
Automatisierte Erstellung von Hochwasserrisikokarten im Kontext der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

Razvan-Cosmin TANASESCU

Department für Geographie · Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München
Luisenstraße 37 · 80333 München
E-Mail: tanasescu@yahoo.com

Zusammenfassung

Die EU-Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie) fordert von allen Mitgliedstaaten die Erstellung von Hochwassergefahren- und -risikokarten für Gewässer und Küstenzonen, die einem potenziell signifikanten Hochwasserrisiko unterliegen.

Die Arbeit stellt einen neuartigen Lösungsansatz zur automatisierten Erstellung von Hochwassergefahren- und -risikokarten gemäß der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) vor. Der Kern der Arbeit befasst sich mit der Methodik zur automatisierten Erstellung der geforderten Karten, welche eigens konzipiert und implementiert wurde.

Der Lösungsansatz basiert auf der ESRI Software – ArcGIS Desktop 10.0 – und stellt einen möglichen Lösungsweg vor, um Karten gemäß der Spezifikation des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) effizient zu erstellen.

Die auf diesem Wege generierten Karten entsprechen der Spezifikation des LfU und erfüllen zugleich die Anforderungen der HWRM-RL.

1 Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

Ziel der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie ist es gemäß Artikel 1, einen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken zur Verringerung der hochwasserbedingten nachteiligen Folgen auf

- die menschliche Gesundheit,
- die Umwelt,
- das Kulturerbe
- und wirtschaftliche Tätigkeiten

in der EU zu schaffen.

Um das höhere Ziel, die Verringerung hochwasserbedingter nachteiliger Folgen, zu erreichen, stellt die Europäische Union (EU) mit der HWRM-RL Anforderungen zur Umsetzung in Form eines dreistufigen Ansatzes.

Die erste Stufe sieht eine vorläufige Risikobewertung des Hochwasserrisikos vor (Art. 4 HWRM-RL). Darauf aufbauend werden in der zweiten Stufe Hochwassergefahren- und

-risikokarten für Gewässerabschnitte erstellt, die laut der Risikobewertung einem potenziell signifikanten Hochwasserrisiko unterliegen (Art. 6 HWRM-RL). In der dritten Stufe sind auf Grundlage der Gefahren- und -risikokarten Hochwasserrisikomanagementpläne abzuleiten und zu entwerfen (Art. 7 HWRM-RL).

2 Hochwassergefahren- und -risikokarten

Die geforderten Karten müssen EU-weit bis zum 22.12.2013 vorliegen und sind anschließend alle sechs Jahre zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren (Art. 6 Abs. 8 und Art. 14 HWRM-RL). Hierin begründet sich der Bedarf an einer zeitnahen automatisierten Lösung. Am Beispiel des Landes Bayern müssen die Karten für ein Gewässernetz der Länge von knapp 6.000 km erstellt werden (LFU 2010). Eine Automatisierung des Prozesses ist nicht nur aus zeitlichen und wirtschaftlichen Gründen vorteilhaft, sondern ermöglicht zusätzlich die effiziente Generierung von systematisch qualitativ hochwertigen Karten.

Die EU stellt in der Richtlinie einige Anforderungen gegenüber den Karten, die nachfolgend aufgezeigt werden sollen.

2.1 Hochwasserszenarien

Gefahren- und Risikokarten sind für folgende Szenarien zu erstellen:

- „Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Szenarien für Extremereignisse
- Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (voraussichtliches Wiederkehrintervall \geq 100 Jahre)
- gegebenenfalls Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit“

(Art. 4 Abs. 3 HWRM-RL).

Einen Hinweis, welche Wiederkehrintervalle gemeint sind, gibt es nur in Form einer Konkretisierung bei „mittlerer Wahrscheinlichkeit“, wobei die Angabe „ \geq 100 Jahre“ Spielraum offen lässt.

2.2 Hochwassergefahrenkarten

Die Hochwassergefahrenkarten bilden die Gefahr und somit das Hochwasser ab. Es sollen die geographischen Gebiete erfasst werden, die in den geforderten Szenarien (siehe Kapitel 2.1) überflutet werden. Folgendes ist auf den Gefahrenkarten anzugeben:

- „Ausmaß der Überflutung
- Wassertiefen bzw. gegebenenfalls Wasserstand
- gegebenenfalls Fließgeschwindigkeiten oder relevanter Wasserabfluss“

(Art. 6. Abs. 4 HWRM-RL).

2.3 Hochwasserrisikokarten

Die Hochwasserrisikokarten bilden potenziell hochwasserbedingte nachteilige Auswirkungen ab. Auf den Risikokarten sind die für die geforderten Szenarien (siehe Kapitel 2.1) nachteiligen Auswirkungen anzugeben als:

- „Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner (Orientierungswert)
- Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potenziell betroffenen Gebiet
- Anlagen gemäß Anhang I der Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, die im Falle der Überflutung unbeabsichtigte Umweltverschmutzungen verursachen könnten, und potenziell betroffene Schutzgebiete gemäß Anhang IV Nummer 1 Ziffern i, iii und v der Richtlinie 2000/60/EG
- weitere Informationen, die der Mitgliedstaat als nützlich betrachtet, etwa die Angabe von Gebieten, in denen Hochwasser mit einem hohen Gehalt an mitgeführten Sedimenten sowie Schutt mitführende Hochwasser auftreten können, und Informationen über andere bedeutende Verschmutzungsquellen“

(Art. 6 Abs. 5 HWRM-RL).

Die Auswirkungen auf das Kulturerbe werden zwar nicht explizit für die Risikokarten gefordert, jedoch ist eine Verringerung der Folgen auf das Kulturerbe ein Ziel der Richtlinie. Daher wäre es ratsam diese auch in den Risikokarten zu berücksichtigen, denn die Hochwasserrisikomanagementpläne beachten diese wiederum ausdrücklich (Art.7 Abs.2 HWRM-RL).

3 Zielsetzung

Diese Arbeit befasste sich mit der zweiten Stufe dieses Ansatzes, nämlich mit der Kartenerstellung. Sie soll bei der fachlichen Umsetzung der Kartenanforderungen helfen, indem der Kartenerstellungsprozess automatisiert wird.

Ziel der Arbeit ist somit die Konzeption und Umsetzung einer Methodik, welche es ermöglicht, den Kartenerstellungsprozess für die von der EU-Richtlinie geforderten Gefahren- und -risikokarten zu automatisieren.

Die Ansprüche hinsichtlich der Kartenerstellung wurden auf Vorlage von vom LfU für Bayern vorgesehen Karten konkretisiert. Die vom LfU konzipierten Kartenanforderungen wurden als absolute Kartenspezifikation verstanden, welche es mit automatisiert erstellten Karten zu erfüllen galt. Diese Kartenanforderungen sollen zukünftig für die Kartenerstellung in Bayern verbindlich werden.

Das LfU sieht bezüglich Gefahrenkarten zwei Kartentypen vor. Zum einen die reguläre „Wassertiefenkarte“, die für jedes Szenario einzeln erstellt werden soll (wie auch die Risikokarten) und zum anderem eine zusätzliche Karte „Eintrittswahrscheinlichkeiten“, die das Ausmaß der drei Hochwasserszenarien auf einer einzigen Karte darstellen soll. Die Gefahrenkarte „Wassertiefen“ und Risikokarte muss für jedes Hochwasserszenario (HQ) eines Gewässers erstellt werden. Hinzu kommt nun also die Gefahrenkarte „Eintrittswahrscheinlichkeiten“. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, benötigt es folglich sieben verschiedene Karten pro Gewässer, eher sieben Kartenreihen (bzw. Blattschnittserien), da eine Karte alleine in der Regel nicht das ganze Gewässer und dessen Überflutungsflächen abdeckt.

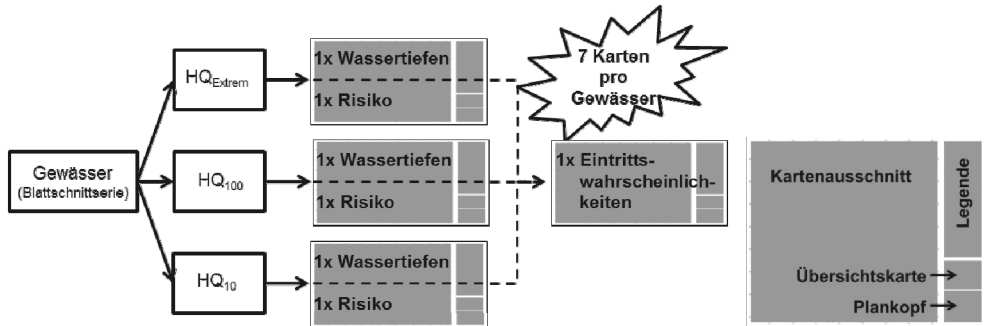


Abb. 1: Skizze der sieben Karten pro Gewässer mit Darstellung der Kartenelemente

Die methodische Arbeit konkretisiert sich folglich auf die automatisierte Erstellung der vom LfU für Bayern vorgesehenen Hochwassergefahren- und -risikokarten mittels ArcGIS 10.

Da hierbei das Geoinformationssystem (GIS) ArcGIS der Firma ESRI verwendet wurde, ist die Konzeption der Methodik in gewissem Maße von der im Softwarepaket – ArcGIS Desktop 10.0 – vorhandene Funktionalität abhängig gewesen.

4 Konzept zur Automatisierung des Prozesses der Kartenerstellung

Die dem Lösungsansatz zugrunde gelegte GIS-Software ist ArcGIS Desktop 10.0, die es mit der erweiterten Funktionalität in Version 10.0 erlaubt, den Erstellungsprozess der vom LfU geforderten Karten „out of the box“ zu automatisieren. Das bedeutet, dass keine zusätzliche Installation von Softwaremodulen oder Sonstigem nötig ist. Die Automatisierung der nötigen Abläufe wurde in ArcGIS 10 vollständig über die Skriptsprache Python realisiert.

Mit ArcGIS 10.0 wurde das alte „Arcgisscripting“ Modul primär um ein weiteres „Mapping“-Modul, dem Kartenerstellungs-Modul erweitert und wird nun als „ArcPy“ Modul bzw. „Site-Package“ bezeichnet, wobei ausschließlich auf Python als Skriptsprache gesetzt wird. ArcPy stellt somit die Hauptkomponente dar, um wiederkehrende Aufgaben effizient zu erledigen, also um eine Automatisierung zu ermöglichen und wird aus diesem Grund im Rahmen dieser Arbeit verwendet (ESRI 2010).

ArcPy bietet also über Python Zugriff auf eine Reihe von Geoverarbeitungs- und Kartenerstellungsfunktionen. In vorangegangenen Softwareversionen konnte man hingegen nur auf Geoverarbeitungstools via „Scripting“ zugreifen (damals noch mit verschiedenen Skriptsprachen). Erst das neue Kartenerstellungs-Modul erlaubt eine automatisierte Erstellung von qualitativ hochwertigen Karten.

Der Prozess der Kartenerstellung wurde so konzipiert, dass in einer Toolbox namens „HWRMRL“ unterschiedliche Tools in einer bestimmten Reihenfolge, abhängig vom zu erstellenden Kartentyp, nacheinander aufgerufen werden. Am Ende werden die Karten, wie

vom LfU gefordert, im „Portable Document Format“ (PDF) ausgegeben und können anschließend direkt öffentlich zugänglich gemacht werden.

Bei den Tools handelt es sich um eigens entwickelte Python Skripte, welche eine Reihe von Arbeitsschritten für den Anwender durchführen und abhängig vom Tool, gewisse Parameter, hauptsächlich Datensätze (Shapefiles), als Input benötigen. Jedes Tool nutzt zwei Skripte, ein Hauptskript für den Arbeitsablauf und ein Nebenskript, welches sich mit dem Input beschäftigt, indem es dem Anwender die Inputparameter vorschlägt und validiert.

Pro Kartentyp liegt eine vordefinierte ArcMap Projektdatei (.mxd) vor, welche die nötigen Ausgangsdatsätze, Einstellungen und das Layout beherbergt. Diese wird bei jedem Durchgang aufs Neue angesprochen und mit gewässerspezifischen Datensätzen angereichert. Die zur Darstellung benötigten Datensätze werden dabei von den Tools über „built-in“ Geoverarbeitungsfunktionen sowie durch eigens entwickelte Funktionen erstellt und im gleichen Atemzug werden die Kartenerstellungsfunktionen verwendet, um die anspruchsvollen Karten gemäß den Vorgaben zu erstellen. Am Ende des Workflows werden schließlich die Ergebniskarten, welche den Anforderungen der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie genügen, in ein gängiges Datenformat (PDF) exportiert.

Pro Gewässer bedarf es insgesamt sieben Karten(-reihen): drei Wassertiefen-, drei Risiko- und einer Eintrittswahrscheinlichkeitenkarte. Es ist vorgesehen, dass je Gewässer sieben Mal die Tools in der geeigneten Reihenfolge aufgerufen werden. Pro Kartentyp muss also eine vorgesehene Reihenfolge von Tools aufgerufen werden wie in Abbildung 2 dargestellt.

Damit die Tools technisch einwandfrei funktionieren und dabei noch möglichst benutzerfreundlich, das heißt mit nur wenigen Parametern ausgeführt werden können, wurde im Vorherein ein eindeutiges Datenmodell definiert, welches auf landesweit flächendeckende Datensätze zugreift. Des Weiteren sind vorgefertigte Layouts in ArcMap Projektdatei abgelegt – jeder Kartentyp benötigt sein eigenes ArcMap Projekt. Alle benötigten Dateien, etc. befinden sich folglich nach klar definierten Regeln (Datenmodell, Namensgebung, usw.) im „Wurzelordner der Toolbox“, welcher in Abbildung 2 oben links dargestellt ist. Während des Prozesses der Kartenerstellung werden alle benötigten Dateien in den jeweiligen Gewässerordner im „Wurzelordner der Gewässerordner“ (Abbildung 2 unten rechts) abgelegt. Die Tools generieren eigenhändig den gesamten Output, welcher ebenfalls einer festen Systematik folgt. Da bei der Erstellung gewässerweise vorgegangen wird, ist für jedes Gewässer ein eigener Ordner vorgesehen, um die große Datenmenge in eine übersichtliche Struktur zu bringen (Unterordner, Namensgebung, etc.) und um dem Anwender freie Wahl zu lassen bei der Reihenfolge der Kartenerstellung. Das Zusammenspiel dieser zwei Ordner erlaubt es außerdem, Datenupdates zu einem späteren Zeitpunkt mit möglichst wenig Mehraufwand vorzunehmen. Allerdings müssen je nach Datensatz ggf. mehrere Tools erneut aufgerufen werden.

Den wohl kritischsten Punkt im gesamten Prozess stellen die Blattschnitte dar. Die Auswahl und Erstellung der Blattschnitte beeinflusst maßgebend die Kartenerstellung, da anhand dieser der dazustellende Inhalt ausgewählt wird, was wiederum Sinn und Zweck der ganzen Kartenproduktion ist. Die Gewährleistung der Leserlichkeit der Übersichtskarten macht ebenfalls eine entsprechende Auswahl des Anwenders notwendig. Im Detail sind viele Einzelentscheidungen zu treffen welche Informationen abgebildet werden sollen und in der Regel müssen stets Kompromisse zwischen Sinn und Ästhetik gefällt werden. Die Übersichtskarte zum Beispiel muss in einem relativ kleinen Maßstab die Blattschnitte aller

relevanten Gewässer (Zu- und Abflüsse) des jeweils aktuellen Gewässers abbilden, was mit automatisierbaren Mitteln nicht konsequent qualitativ hochwertige Ergebnisse liefern kann. Zur Auswahl und Erstellung dieser Blattschnitte wurden jedoch optionale Tools entwickelt, die es dem Anwender erlauben, eine geeignete Auswahl zu treffen. Diese optionalen Tools sind in Abbildung 2 im gestrichelt Kasten ersichtlich.

Die finalen Karten werden folglich anhand der Blattschnitte erstellt. Dabei wird von der in ArcGIS 10 neu eingeführten „Data Driven Pages“-Funktion Gebrauch gemacht, um von Blattschnitt zu Blattschnitt zu blättern. Während des „Blätterns“ extrahiert das Tool „Exportiere zu PDFs“ die nötigen Informationen für den Plankopf und aktualisiert alle weiteren Kartenelemente. Danach werden die jeweils fertig aktualisierten Kartenlayouts zu PDFs exportiert, und anschließend wird weitergeblättert.

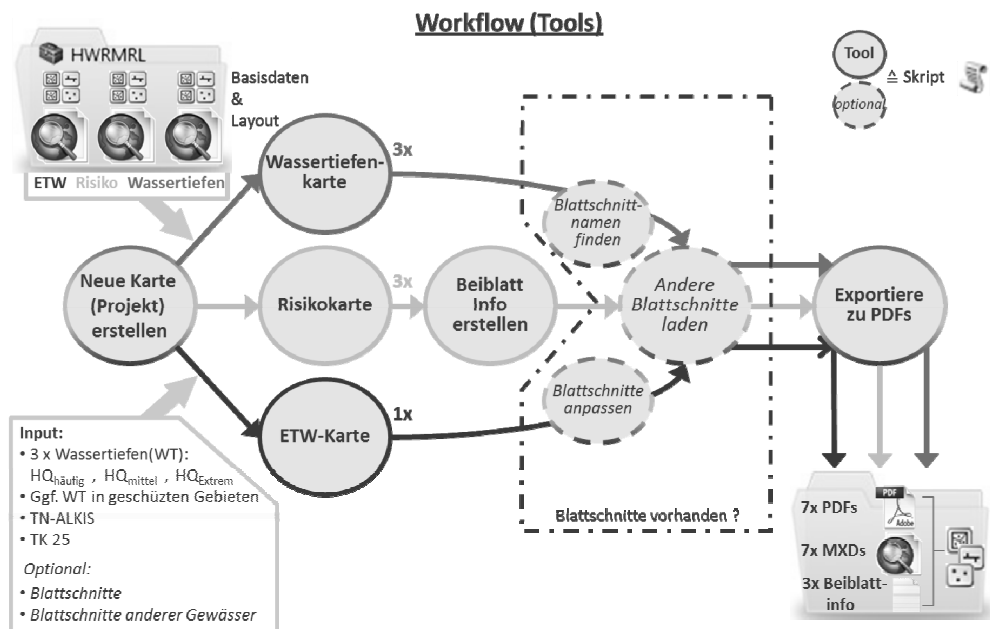


Abb. 2: Workflow (Tools) je Gewässer

Der Nutzer muss sich bei der Anwendung der Tools und dem gesamten Prozess lediglich an die Reihenfolge halten und die Parameter korrekt setzen. Die reine Kartenerstellung ist mit relativ geringem Anwenderwissen zu bewältigen, wodurch für die Anwender besondere Schulungen entfallen können. Voraussetzung dafür ist, dass der Anwender über fundierte ArcGIS-Kenntnisse und über das nötige Wissen zu den Tools verfügt.

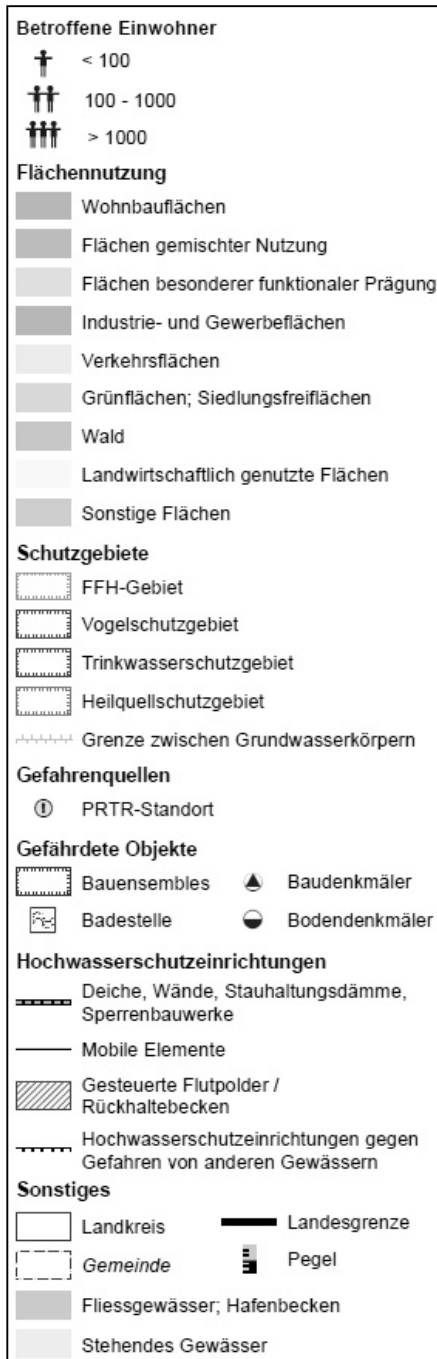


Abb. 3: Legende einer Hochwasserrisikokarte

Je Kartentyp ist somit ein bestimmter Workflow vorgesehen, wobei während der Entwicklung darauf Wert gelegt wurde, dass dieser sich nur wenig unterscheidet, damit möglichst viele Zeilen an Code wiederverwendet werden konnten. Somit wurde eine Lösung realisiert, bei welcher ein Tool für mehrere Kartentypen genutzt werden kann und möglichst wenig Code redundant vorliegt. Dies kommt der Pflege und Fortführung der Lösung bzw. der Tools zugute.

Die Verteilung der Aufgaben auf verschiedene Tools hat ein sehr flexibles Werkzeug zur Folge, welches dem Nutzer möglichst viel Flexibilität einräumt, um nach dessen Vorlieben Karten zu erstellen. In Abbildung 2 wird die Flexibilität durch die optionalen Parameter und (in deren Abhängigkeit) durch die optionalen Tools dargestellt.

Abbildung 3 stellt die Legende einer Hochwasserrisikokarte gemäß der Spezifikation vom LfU vor und deutet mit der Anzahl an darzustellenden Kartenobjekte an, dass die geeignete Prozessierung und die lesefreundliche Darstellung der vorgesehenen Objekte auf einer einzigen Karte oftmals nicht ganz trivial ist und für ein GIS (ohne manuelle Nachbearbeitung) durchaus eine Herausforderung darstellt.

Abbildung 4 beinhaltet eine Übersichtskarte, die nicht nur einen groben geographischen Überblick bietet, sondern vor allem auch dem Leser mitteilt, welche anderen Blattschnitte, sprich Karten, vorhanden sind. In grauer Farbe werden die Blattschnitte der Zu- und Abflüsse des jeweils aktuell betrachteten Gewässers dargestellt. Die schwarzen Polygone sind hierbei die Blattschnitte des aktuellen Gewässers (flussaufwärts und -abwärts). Der in Grau hervorgehobene Blattschnitt stellt die Ausdehnung des aktuellen Kartenausschnittes dar.

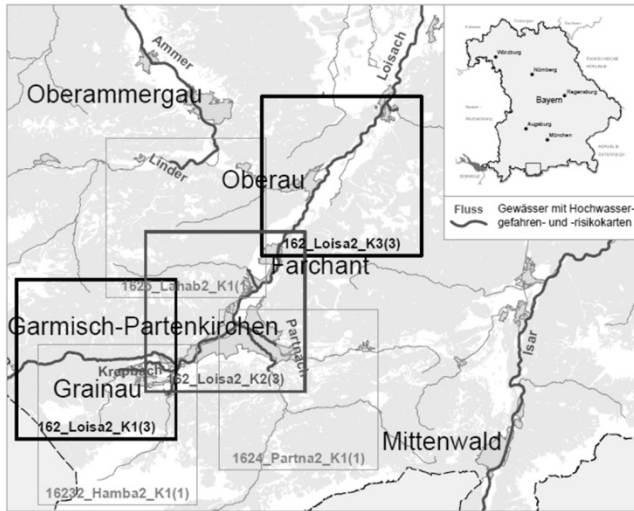


Abb. 4: Übersichtskarte

Abbildung 5 zeigt Ausschnitte der auf der Übersichtskarte angedeuteten Hochwasserrisikokarte. Hierbei ist ausdrücklich anzumerken, dass es sich bei der in Abbildung 5 dargestellten Hochwasserfläche um ein rein fiktives Hochwasserszenario handelt.

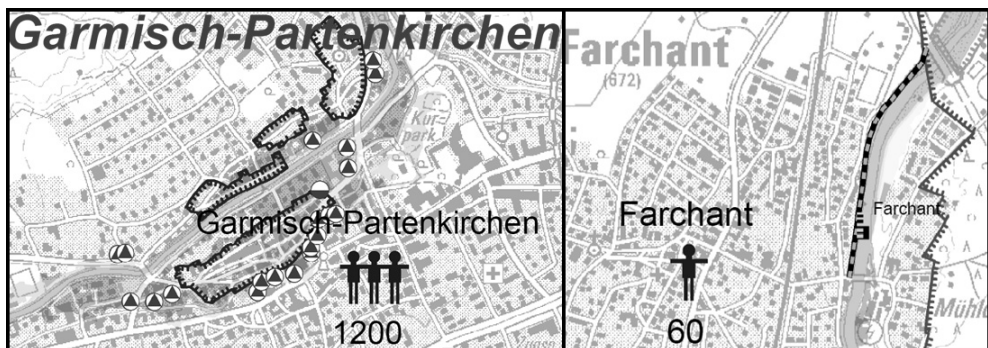


Abb. 5: Ausschnitte einer Hochwasserrisikokarte

Sowohl Abbildung 4 als auch 5 stammen aus einer eigens automatisiert erstellten Hochwasserrisikokarte, die den Kartenspezifikationen des LfU nachkommt und zugleich die Anforderungen der HWRM-RL erfüllt.

Die Implementierung der Methodik (in Form der Tools) und die Anwendung auf das Testgewässer (Loisach bei Garmisch-Partenkirchen) haben vielversprechende Ergebnisse geliefert, sodass dem Einsatz der Tools/Skripte im realen Produktionsbetrieb nichts entgegenstehen würde.

5 Ausblick und Fazit

Nachdem die Tools erfolgreich auf weiteren Einzugsgebieten getestet wurden, könnte die überwachte Automatisierung auf die nächste Ebene gebracht werden, nämlich die nicht überwachte und vollständige Automatisierung des Kartenerstellungsprozesses. Hierbei ist sogar eine „totale“ Automatisierung –die landesweite Kartenerstellung auf einen Klick – aus methodischer Sicht durchaus denkbar.

Die Kartenerstellung dieser Arbeit ist grundsätzlich für das Land Bayern und die vom LfU verfassten Anforderungen konzipiert, jedoch ist mit nur geringem Änderungsbedarf auch die Kartenerstellung für andere Bundesländer vorstellbar, zumal die Anforderungen vom LfU auf den Empfehlungen der Bundes/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) beruhen.

Die LAWA hat Empfehlungen hinsichtlich den Hochwassergefahren- und -risikokarten abgegeben, mit dem Ziel, weitgehend inhaltlich und soweit möglich, gestalterisch einheitliche Kartenwerke zu schaffen, die somit über Ländergrenzen hinweg aufeinander abgestimmt sind (LAWA 2010). Die Anforderungen des LfUs beruhen auf diesen Empfehlungen und folglich auch die mittels des entwickelten Lösungsansatzes generierten Karten.

Als Fazit kann gezogen werden, dass sich richtlinienkonforme Hochwassergefahren- und -risikokarten sehr gut mittels ArcGIS Desktop 10.0 automatisiert erstellen lassen. Dabei lassen sich nicht nur die Mindestanforderungen, sondern auch darüber hinaus gehende Anforderungen, wie die vom LfU, erfüllen. ArcGIS 10 mit seiner erweiterten Funktionalität, vor allem aber dem ArcPy-„Site Package“, hat enorm viel Potenzial und ist der Aufgabe der automatisierten Erstellung von Hochwassergefahren- und -risikokarten durchaus gewachsen.

Abschließend ist hervorzuheben, dass die mittels der konzipierten Methodik und Tools (Status quo) erstellten Hochwassergefahren- und -risikokarten die Anforderungen der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie erfüllen.

Literatur

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT LfU (Hrsg.) (2010), Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos (Art. 4 und 5 EG-HWRM-RL) Dezember 2010. http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_vorlaeufige_risikobewertung/doc/bericht_vrb_bayern.pdf (22.12.2010).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT LfU (Hrsg.) (2011), Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten. http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_gefahren_risikokarten/index.htm (11.12.2011).
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER LAWA (Hrsg.) (2010), Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahren und Hochwasserrisikokarten – beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden. http://www.lawa.de/documents/HWGK15062010_8d8.pdf (26.03.2010).

- ESRI (Hrsg.) (2010), ArcGIS Resource Center: What is ArcPy?. Online im Internet. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What_is_ArcPy/000v000000v7000000 (18.11.2010).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2011), Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:de:PDF> (18.11.2010).
- TANASESCU, R. C. (2011), Automatisierte Erstellung von Hochwassergefahren- und -risikokarten. Diplomarbeit, Department für Geographie, Ludwig-Maximilians-Universität München.