

GIS-Automatisierung bei der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten

Thorsten HENS und Jörg KIRSCH

Zusammenfassung

Die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten zum Schutze der Bevölkerung und ökonomischer Werte wird zurzeit auf Landesebene in vielen Bundesländern Deutschlands durchgeführt. Initiiert durch Schäden und Erkenntnisse vergangener Jahre sowie der EU Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken stehen derzeit zahlreiche Projekte zur Bearbeitung aus. Neben der hydraulischen Modellierung spielen GIS-Analysen beim Pre- und Postprocessing zur Erstellung flächenhaft plausibler Überflutungsgrenzen und -tiefen eine wichtige Rolle. Vor allem für die Aufbereitung der hydraulischen Ergebnisdaten kann die Definition eines stringent strukturierten Arbeitsablaufes eine Automatisierung mit Hilfe der ArcGIS-Toolbox (in Python, C#) ermöglichen. Neben der Ergebnisübernahme aus der hydraulischen Modellierung beinhaltet der eigentliche Bearbeitungskern die Verschneidung von Wasserspiegellagen mit dem DGM, die Analyse der Überflutungstiefen und -flächen sowie die Plausibilisierung und ggf. Korrektur der Teilergebnisse.

Zurzeit werden weitere Funktionen zur Bestimmung von Risikobereichen und der Berechnung von Schadenspotenzialen als Geoprocessing-Werkzeuge integriert.

1 Hochwassergefahrenkarten

1.1 Rechtlicher Rahmen und Definitionen

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben am 23. Oktober 2007 eine Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken verabschiedet (EU-HWRL, 2007), um die hochwasserbedingten Risiken für die menschliche Gesundheit und das menschliche Leben, die Umwelt, das Kulturerbe, die wirtschaftliche Tätigkeit und die Infrastruktur zu verringern und zu bewältigen.

Dabei wird in der Richtlinie „Hochwasser“ als zeitlich beschränkte Überflutung von Land definiert, welches normalerweise nicht von Wasser bedeckt ist. Die Überflutung kann durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise Wasserströme oder in Küstengebieten eindringendes Meerwasser verursacht werden. Als „Hochwasserrisiko“ wird die Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten nachteiligen Folgen beschrieben. Die Richtlinie sieht einen dreistufigen Ansatz vor (siehe Abb. 1).

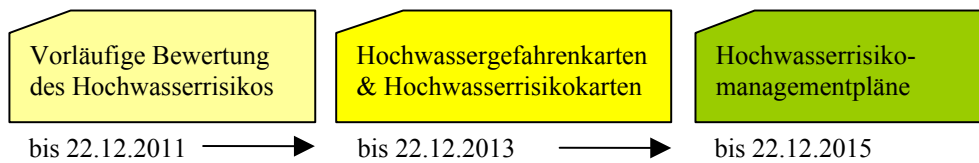


Abb. 1: Dreistufiger Ansatz der EU Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

In der *ersten Stufe* ist eine Beschreibung und Bewertung der Flussgebietseinheiten hinsichtlich der potenziellen Risiken durch Hochwasser auf der Grundlage vorhandener oder leicht abzuleitender Informationen vorzunehmen.

Für die Flussgebiets- oder Bewirtschaftungseinheiten mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko werden in der *zweiten Stufe* Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten erstellt. Die Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten erfassen Gebiete, die von Hochwasserereignissen mittlerer bis niedriger Wahrscheinlichkeit ($HQ_{\geq 100}$ und HQ_{Extrem}) betroffen sind, optional können auch häufigere Hochwasserereignisse betrachtet werden. Die Hochwassergefahrenkarten enthalten je Szenario das Ausmaß der Überflutung (Überflutungsflächen), die Wassertiefe (ggf. den Wasserstand) sowie optional die Fließgeschwindigkeit oder den relevanten Abfluss. Die Hochwasserrisikokarten stellen je Szenario die Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner, die Art der wirtschaftlichen Tätigkeit, die durch Überflutung besonders gefährdeten Anlagen sowie sonstige Informationen, z. B. zur Sedimentführung dar.

Die Hochwassergefahrenkarten und die Hochwasserrisikokarten sind die Grundlage für die in der *dritten Stufe* zu erstellenden Hochwasserrisikomanagementpläne. Dabei sind alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements mit dem Schwerpunkt auf Vermeidung, Schutz und Vorsorge, einschließlich Hochwasservorhersagen und Frühwarnsystemen zu erfassen und die besonderen Merkmale des betreffenden Einzugsgebietes bzw. Teileinzugsgebietes zu berücksichtigen.

Zur Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht soll den Mitgliedstaaten ein Zeitraum von zwei Jahren nach dem Inkrafttreten der Richtlinie eingeräumt werden. In Deutschland wurden bereits 2003 von einigen Bundesländern Richtlinien zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten entwickelt. Übergeordnet gibt die „Empfehlung der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Aufstellung von Hochwasser-Gefahrenkarten“ (LAWA 2007) Hinweise hinsichtlich potenzieller Nutzer, Karteninhalten, Vorgehensweisen sowie Anforderungen und Gestaltung.

In den folgenden Kapiteln werden im Kontext der Ermittlung von Gefahren- und Risikokarten die Abläufe einer automatisierten Geodaten-Verarbeitung in einem Geografischen Informationssystem (GIS) im Detail beschrieben.

2 Grundstruktur von Hochwassergefahrenkarten-Projekten

Neben den geometrischen Grundlagen (Geländemodell, Gewässervermessung) sind Informationen über die hydrologischen und hydraulischen Randbedingungen, sowie weitere Geodaten¹ notwendig, um die eigentliche Ermittlung der Hochwassergefahren durch die Modellierung durchzuführen. Im Wesentlichen dient die Geodatenverarbeitung dazu, die notwendigen Eingangsdaten und Informationen für die hydraulischen Modelle zu erstellen (Preprocessing) und nach der hydraulischen Berechnung die Ergebnisse so zu verarbeiten, dass die gewünschten Informationen erhalten werden (Postprocessing) (s. Abb. 2).

Preprocessing	Datenübernahme/Datenprüfung/Datenergänzung	Hydraulische Modellierung	Übernahme der Hydraulik-Ergebnisdaten
	Datenaufbereitung Hydraulik - Modellaufbau Hydraulik - Verlängerung von Querprofilen		Berechnung der Wasserspiegellagen TINs/GRIDs
	Erfassen von Schutzgebieten, Bauwerken, etc.		Berechnung der Überflutungstiefe und Flächen- ausbreitung
			Korrektur von Daten (Überflutungsgrenzen)
			Fachliche Prüfung, Plausibilisierung
			Beurteilung von Schutzgebieten, Bauwerken, etc.
			Darstellung der Ergebnisse

Abb. 2: Kernprozesse der GIS-gestützten Ermittlung von Hochwassergefahrenkarten

3 Grundideen der GIS-Automatisierung

Die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten wird deutschland- und europaweit durch die Hochwasserrahmenrichtlinie für die nächsten Jahre eine wichtige Rolle einnehmen. Trotz unterschiedlicher Auftraggeber und unterschiedlicher politischer Ebenen – d.h. stark individuelle Ausgestaltung der Rahmenrichtlinie – hat sich gezeigt, dass den Projekten grundlegende gemeinsame Anforderungen obliegen, die eine Automatisierung der technischen Arbeitsabläufe sinnvoll erscheinen lassen. Sinnvoll auch unter dem Aspekt, um eine nachvollziehbare Bearbeitung zu gewährleisten, die durch eine geeignete Strukturierung des Workflows in einzelne Arbeitsschritte die Möglichkeit des fachlichen Eingriffs eröffnet (siehe Abb. 3).

Die einzelnen Arbeitsschritte wurde unter ArcGIS mit den Programmiersprachen Python, VB bzw. C# programmiert.

3.1 Postprocessing über die ArcGIS – Toolbox Hochwassergefahrenkarten

Einer der wichtigsten Einstiegspunkte in die teilautomatisierte Bearbeitung ist die Ergebnisübernahme aus der hydraulischen Berechnung. Da unterschiedliche Modellgebiete auch

¹ Z.B. zur Definition von Gefahrenquellen im Vorfeld einer Katastrophe aber auch von Maßnahmenpaketen im Falle einer Katastrophe.

unterschiedliche Anforderungen an das hydraulische Modell stellen, kommen bei der Modellierung 1D-, kombinierte 1D/2D- und reine 2D-Modelle zum Einsatz, deren unterschiedliche Ergebnis-Formate in einem ersten Arbeitsschritt in ein einheitliches Geodatenformat überführt werden. Um in der späteren Bearbeitung im GIS möglichst unabhängig von unterschiedlichen Datenformaten zu sein, wird eine dynamische Kopplung der Ergebnisse mit den Geodaten über die Geodatabase gewählt. Neben der Datenkonvertierung wird durch die dynamische Verlinkung auf eine Datenquelle auch die Aktualisierungsproblematik abgeschwächt.

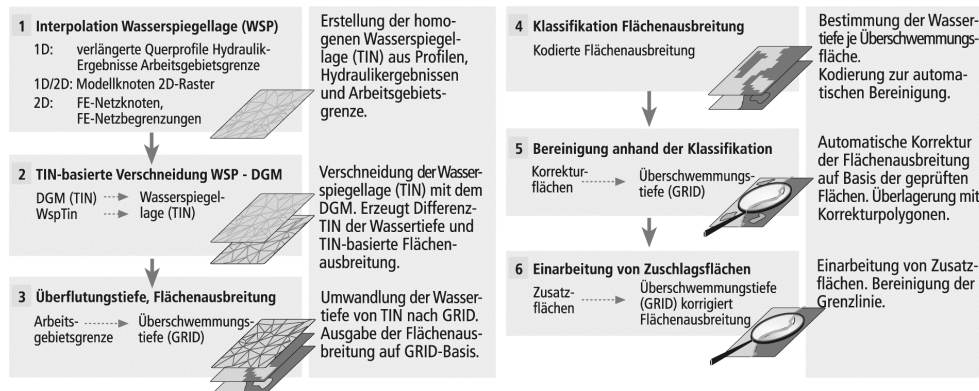


Abb. 3: Workflow und automatisierte Teilschritte zur Aufbereitung der hydraulischen Ergebnisdaten.

1. Interpolation der Wasserspiegellagen (WSP) (Schritt 1)

Trotz der weitestgehenden Homogenisierung der Datenformate, müssen die Hydraulik-ergebnisse unterschiedlicher Modellarten in unterschiedlicher Weise verarbeitet werden, um ein korrektes TIN der Wasserspiegellagen (WSP) zu erzeugen. Grundsätzlich wichtig ist eine vollständige Abdeckung des potenziellen Überschwemmungsgebietes für die spätere Verschneidung mit dem DGM und somit der vollständigen Ermittlung der Überschwemmungsgrenzen. Reine 1D-Modelle liefern tiefen- und breitengemittelte Wasserstände an den Querprofilen, die zwischen den Profilen, aber auch in die potenziellen Überschwemmungsgebiete des Vorlandes übertragen werden müssen. Reine 2D Modelle geben den Wasserstand durch ein Finite Elemente Netz (bzw. den Netzknoten) an. Bei gekoppelten 1D/2D Modellen liegen sowohl Wasserspiegel an den Profilen als auch in der Fläche vor (z.B. regelmäßiges Punktegitter).

2. TIN-basierte Verschneidung WSP/DGM (Schritt 2)

Die Wasserspiegel werden auf TIN-Basis mit dem DGM verschneidet. Trotz der längeren Berechnungszeiten und der deutlich größeren Datenmengen ist die TIN-Verschneidung der rasterbasierten vorzuziehen, da die detailtreue Betrachtung von Bruchkanten und hydraulisch relevante und hochgenaue Informationen erhalten bleiben. Vor allem die Anbindung möglicher Überflutungsflächen bzw. deren Abtrennung vom Vorfluter durch markante Höhenstrukturen (z.B. Deich, Hochwasserschutzmauer) kann so in den Geodaten lage- und detailgetreu abgebildet werden. Abbildung 4 zeigt exemplarisch an einem Deichverlauf die

mögliche Abtrennung bzw. Anbindung von Überflutungsflächen an den Vorfluter aufgrund generalisierter Höheninformationen.

Um die TIN-Verschneidung effektiv in den Batchbetrieb einbauen zu können, wurde ein ArcGIS Geoprocessing-Tool programmiert.

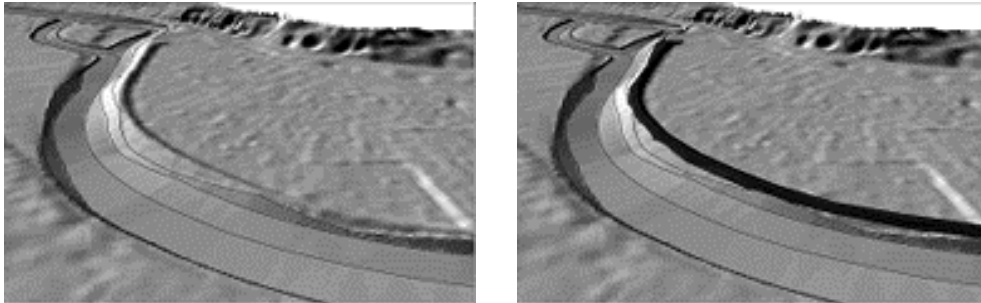


Abb. 4: Relevante Höhenstrukturen zur Bestimmung der Überflutungsausbreitung (rechts mit Deichkrone als Bruchkante eines TIN)

3. Berechnung der Überflutungstiefen und Klassifikation der Flächenausbreitung (Schritte 3 und 4)

Kernpunkte dieser Arbeitsschritte sind die Analysen der Überflutungstiefen und -flächen über die Geostatistik und räumliche Lage der ermittelten Flächen. Nach der Verschneidung kann unter Umständen eine „unruhige“ Rohverschneidung vorliegen (Abb. 5, links), die unmittelbar aus der Verschneidung zwischen Wasserspiegellagen und Geländeoberfläche herrührt. Sehr kleine nasse und trockene Bereiche innerhalb des Hauptwasserkörpers wechseln sich in unmittelbarer Nachbarschaft und auf kleiner räumlicher Distanz mit sehr geringen Wassertiefenänderungen ab. Es werden so Aussagen über sehr scharfe räumliche Ausdehnungsgrenzen und Überschwemmungstiefen vermittelt, die jedoch durch die Unsicherheiten in den Geodaten und der hydraulischen Modellierung nicht gerechtfertigt erscheinen.

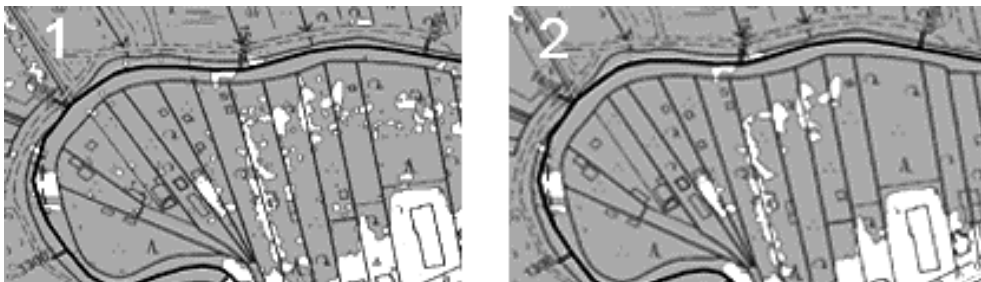


Abb. 5: Bereinigung der Rohflächen

Um diesem Rechnung zu tragen, wird die Rohfläche über ihre Eigenschaften klassifiziert. Zunächst werden die über die TIN-Verschneidung ermittelten Überschwemmungstiefen (negative und positive Werte) in ein Raster konvertiert. Danach erfolgt die geostatistische Analyse zur Klassifikation der Überflutungstiefen mittels parametrisierbarer Größen (z.B.

Flächengröße, Wassertiefe) und der Anbindung der Flächen an das Gewässersystem (Abb 5, rechts). Die so zugewiesenen Klassen werden in dem Teilschritt 5 (Abb. 3) verarbeitet. Kleinstflächen ohne Anbindung an den Hauptwasserkörper werden gelöscht, kleine Inseln innerhalb des Hauptwasserkörpers wiederum dem Wasserkörper hinzugefügt.

4. Bereinigung durch Abschlags- und Zuschlagsflächen (Schritte 5 und 6)

Nach jedem Prozess-Schritt ist eine Kontrolle der Ergebnisse sinnvoll, um Ergänzungen und – wenn notwendig – Korrekturen entsprechend hydraulischer Plausibilitätskriterien vornehmen zu können. Durch visuelle Prüfung und manuelle Einarbeitung lassen sich somit Ungenauigkeiten in der Datengrundlage (z.B. DGM) als auch hydraulische Sonderfälle (z.B. Rückstaubereiche) in die berechneten Überflutungsflächen und -tiefen einarbeiten. Dies kann z.B. durch eine Umklassifizierung der zugewiesenen Klassen geschehen oder durch die Angabe von Zuschlags- oder Abschlagsflächen.

4 Fazit

Die Teilautomatisierung erhöht die Effektivität in der Bearbeitung und generiert nachvollziehbare Resultate. Die konsequente Strukturierung des Workflows in Teilschritte macht die Plausibilisierung und Qualitätssicherung zwischen den einzelnen Teilergebnissen möglich. Die generelle Bearbeitung der Teilschritte geschieht automatisch, so dass der Bearbeiter sich verstärkt auf die Erfüllung und Kontrolle inhaltlicher Anforderungen konzentrieren kann.

Literatur

- EU-HWRM-RL (2007): Richtlinie 2007/60/EG der Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken EU Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken vom 23. Oktober 2007.
- LAWA (2007): Empfehlungen der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser zur Aufstellung von Hochwasser- Gefahrenkarten. Kultur-Verlag.