

GIS-Einsatz für den vorbeugenden Hochwasserschutz: eine Fallstudie aus der Region Oberes Elbtal

Ulrich SCHUMACHER

Dipl.-Ing. oec. Ulrich Schumacher, Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR), Weberplatz 1, D – 01217 Dresden

Email: U.Schumacher@ioer.de, Web: www.ioer.de

1 ZIELSTELLUNG

Das Problembewusstsein für die Bedeutung des Hochwasserschutzes hat sich in Mitteleuropa vor allem durch die Katastrophen an Rhein und Oder in den letzten Jahren deutlich verstärkt. Diese „Jahrhundertereignisse“ haben gezeigt, dass allein technische Maßnahmen für ein umfassendes Hochwasserschutzkonzept nicht ausreichen. Die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) weist - wie auch andere Organisationen und Institutionen - in einem Strategiepapier darauf hin, dass Hochwasser eine natürliche hydrologische Erscheinung sind und deshalb die natürlichen Überschwemmungsgebiete erhalten und auf geeignete Weise genutzt werden sollen (vgl. IKSE 1998). In diesem Zusammenhang spielen dezentrale Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes eine wichtige Rolle, um schließlich die Schadenspotentiale zu minimieren.

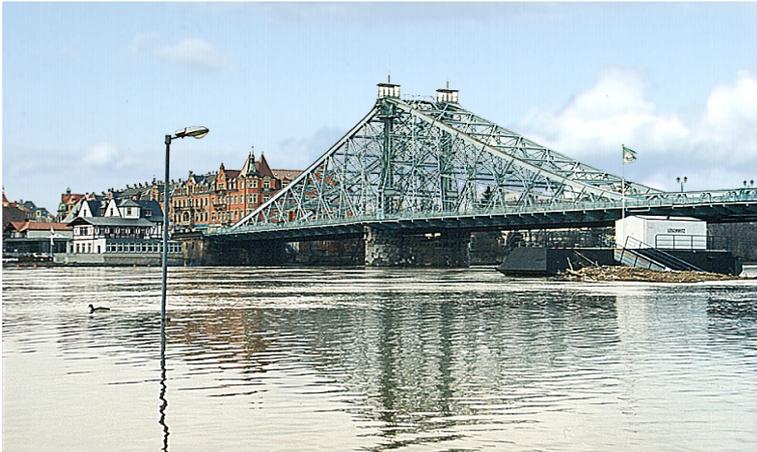


Abb. 1:
Elbehochwasser 1999 in Dresden

Die Entschliefungen der Ministerkonferenzen für Raumordnung von 1995 und 1996 fordern von den Institutionen der Raumordnung entsprechende Konzepte und Maßnahmeprogramme für den vorbeugenden Hochwasserschutz. Aus diesem Grunde wurde am Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden ein Forschungsprojekt zum Thema „Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsbereich der Oberen Elbe – eine zentrale Aufgabe der Raumordnung“ aufgelegt. In diesem Rahmen bildet die Ausweisung besonders gefährdeter Areale bzw. Konfliktbereiche eine Aufgabe, die mit dem Einsatz von Werkzeugen der Geoinformatik qualifiziert und effizient gelöst werden kann. Der GIS-Einsatz reicht dabei bis zur Ableitung von speziellen Risikokarten für Hochwasserereignisse verschiedener Wahrscheinlichkeit.

2 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das Einzugsgebiet der Oberen Elbe umfasst außer den Nebenflüssen auf sächsischem Gebiet fast sämtliche Fließgewässer des böhmischen Teils der Tschechischen Republik. Daher ist eine EU-grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit tschechischen Dienststellen und Forschungseinrichtungen des Hochwasserschutzes unerlässlich. Außerdem wird eine einheitliche (GIS-gestützte) Methodik zur Ermittlung von Gefährdungspotentialen angestrebt.

Das hier vorzustellende Projekt bezieht sich auf ein Modellgebiet auf deutscher Seite: Es wird mit dem Einzugsgebiet der Wesenitz ein rechtselbischer Nebenfluss 1. Ordnung betrachtet, welcher im Oberlausitzer Bergland entspringt und kurz vor Dresden in die Elbe mündet. Die Ausrichtung auf ein Flusseinzugsgebiet wurde bewusst gewählt, um die Notwendigkeit der Überwindung administrativer und planungspolitischer Grenzen bei der praktischen Umsetzung eines vorbeugenden Hochwasserschutzes zu unterstreichen.

Aus der Sicht der Geoinformatik sind zwei Stufen des Projektes zu unterscheiden: Zunächst erfolgt eine überblicksmäßige räumliche Analyse für das gesamte Wesenitz-Einzugsgebiet auf einer mittleren Maßstabsebene mit dem Ziel der Ermittlung potentiell hochwassergefährdeter Räume. Danach schließt sich die eigentliche Hochwassersimulation, also eine großmaßstäbige Detailbearbeitung dieser Räume an, wobei im Ergebnis konkrete Überschwemmungsflächen dargestellt werden.

3 ÜBERSICHT VERWENDETER GEODATEN

Für die überblicksmäßige Bearbeitung des Einzugsgebietes wurden folgende Geodatenbestände im Vektorformat herangezogen:

Gewässer und deren Teileinzugsgebiete vom Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie (1998)

Mikrogeochoren in Sachsen (mit Attributen zur Morphologie, zum Boden, zur Hydromorphie und zum Klima) vom Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie (1998), bearbeitet von der Sächs. Akademie der Wissenschaften, Arbeitsgruppe Naturhaushalt und Gebietscharakter

Bodenbedeckung in Deutschland (CORINE Land Cover) vom Statist. Bundesamt (1997)

Gemeindegrenzen vom Landesvermessungamt Sachsen (1996)

Für die anschließende Hochwassersimulation in einer besonders gefährdeten Ortslage wurde ein digitales Höhenmodell aufgebaut, welches auf einer terrestrischen Vermessung beruht. Die GIS-Bearbeitung erfolgte im wesentlichen mit ArcView.

4 ERMITTLUNG BESONDERS GEFÄHRDETER AREALE

Das Einzugsgebiet der Wesenitz umfasst etwa 270 qkm und besteht zu ca. 70 % aus landwirtschaftlicher Nutzfläche (vor allem Acker), knapp 20 % aus Wald und ca. 10 % aus Siedlungsfläche, wie aus einer Auswertung der o.g. Daten zur Bodenbedeckung hervorgeht.

4.1 Auswertung der Daten zu Mikrogeochoren

Für den Freistaat Sachsen existiert inzwischen ein flächendeckendes naturräumliches Landeskartenwerk (in digitaler Form) mit Einheiten mikrochorischen Ranges, welches von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften im Maßstab 1 : 50 000 erarbeitet wurde (vgl. SMUL 1997). Die Abgrenzung einer Mikrogeochore setzt die Kenntnis ihrer charakteristischen Merkmale voraus, die für die Typisierung so ausgewählt wurden, dass regionale Besonderheiten, landschaftliche Eigenarten und auch schwer fassbare Größen des Naturhaushaltes berücksichtigt werden konnten.

Das vorliegende Projekt beinhaltet eine der ersten Anwendungen dieses umfassenden Kartenwerkes überhaupt. Für die Ermittlung besonders hochwassergefährdeter Areale sind im Untersuchungsgebiet folgende Attribute von 43 Mikrochoren herangezogen worden (Ausprägungen in Klammern):

- Morphologie (9 Neigungsflächentypen: eben mit flachhängigen Anteilen, ..., steilhängig mit flach- und lehnhängigen Anteilen)
- Dominanter Bodentyp (Auenlehm-Vega, Deckauenlehm-Gley, Berglehmsand-Braunerde, Sand- Braunerde, Sandlöß-Braunerde, Löß-Baunerde, Löß-Braunstaugley, Löß-Staugley, Löß-Fahlerde, Berglöß-Parabraunerde bis Fahlerde, Bergschuttsand-Podsol bis Braunerde)
- Hydromorphie (anhydromorph, schwach hydromorph, mäßig hydromorph, stark hydromorph)
- Klimastufen (Tiefland mit mäßig trockenem Klima, Hügelland und unteres Bergland mit mäßig trockenem Klima, Hügelland und unteres Bergland mit mäßig feuchtem Klima, unteres Bergland mit feuchtem Klima)

Die Ausprägungen der Attribute Morphologie und Bodentyp wurden anschließend weiter aggregiert, um räumliche Aussagen zur Hochwassergefährdung im regionalen Maßstab treffen zu können.

4.2 Bestimmung des Oberflächenwasserabflusses

Für die Charakterisierung der Intensität des Oberflächenwasserabflusses nach einer ordinalskalierten Klassifikation sind drei wesentliche Faktoren entscheidend: das Relief bzw. die Hangneigung, die Wasserdurchlässigkeit des Bodens sowie die Bodenbedeckung. Dazu wurde folgendes - bewusst einfach handhabbares - Schema für eine synoptische Bewertung (vgl. Siegel 2000) entwickelt:

Hangneigung	Wasser- durchlässigkeit des Bodens	Boden- bedeckung	Intensität des Oberflächen- wasserabflusses
lehnhängig bis steilhängig	gering bis mäßig (Neigung zur Staubildung)	Waldfläche	mäßig
		Landw. Nutzfläche	stark
	mäßig bis gut	Waldfläche	gering
		Landw. Nutzfläche	mäßig
flachhängig bis gering steilhängig	gering bis mäßig (Neigung zur Staubildung)	Waldfläche	gering
		Landw. Nutzfläche	stark
	mäßig bis gut	Waldfläche	gering
		Landw. Nutzfläche	mäßig
eben bis flachhängig	gering bis mäßig (Neigung zur Staubildung)	Waldfläche	gering
		Landw. Nutzfläche	gering
	mäßig bis gut	Waldfläche	sehr gering
		Landw. Nutzfläche	sehr gering

Quelle:
Mikrogeochoren in Sachsen,
Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie,
1998 (Bearbeitung: Sächsische Akademie der
Wissenschaften)

Quelle:
Bodenbedeckung
in Deutschland
(CORINE Land Cover),
Stat. Bundesamt, 1997

Abb. 2:
Prinzip der Ermittlung des
Oberflächenwasserabflusses

Generell gilt die Aussage, dass der Oberflächenwasserabfluß mit der Hangneigung positiv und mit der Wasserdurchlässigkeit des Bodens negativ korreliert. Bei der Bodenbedeckung wirkt der Wald als Speicher, der die Intensität des Wasserabflusses bremst. Die Siedlungsflächen mit ihrem hohen Versiegelungsgrad sind hier aus der Bewertung ausgeschlossen, weil sie gesondert in einem größeren Maßstab betrachtet werden sollten.

Im Rahmen der GIS-Bearbeitung bietet sich hier eine Vektorverschneidung zwischen den Mikrogeochoren und aggregierten Einheiten von CORINE Land Cover an. Dafür kam in ArcView die INTERSECT-Funktion aus der Erweiterung „Geoprocessing“ zum Einsatz (siehe Abb. 3).

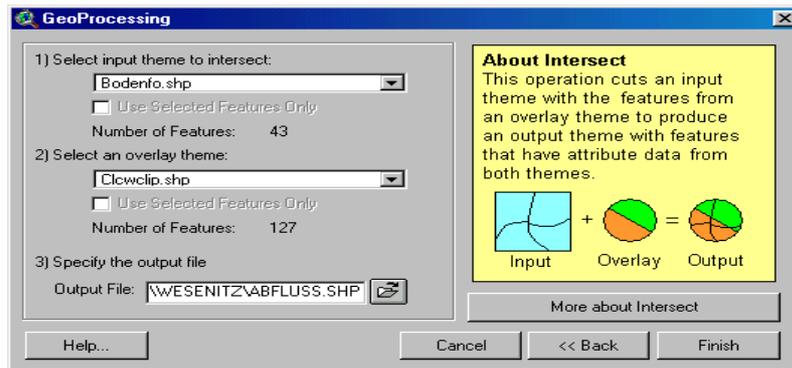


Abb.3:
GIS-Verschneidung zur Ermittlung des
Oberflächenwasserabflusses

4.3 Ermittlung der Niederschlagsverteilung

Grundlage für die Ermittlung der Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet bilden Messreihen des mittleren Jahresniederschlags 1951 – 1980 von insgesamt 24 Stationen aus der Region (Quelle: Meteorologischer Dienst der DDR 1987). Diese Daten wurden in ArcView digitalisierten Punkten zugewiesen und mit Hilfe der Erweiterung „Spatial Analyst“ einer Spline-Interpolation zur Generierung einer glatten Oberfläche auf Rasterbasis unterzogen. Im Ergebnis zeigt sich eine deutliche Zunahme des mittleren Jahresniederschlags von der Dresdener Elbtalweitung im Westen bis zum Oberlausitzer Bergland im Osten.

Die Überlagerung des Oberflächenwasserabflusses mit der Niederschlagsverteilung ergibt für den Mittellauf der Wesenitz - speziell für die Ortslage Helmsdorf - ein erhöhtes Gefährdungspotential. Diese theoretischen Überlegungen auf der Grundlage von GIS-Analysen haben sich durch real aufgetretene Hochwasserereignisse im 20. Jahrhundert bestätigt. Deshalb soll die konkrete Hochwassersimulation auch für diese Ortschaft exemplarisch durchgeführt werden.

5 HOCHWASSERSIMULATION FÜR AUSGEWÄHLTE ORTSLAGE

5.1 Digitales Geländemodell

Eine computergestützte Hochwassersimulation benötigt neben den hydrologischen Parametern (z.B. Durchflusswerte, Rauigkeiten) ein Digitales Geländemodell (DGM) als wichtigste Eingangsinformation. Auf Grund der Überschaubarkeit der hier ausgewählten Ortslage Helmsdorf fiel die Entscheidung zugunsten einer terrestrischen Geländeaufnahme als Basis für das aufzubauende DGM. Der Auftrag für die Vermessung, den Aufbau des Geländemodells sowie die hydrologische Modellierung wurde an den Lehrstuhl Ökosysteme und Umweltinformatik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus vergeben (siehe Gnauck, A./ Schliep, R. 1999).

Die Vermessung beinhaltet die tachymetrische Geländeaufnahme von über 2 500 Punkten nach Lage und Höhe durch gleichzeitiges Messen von Entfernung, Richtung und Vertikalwinkel. Die Punkte sind klassifiziert nach Wasserlinie, Grabensohle, Böschungsober-/ -unterkante, Dammober-/ -unterkante, Straßen- bzw. Wegrand, Gebäude (selektiv erfasst) sowie anderen Objektarten. Im Flusslauf der Wesenitz wurden die Vermessungsdaten durch Interpolation nachträglich verdichtet. Die resultierenden nicht-äquidistanten Höhendaten aus Vermessung und Interpolation wurden im GIS zusammengeführt und mittels Triangulation in ein flächendeckendes Geländemodell umgewandelt.

5.2 Ableitung von Risikokarten

Die Erzeugung von Risikokarten für Hochwasserereignisse verschiedener Jährlichkeiten HQ(T) stellt das Hauptziel der hydrologischen Modellierung dar. Im vorliegenden Fall sollten die Hochwasser HQ(25), HQ(50) und HQ(100) auf Grundlage der entsprechenden Durchflusswerte (Quelle: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie) simuliert werden. Zur Ermittlung der Überflutungsbereiche der Wesenitz in der Ortslage Helmsdorf wurde aus den DGM-Messwerten der Wasserlinie eine Wasserspiegellage interpoliert und diese Lage mit der Gewässersohle als Basis in der Höhe verschoben.

Durch GIS-Verschneidung der transformierten Wasserspiegellage für das jeweilige Hochwasserereignis mit dem Geländemodell lässt sich die entsprechende Überflutungsfläche mit ihren Grenzen ableiten, die den Hauptinhalt der Risikokarte bildet. Die Einbeziehung weiterer (hinreichend genau georeferenzierter) Daten zu Gebäuden, Flurstücksgrenzen, Straßen usw. gibt der Karte ihren praktischen Nutzen - z.B. für die zuständigen Behörden der Raum- und Bauleitplanung. Außerdem ist es mit Hilfe des GIS möglich, an beliebigen Stellen innerhalb des durch das DGM definierte Untersuchungsgebiet Höhenprofile zu legen oder ein 3D-Schaubild mit dem gewählten Hochwasserereignis herzustellen.

5.3 Flurstücksproblematik

Die abgeleiteten Risikokarten können im Simulationsgebiet Helmsdorf gegenwärtig noch nicht zu verbindlichen flurstücksscharfen Aussagen herangezogen werden. Dies ist im Fehlen aktueller Liegenschaftskarten bzw. entsprechender Geodaten für die betreffenden Gemarkungen begründet.

Um die prinzipielle Verfahrensweise zu veranschaulichen, wurde mit den einzig verfügbaren Flurstücksgrenzen aus der *Kopie* einer *historischen* Katasterkarte aus der Zeit von 1890 mit einem *ungefähren Maßstab* von 1 : 2 730 und *unbekannter Kartenprojektion* gearbeitet. Die *kursiv* gekennzeichneten Begriffe markieren die wichtigsten Unschärfen, mit denen hier Flurstücksdaten ins GIS integriert worden sind. Diese Unschärfen bzw. Fehler bezüglich des heutigen Zustandes können trotz Anwendung moderner Entzerrungs- und Interpolationsverfahren nicht beseitigt, sondern allenfalls lokal vermindert werden. Auch die Rasterdaten des Grundrißlayers der Topographischen Karte 1 : 10 000 (N) bieten keine Abhilfe bei der Lösung des Problems, weil sie maßstabsbedingt zu ungenau sind und außerdem dem gegenwärtigen Stand auch nicht exakt entsprechen. Abb. 4 verdeutlicht diese Abweichungen.

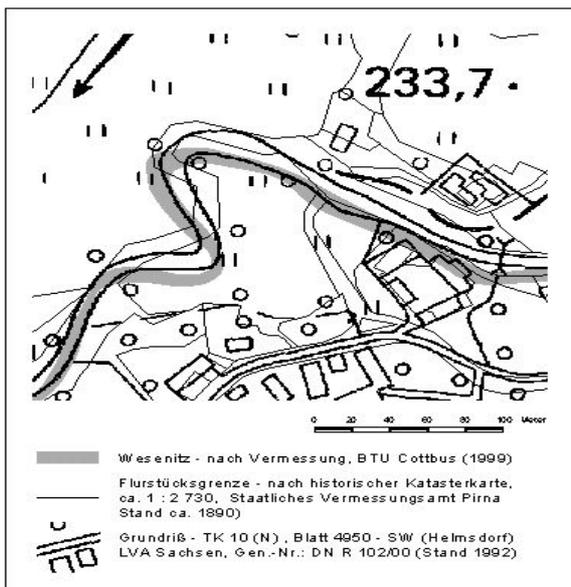


Abb. 4:
Abweichungen zwischen aktueller Vermessung,
TK 10 und historischer Flurstückskarte

Wie in allen ostdeutschen Bundesländern, so befindet sich auch in Sachsen ein digitales Informationssystem im Liegenschaftswesen erst im Aufbau, welches aus zwei wesentlichen Komponenten, der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK - enthält die Vektorgeometrie der Flurstücke) und dem Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB - enthält die flurstücksbezogenen Sachdaten) besteht. Mit der Realisierung der ALK wird das Zahlen- und Kartenwerk des Liegenschaftskatasters von der klassischen analogen auf die digitale, blattschnittfreie und objektbezogene Führung umgestellt. Darüber hinaus werden in Ostdeutschland über Jahrzehnte vernachlässigte Liegenschaftsunterlagen aktualisiert. Nach Informationen des Landesvermessungsamtes Sachsen vom Juli 2000 sind über 45 % der insgesamt ca. 28 000 Kartenblätter unterschiedlicher Maßstäbe digitalisiert, was der ersten Stufe des dreistufigen ALK-Systemaufbaus entspricht. Die Digitalisierung erfolgt markungswise auf Antrag der betreffenden Gemeinden, d.h. in der Regel nach Dringlichkeit des Bedarfes an aktuellen Flurstücksgeodaten. Ein solcher Antrag ist für die Helmsdorfer Gemarkungen bisher nicht gestellt worden, weshalb aktuelle ALK-Daten für das Simulationsgebiet gegenwärtig bzw. in unmittelbarer Zukunft nicht zur Verfügung stehen.

6 FAZIT

Es ist deshalb wichtig, daß die Hochwasserkonfliktbereiche entlang der Fließgewässer zunächst in einem mittleren Maßstab relativ grob im Rahmen der Regionalplanung ausgewiesen werden, um damit diejenigen Gemarkungen mit besonderer Priorität aus der Sicht des vorbeugenden Hochwasserschutzes für den weiteren Aufbau der ALK zu ermitteln. Damit wird es für diese Bereiche möglich, großmaßstäblich berechnete Hochwasserrisiken auch flurstücksgenau zu verorten.

Die Ermittlung von Hochwasserrisiko- bzw. -konfliktbereichen wird in Zukunft durch Weiterentwicklung von Methoden der Geofernerkundung noch effizienter erfolgen können. Dies betrifft vor allem den Einsatz von flugzeuggestützt erzeugten Laserscannerdaten für den Aufbau digitaler Geländemodelle (vgl. Brockmann 1999). Durch die Erhöhung der Meßgenauigkeit sowie die Entwicklung geeigneter Filterverfahren zur Bereinigung der Rohdaten einer Laserscan-Befliegung (Eliminierung von Vegetation und Bebauung) eröffnen sich neue Möglichkeiten. Hier beteiligt sich z.Z. das IÖR Dresden - gemeinsam mit einem auf hydrologische Analysen spezialisierten Ingenieurbüro - an einem neuen Projekt zur Ermittlung der Überschwemmungsgebiete der Elbe im Landkreis Sächsische Schweiz, das vom zuständigen Staatlichen Umweltfachamt ausgeschrieben wurde. Bei diesem Projekt werden durch Echolotung ermittelte und mit GPS verortete Flußquerprofile sowie bereinigte Laserscandaten zum Aufbau des DGM verwendet.

Die GIS-gestützt erzeugten Risikokarten mit der Ausweisung von Konfliktbereichen für das Hochwasser verschiedener Jährlichkeiten stellen ein wichtige Entscheidungshilfe in der Hand des Planers sowie der Behörden dar. Die Wirksamkeit von Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz hängt aber letztlich von der politischen Durchsetzungskraft gegenüber anderen gegenläufigen Interessen ab.

LITERATUR

- Brockmann, H.: Einsatz flugzeuggestützter Fernerkundungstechniken zur Bearbeitung hydrologischer Fragestellungen. Vortrag auf dem Workshop „Ermittlung von Überflutungsflächen an Fließgewässern“, Karlsruhe, 16./17. Juni 1999.
- Dapp, K.: Vorsorgender Hochwasserschutz durch Information? In: Schrenk, M. (Hrsg.): CORP 2000 – Computergestützte Raumplanung. Beiträge zum 5. Symposium, Wien, 2000, S. 99 – 106.
- Gnauck, A., Schliep, R.: Digitales Geländemodell der Wesenitz in der Ortslage Helmsdorf. Ergebnisbericht der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus, 1999.
- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE): Strategie zum Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Elbe. Magdeburg, 1998.
- Sächs. Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung (SMUL): Naturräume und Naturraumpotentiale des Freistaates Sachsen. Materialien zur Landesentwicklung 2/1997.
- Sächs. Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL): Hochwasserschutz in Sachsen. Materialien zur Wasserwirtschaft 3/1999.
- Siegel, B.: Der informelle Plan – eine Strategie der Raumplanung zur Umsetzung von Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz – dargestellt am Flusseinzugsgebiet der Wesenitz / Sachsen. Vortrag auf dem Workshop „Vorbeugender Hochwasserschutz auf kommunaler Ebene“, Dresden, 13./14. Dezember 2000.