (LASER\_AS-2d) wurde erfolgreich in der Pilotregion Donau getestet. Im Rahmen von FloodScan soll es bei der Berechnung von Überschwemmungsgebieten in unterschiedlichsten Flussgebieten eingesetzt werden. Dabei wird insbesondere untersucht,

- ob hydraulisch relevante Genauigkeitsverluste festgestellt werden;
- wie das Post-Processing der Laserscanner-Daten durch eine optimierte Vorbereitung der Grundlagendaten verbessert werden kann (z.B. Einbindung von schmalen Strukturelementen);
- wie die Netzerstellung weiter optimiert und beschleunigt werden kann;
- wie die Netz-Qualität von der Qualität des DGM-Gitters abhängt;
- welche Zeitersparnis die Verwendung der neuen Methode bringt.

Parallel dazu wird die Software zur Ausdünnung laufend weiterentwickelt, um die Qualität des ausgedünnten Netzes weiter zu verbessern und die Rechenzeiten zu verkürzen. Konkret wurden in jüngster Zeit folgende Verbesserungen erzielt bzw. sind in Vorbereitung:

- Verbesserte Flusschlaucherstellung durch steuerbare Verteilung der Elemente

- Deutliche Reduzierung der Rechenzeit durch eine Verbesserung des Iterationsalgorithmus und die Umstellung auf Dual-Prozessoren
- Selektive Ausdünnung auf Teilflächen mit unterschiedlichen Randbedingungen (erlaubte Höhentoleranz, Gitterweite)
- Verbesserte Extraktion von Bruchkanten
- Ausgabe von Bruchkanten und Netzknotenpunkten zur Weiterverwendung in der 3D-Visualisierung etc.

### **Landbedeckung**

Zur Ableitung von Oberflächenrauheiten werden Informationen über die Landbedeckung benötigt. Diese kann aus verschiedenen Quellen abgeleitet werden. Im Sinne einer kosteneffizienten Erhebung dieser Informationen werden derzeit drei verschiedene Quellen für die Ableitung der Rauheiten verwendet und im Rahmen von vergleichenden Untersuchungen getestet:

- Daten aus dem Amtlichen Topographisch-Kartografischen Informationssystem (ATKIS) der bayerischen Vermessungsverwaltung
- Orthophotos aus der Bayernbefliegung
- Digitale hochauflösende multispektrale Satelliten- und Luftbilddaten

Genauso wie bei der Prozessierung des Digitalen Geländemodells steht auch hier die Optimierung von Aufwand und erforderlicher Genauigkeit im Hinblick auf die hydrotechnische Modellierung im Vordergrund.

### **Erstellung von Uferlinien**

Als Bindeglied zwischen Vorland- und Flussschlauch-DGM dient die Uferlinie. Sie wird mit einem eigens entwickelten Verfahren als 3d-Polylinie vom LVG erzeugt. Zur Erstellung der Uferlinien verwendet das LVG Bayern eigene digitale Luftbilder und die originären Bodenpunkte aus den Laserscanning-Befliegungen. Die Luftbilder stammen aus der in einem 3-jährigen Turnus durchgeführten Bayernbefliegung, Bildmaßstab 1:12.400, Bodenauflösung mindestens 40 cm. Die Laserscanning-Punkte und die Luftbilder werden in einer digitalen 3D - Stereostation (DTMaster der Firma Inpho GmbH) überlagert.

Als Uferlinie wird die Grenzlinie zwischen der festen Erdoberfläche und der Wasseroberfläche betrachtet. Die Höhenerfassung erfolgt durch die unmittelbar benachbarten Laserpunkte, die im Idealfall den Geländeverlauf ohne störende Ufervegetation wiedergeben. Die Bearbeitung wird getrennt für das linke und rechte Ufer des Fließgewässers durchgeführt. Nur bei schmalen Gewässern erfolgt eine einlinige Bearbeitung. Um unnatürliche Geländesprünge zu vermeiden, ist auf einen kontinuierlichen Geländeverlauf zu achten.

Da Laserscanning typischerweise im Winter oder Frühjahr und die Bayernbefliegung meist im Sommer durchgeführt wird, repräsentieren beide Erfassungsmethoden einen unterschiedlichen Pegelstand des Gewässers. Dies und eine dichte Ufervegetation können die exakte Uferlinienerstellung erschweren bzw. die erreichbare Genauigkeit verschlechtern.

## HYDRAULISCHE MODELLIERUNG

Im Rahmen von FloodScan sollen für ein breites Spektrum natürlicher Gewässertypen „Best-Practice-Ansätze“ entwickelt werden, um zukünftig einen effizienten Mitteleinsatz zu ermöglichen. Dazu sind breit angelegte Pilotuntersuchungen an einer Vielzahl von Gewässern erforderlich. Die Erkenntnisse sollen auch für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten eingesetzt werden. Gerade im Bereich geschützter Gebiete, in denen das Restrisiko extremer Ereignisse möglicherweise über aufwändige Deichbruchszenarien zu bestimmen ist, ist die Entwicklung effizienter Methoden besonders wichtig.

Aktuell wird der Einsatz der verschiedenen Datenquellen im Rahmen der 2d-Modellierung in einer Reihe von Projekten getestet. Im Vordergrund stehen dabei die Fragen:

- Welchen Einfluss haben die digitalen Geländemodelle mit unterschiedlicher Gitterweite und Höhengenaugigkeit auf die Qualität der Modellierung? Sind ggf. zusätzliche Vermessungsarbeiten (Bruchkanten) erforderlich?
- Wie lassen sich Informationen zu Landbedeckung effizient und kostensparend ableiten und wie gut funktioniert die Weiterverarbeitung im Modell (Rauheitsbelegung)?
- Welche Arbeitsschritte lassen sich ggf. vereinfachen und wo muss ein höherer Genauigkeitsmaßstab angelegt werden? Dies soll im Rahmen von Sensitivitätsanalysen herausgefunden werden.

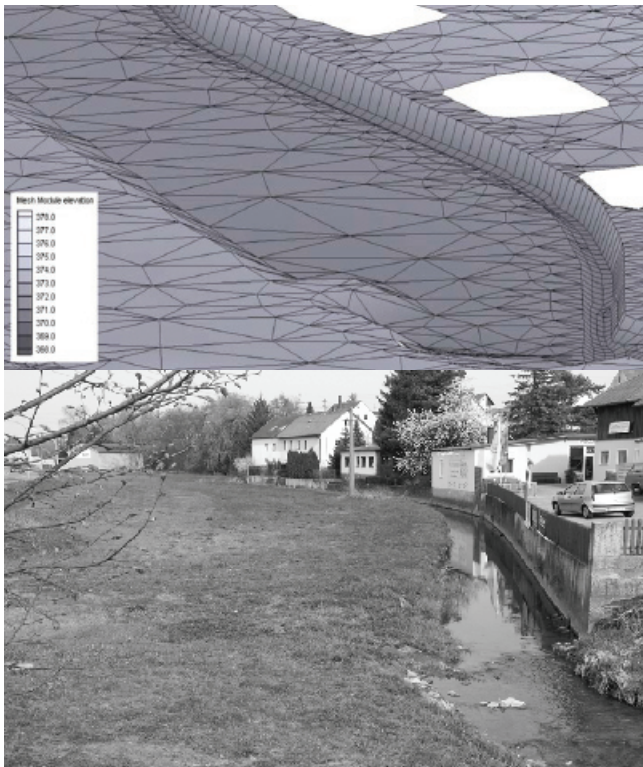
Ein erster erfolgreicher Test bei der Verwendung des neuen Verfahrens wurde an der Donau durchgeführt (Michel 2006). Für das Untersuchungsgebiet von ca. 42 km<sup>2</sup> konnte die Anzahl der verwendeten DGM-Punkte um ca. 98% weitgehend automatisiert reduziert werden, ohne dass abflussrelevante Abweichungen im Ergebnis festzustellen waren. Dadurch konnte eine instationäre 2d-Berechnung auf einem handelsüblichen PC durchgeführt werden.

Die erfolgreiche Untersuchung an der Donau gab den Ausschlag, zukünftig voll auf den Einsatz von Laserscanner-Daten in der hydraulischen Modellierung zu setzen. Durch die breite Anwendung der Methode in unterschiedlichen Einzugsgebieten soll das Verfahren in den nächsten Jahren weiter verbessert werden. Gesamtziel ist die Erstellung eines „Rezeptbuchs“, wie die hydraulische Modellierung unter Vorgabe der angestrebten Genauigkeit und mit den zur Verfügung stehenden Grundlagendaten optimiert ablaufen kann. Besonders wichtig ist dabei ein effizienter Mitteleinsatz. Mittlerweile wurde eine Reihe weiterer Berechnungen erfolgreich abgeschlossen.

Als Beispiel seien in diesem Zusammenhang die Untersuchungen am Krumbach, einem kleinen Gewässer dritter Ordnung in der Oberpfalz genannt. Für das Gewässer wurde eine zweidimensionale hydraulische Berechnung auf der Basis von Laserscanner-Daten durchgeführt, die in einem 1m-Gitter vorliegen. Trotz der geringen Gesamtbreite von Gewässer und Talraum konnte mit dem Laserscanner-DGM ein hinreichend genaues Berechnungsnetz für das Vorland erzeugt werden (Abb. 2). Der Flussschlauch des Krumbachs wurde aus terrestrisch gewonnenen Daten (Querprofilen und Böschungsoberkante) generiert.

Die Qualität der Laserscanner-Daten wurde außerdem vom LVG durch terrestrische Nachvermessungen untersucht. Dabei zeigte sich, dass relevante Geländestrukturen auch im ausgedünnten Modell im Vergleich zum Original-DGM sowie zu den nachvermessenen Profilen gut übereinstimmen. Die Untersuchungen werden noch weiter intensiviert, um

herauszufinden, welche Geländestrukturen das Lasermodell noch abbildet und wo sich ggf. der Bewuchs negativ auf die Genauigkeit im ausgedünnten DGM auswirkt. Derzeit wird beispielsweise ein Vergleich mit einem photogrammetrisch erstellten DGM (Befliegungsjahr 1998), in dem Bruchkanten manuell erzeugt wurden, durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung der Daten, insbesondere im Bereich von Straßen, die in beiden Verfahren als optimale Referenzflächen eingestuft werden können. Auch in den übrigen Bereichen liegen die Abweichungen meist im Bereich der Messgenauigkeit der beiden Verfahren ( $\pm 10\text{-}15\text{ cm}$ ). Größere Abweichungen gibt es im Bereich von Wäldern (schlechte Luftsichtbarkeit der Photogrammetrie) oder in sehr steilen Bereichen. Letztere sind vermutlich durch den verfahrensbedingten Lagefehler der Laserscannertechnik zu erklären. Bei der Erstellung eines Differenzen-DGM werden dort höhere Abweichungen angezeigt. Hydraulisch dürften diese aber unbedeutend sein, da es nicht zu einer Kappung von Extremwerten (z.B. Deichkrone) kommt.



**Abb2:** Ausgedünntes Berechnungsnetz (oben) für den Krumbach (unten)  
**Fig2:** Thinned out mesh (above) of the Krumbach river (below)

Weiterhin sind Sensitivitätsuntersuchungen hinsichtlich der Materialbelegung auf der Grundlage unterschiedlicher Datenquellen vorgesehen. Hierzu wurde eine Routine programmiert, mit der aus den umfangreichen ATKIS-Daten die für die hydraulische Modellierung relevanten Klassen extrahiert werden. Vergleichend dazu werden analoge und

digitale Luft- und Satellitenbilder nach demselben Objektschlüssel manuell oder automatisch klassifiziert und mit Rauheitswerten belegt. In Vergleichsrechnungen werden die unterschiedlichen Daten getestet. Aus wirtschaftlicher Sicht ist insbesondere die Verwendung der ATKIS-Daten interessant. Es zeigt sich jedoch, dass aufgrund der maßstabsbedingten Generalisierung der Daten (z.B. beim Verlauf von Straßen) unerwünschte Abweichungen zum DGM auftauchen, die manuell im Berechnungsnetz korrigiert werden müssen. Weitere Untersuchungen sollen folgen, um gegebenenfalls eine kombinierte Nutzung der verschiedenen Datensätze zu entwickeln.

Im Zusammenhang mit der Modellierung von Extremereignissen soll weiterhin untersucht werden, inwieweit eine vereinfachte Modellierung des Flussschlauchs zu hinreichend genauen Ergebnissen führt. Im Rahmen der Modellierung stellen Vermessungsarbeiten (von Querprofilen, Durchlässen, Bauwerken) einen erheblichen Kostenfaktor dar. Gerade bei sehr kleinen Gewässern mit geringer Wassertiefe stellt sich deshalb die Frage, wie sensitiv die Modellierung von Extremereignissen auf eine vereinfachte Darstellung der Flussschlauchs auf der Basis von Laserscanner-Daten reagiert.

## **EVALUATION VON INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSKONZEPTEN ZUR VERMITTLUNG VON HOCHWASSERRISIKEN AN DIE ÖFFENTLICHKEIT**

Das Teilprojekt Information und Kommunikation des Projektes FloodScan befasst sich mit der formativen und summativen Evaluation von Informations- und Kommunikationskonzepten in der Öffentlichkeitsarbeit im Themenbereich Hochwasserrisiken. Zur formativen Evaluation wurde im Juli 2007 ein interdisziplinärer Kreativ-Workshop durchgeführt. Im Rahmen des Workshops wurden Informationsinstrumente von Experten aus verschiedenen Fachdisziplinen (Wasserwirtschaft, Grafik/Design, Kartographie, Geoinformatik, Kommunikation usw.) und von Laien aus hochwassergefährdeten Gebieten diskutiert und weiterentwickelt. Darüber hinaus wurde der Internetkartendienst „Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete in Bayern“ (Abb. 3, [www.iug.bayern.de](http://www.iug.bayern.de)) mittels einer Online-Befragung evaluiert, um Anforderungen der Nutzer an eine Fortentwicklung dieses Angebotes zu ermitteln. An der Befragung, die zwischen Juni und August 2007 online war, nahmen 175 Personen teil.

### **Hochwassergefahrenkarten**

Bezüglich der *optischen Gestaltung* von Hochwassergefahrenkarten bevorzugten die Evaluatoren eine flächige Darstellung von Karteninhalten als Schraffur oder Transparenz in Blautönen. Für die Darstellung eines Ereignisses, wie etwa ein Überschwemmungsgebiet bei einem hundertjährigen Abfluss (HQ<sub>100</sub>), wird eine transparente blaue Fläche mit deutlicher Begrenzung als ideal angesehen. Verschiedene Ereignisse (z. B. Überschwemmungsgebiete von Abflüssen verschiedener Jährlichkeit) oder verschiedene Zonierungen (Gefahrenzonen) sollten mit einer gut unterscheidbaren blauen Schraffur dargestellt werden. Die farbpsychologische Assoziation von Blautönen mit Wasser bildet das Hauptargument für die präferierte Farbwahl.

Die Bewertung der *Kartenhintergründe* erfolgte deutlich differenzierter: Für die Risikokommunikation mit der lokalen Bevölkerung werden dann Luftbild oder Digitale Ortskarte bevorzugt, wenn es um eine Übersicht von hochwassergefährdeten Gebieten und um die allgemeine Vermittlung von Hochwassergefahren geht. Beispielsweise können Karten,



die bestimmte Gefahrenzonen oder Eintrittswahrscheinlichkeiten von verschiedenen Hochwasserereignissen zeigen, mit diesen Hintergründen erstellt werden. Vorteile von Luftbild, als Hybrid zumindest mit Angabe der Straßennamen gestaltet, und Digitaler Ortskarte sind der hohe Wiedererkennungswert (ähnliche einem Stadtplan) und das einfache Zurechtfinden auf den Karten. Bei der Zielsetzung der parzellengenauen Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten und bei der Vermittlung von Rechtsfolgen, die mit der rechtlichen Festsetzung eines Überschwemmungsgebietes verbunden sind, bildet die Digitale Flurkarte den optimalen Hintergrund.

Unter dem *inhaltlichen Aspekt* ist zu unterscheiden zwischen Kartenwerken, die nur ein Hochwasserereignis behandeln und Karten, die mehrere Ereignisse oder verschiedene Zonierungen vermitteln sollen. Als sinnvoll beurteilt wird in diesem Zusammenhang stets eine Kombination der Darstellung des rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebietes (ein Ereignis, im allgemeinen HQ<sub>100</sub>) mit der Darstellung verschiedener Ereignisse unterschiedlicher Eintrittswahrscheinlichkeit oder Gefahrenzonen. Diese Kombination soll dazu beitragen, die Hochwassergefahr auch außerhalb des rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebietes zu kommunizieren. Weiterhin sollten für das festgesetzte Überschwemmungsgebiet die Überflutungstiefen in sinnvoller Kategorisierung dargestellt werden. D.h. es sollten keinen festen 0,5m Schritte verwendet werden, sondern solche, die eine Bedeutung für den Nutzer haben (Wattiefe von Kraftfahrzeugen, Höhe Erdgeschoß).

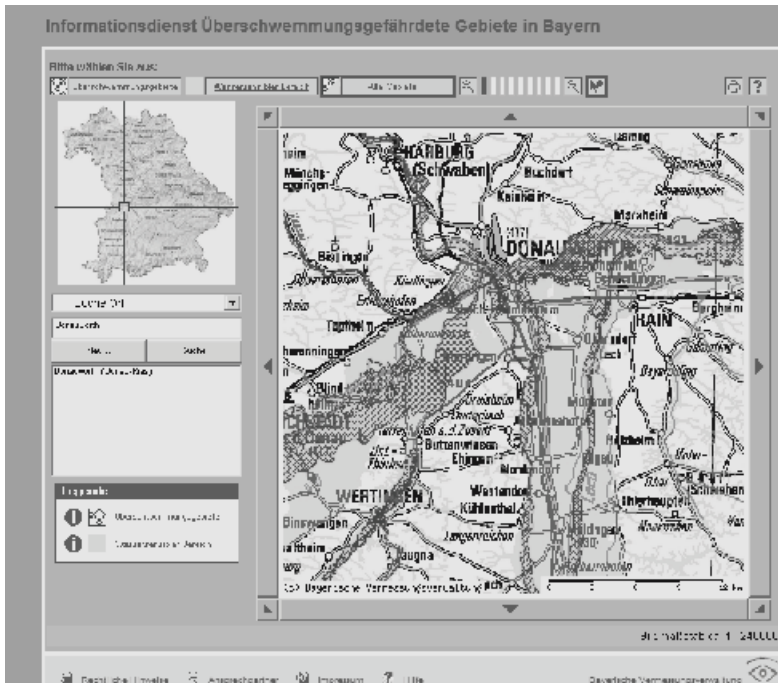
Der Begriff der Jährlichkeit sollte grundsätzlich vermieden und - wie in der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie angedeutet und von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser empfohlen - durch die Begriffe seltenes, mittleres und häufiges Ereignis ersetzt werden. Notwendig erscheint darüber hinaus die Angabe von Pegelständen bzw. Hochwassermarken für die jeweiligen Szenarien, da diese im Hochwasserfall durch die den Hochwassernachrichtendienst bzw. die Einsatzkräfte kommuniziert werden. Auch in der alltäglichen Kommunikation von Massenmedien und Bevölkerung spielen Pegelstände die zentrale Rolle.

## **Internetkartendienste**

*Inhaltlich* betrachtet sollte ein solcher Dienst idealerweise als ein Modul in ein komplexes Hochwasser-Informationen-System eingebunden sein, in dem auch andere Angebote wie etwa aktuelle Pegelstände, Informationen zu Hochwasser-Ursachen und Hochwasser-Schutzeinrichtungen etc. abrufbar sind. Fachbegriffe sollten in solch einem „Hochwasser-Portal“ ausführlich und allgemein verständlich, z. B. in Form eines Glossars, erklärt werden. Zudem sollte eine Service-Stelle eingerichtet werden, um Anfragen, Probleme und Anmerkungen etc. zu bearbeiten. Aufgrund der unterschiedlichen Ansprüche und Fertigkeiten z.B. im Umgang mit einem komplexen Web-GIS sollten für die Fachanwender (Städte und Gemeinden, Planungs- und Ingenieurbüros, Katastrophenschutz), Öffentlichkeit sowie Kinder und Jugendliche zielgruppengerechte Angebote erstellt werden.

Mindestens *sollte* ein Hochwasser-Internetkartendienst folgende *Informationen* enthalten:

- Karten für verschiedene Hochwasserereignisse mit Darstellung der entsprechenden Wassertiefen,
- Begriffsbestimmungen und Übersichtskarten zur einfachen Navigation.
- Bilder tatsächlicher historischer Hochwasserereignisse sollten eingesetzt werden, um einen realen Bezug herzustellen und das Risikobewusstsein zu erhöhen.



**Abb3:** Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete in Bayern ([www.iug.bayern.de](http://www.iug.bayern.de))  
**Fig3:** Web information service on flood hazard areas ([www.iug.bayern.de](http://www.iug.bayern.de))

Bezüglich der *Funktionalität* ergab die nutzerorientierte Evaluation, dass verschiedene Layer mit unterschiedlichen Informationen zu- und abschaltbar sein sollen. Die Layer sind dazu verständlich zu beschriften und zu erklären. Layer können dabei für verschiedene Hochwasserereignisse, verschiedene Kartenhintergründe, Wassertiefen, für Animationen oder 3D-Darstellungen angelegt werden. Wichtige Bestandteile eines Kartendienstes sind Zoomfunktionen (am besten frei wählbar), verschiedene Suchfunktionen (Adresse, Orte, Gewässer, Flurstücke), andere Auswahlfunktionen, Messfunktionen und Funktionsbuttons zum Abruf von Bildern und Zusatzinformationen für ausgewählte Objekte. In der Onlinebefragung zum IÜG halten 91 % der Befragten, die diese Frage beantwortet haben, die Darstellung der Überschwemmungstiefe für sehr sinnvoll oder sinnvoll. Noch 87 % erachten eine Darstellung verschiedener Hochwasserereignisse (unterschiedlich hohe Abflüsse) als sehr nützlich oder nützlich. 82 % befürworten eine Verknüpfung mit Echtzeit-Informationen wie Pegelständen oder Web-Cams etc. und noch 73 % die Einbindung der dreidimensionalen Darstellung.

Der IÜG bietet derzeit einen Layer, der die Ausdehnung von Überschwemmungsgebieten zeigt, und einen Layer, der den Wassersensiblen Bereich definiert. Er bietet eine große Auswahl an Suchfunktionen, eine Druckfunktion und Zoomfunktionen, die jedoch nur feste Zoomausschnitte zeigen. Über einen Informationsbutton können Zusatzinformationen abgerufen werden, die jedoch sehr knapp gehalten sind.

In der anvisierten Weiterentwicklung des IÜG sollen die Ergebnisse der formativen Evaluation soweit wie möglich umgesetzt werden. Neben den inhaltlichen Verbesserungen sind auch technische Anpassungen im Sinne eines modernen Web-Dienstes geplant.

## **WEITERENTWICKLUNG DER INTERNET-PLATTFORM**

Um das Plus an Funktionen und Leistungsfähigkeit zu gewährleisten, sind größere Umstellungen in der Hard- und Softwarearchitektur nötig. Demnach gliedert sich die Anwendung in

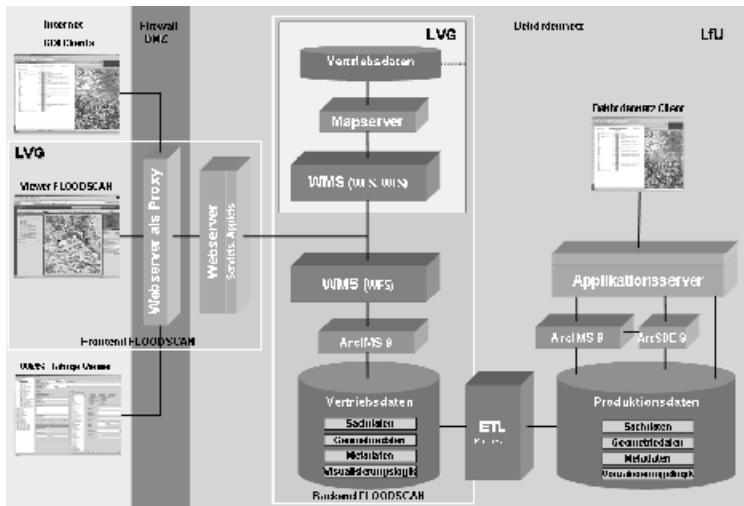
- ein Frontend, d.h. ein Viewer zur leichtverständlichen Darstellung von Hochwassergefahrenbereichen verschiedener Bedeutung.
- ein Backend, das für das Frontend die nötigen Geofachinformationen bereitstellt. Diese werden vom LfU eingepflegt und bearbeitet.

Die Webanwendung ist eingebettet in die EU-Geodatenaktivitäten von INSPIRE, die Geodateninfrastruktur Deutschland und die Geodateninfrastruktur Bayern und ist konform mit einschlägigen Standardisierungen im Bereich der Geoinformatik (vor allem des Open Geospatial Consortium, hier v.a. der Standard WMS). Die Geofachdaten stehen – im Rahmen der Geodateninfrastruktur Bayern - nicht nur dem Frontend, sondern auch über standardisierte WMS-Dienste öffentlich auch anderen WMS-fähigen Rechnern (v.a. Geoinformationssysteme) zur Verfügung.

Das *Frontend* stellt verschiedene Informationen (überschwemmungsgefährdete Gebiete, Ausdehnungen von bestimmten Hochwassern etc.) auf dem Hintergrund von Orthophotos, amtlichen topographischen Karten und Katasterkarten dar. Abfragen, Navigationsmöglichkeiten, Suchfunktionen nach Orten, Adressen, Flurstücken etc. sind ebenfalls vorhanden. Gewünscht und auch reizvoll ist die 3D-Anwendung. Auf der Basis von Digitalen Geländemodellen, Orthophotos und einer kartographischen Darstellung der überschwemmten Flächen bringt eine 3D-Darstellung für den Einzelnutzer („ist mein Haus von dem Überschwemmungsszenario XXX betroffen?“) ein großes Plus an Anschaulichkeit. Existierende Pilotanwendungen des LVG aus anderen Bereichen werden hinsichtlich Komfort und räumlicher Detailtiefe ausgebaut. Die 3D-Darstellung erfolgt - soweit möglich - ebenso nach einschlägigen Standards. Unklar ist derzeit allerdings, welche Technologien sich angesichts der von den sog. Digitalen Erden, v.a. von Google Earth ausgelösten stürmischen Entwicklung in der Visualisierung von Geodaten durchsetzen werden. In einer Machbarkeitsstudie wird zunächst eine „Best Practice“-Lösung hinsichtlich Komfort, räumlicher Ausdehnung und auch Rechen- und Netzlast (in längst nicht allen ländlichen Gebieten ist Breitband-Internet verfügbar) ermittelt. Dabei wird auch ausgelotet, wie unter Berücksichtigung der Ansätze von z.B. Google Earth vorgegangen werden kann. Die „Best Practice“-Lösung wird dann realisiert.

Das *Backend*, das die Geofachinformationen bereitstellt, umfasst eine leistungsfähige Datenhaltung und darauf aufsetzende Datendienste. Die Systemarchitektur (Abb. 4) wird im Vergleich zu bisher wesentlich ausgebaut. Die Kommunikation zwischen Frontend und Backend berücksichtigt

- die im Bayerischen Behördennetz vorgegebene Sicherheitsarchitektur
- die Trennung von Produktions- und Vertriebsdaten aus Betriebssicherheitsgründen
- eine hohe Flexibilität und hohe Aktualität der Daten bei geringem Pflegeaufwand.



**Abb4:** Systemarchitektur für einen überarbeiteten Informationsdienst Überschwemmungsgebiete  
**Fig4:** System architecture for a revised web information service on flood plains

Im Rahmen von *FloodScan* wird also ein System entwickelt, das es Fachleuten wie interessierten Laien gleichermaßen erlaubt, die mit großem technischen Aufwand erstellten Informationen über Gefahren durch Überschwemmungen zeitnah und anschaulich abzurufen.

## LITERATUR

- Michel, F. (2006): „Großflächige numerische 2d-Modellierung auf Basis eines hochauflösenden Laserscanner-Gitters (1 m)“. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen Heft 32; 517-524.
- Oberhauser, R. & Rieger, D. (2005): „Neue Wege bei der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten. Wasserwirtschaft“; 52-56.
- Rieger, D. (2005): „Neue Möglichkeiten zur Verwendung von Laserscanner-Daten für die 2d-Modellierung“. DWA-Landesverbandstagung 2005 (Okt. 2005 in Neu-Ulm); 208-216.
- Oberhauser (2001): „Ermittlung der Überschwemmungsgebiete in Bayern. Tagungsband zum Wasserwirtschaftstag in Nürnberg; 51-58“.



*FloodScan* wird gefördert durch das Programm Life Environment der Europäischen Union.