

Digitale Geländemodelle als Grundlage für stationäre und instationäre Überflutungssimulationen

Martina Hape, Jochen Purps

1 Digitale Geländemodelle

Detailgenaue und aktuelle Höhendaten sind schon immer ein unverzichtbarer Bestandteil der ökologischen Forschung gewesen, insbesondere an den Unterläufen großer Ströme sowie in Auengebieten, in denen Höhenunterschiede von wenigen Dezimetern *die* entscheidende Rolle für alle Systemprozesse spielen. Schnelle und leistungsfähige Hardware ermöglicht seit einigen Jahren die Erstellung von digitalen Höhen- bzw. Geländemodellen, die sich als unverzichtbare Grundlage ökologischer Zustandsbeschreibung und Prognoseentwicklung etabliert haben.

Bei allen weiteren Überlegungen zur Nutzung von digitalen Geländemodellen (DGM) für stationäre und instationäre Überflutungsmodellierungen sollte jedoch bedacht werden, dass trotz aller bereits erreichten Genauigkeit (± 15 cm Höhenungenauigkeit für Laser-Scanner-Daten in flachem bis wenig geneigtem Gelände und geringem Bewuchs, vgl. Brockmann 1998) die Daten eine gewisse "Unschärfe" aufgrund methodischer Probleme in der Datenerhebung aufweisen. Die Nutzung Geographischer Informationssysteme und damit digitaler Geländemodelle muß also unter der Prämisse erfolgen, daß gewisse Abweichungen zwischen Wirklichkeit und Modell systemimmanent sind und in jedem Falle auftreten werden. Es sei darauf hingewiesen, daß das Modell im Vergleich zur Wirklichkeit sowohl zu hohe, als auch zu niedrig gelegene Bereiche aufweisen wird, da die Verteilung der gemessenen Geländepunkte rein zufällig ist.

2 Methoden der Datenerhebung

Zur Erstellung von Digitalen Geländemodellen kommen z.Zt. in der Praxis vier Verfahren der Datenerhebung zur Anwendung:

- * Aerophotogrammetrie/Aerotriangulation ("Luftbildauswertung")
- * Auswertung von Höheninformationen der Topographischen Karte (TK 10, 25, 50)
- * Generierung aus Laser-Scanner-Daten
- * Generierung aus terrestrischen Vermessungsdaten

Darüberhinaus wird beispielsweise am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) an der Nutzung der SAR-Inferometrie („Synthetisches Aperture Radar System“) zur Generierung digitaler Geländemodelle gearbeitet (auch für die untere Mittelelbe liegt ein E-SAR-Datensatz vor). Allerdings befindet sich diese Methode z.Zt. lediglich in einem „prä-operationellen Status“ (Hajsek et al. 1999).

Von den drei erstgenannten Verfahren ist für das Verbundvorhaben "Auenregeneration durch Deichrückverlegung" (BMBF-FKZ 0339571) Gebrauch gemacht worden, um das im weiteren verwendete und hier präsentierte DGM zu erstellen.

Ein recht altes und bewährtes Verfahren ist die Aerophotogrammetrie und anschließende Aerotriangulation (Anfertigung von (i.d.R.) schwarz-weiß Luftbildern mit 60-prozentiger Längs- und 30-prozentiger Querüberdeckung und deren EDV-Auswertung. Als Nachteile dieses Verfahrens gelten die große Wetterabhängigkeit, der hohe Zeitaufwand zur Erstellung der Aerotriangulation sowie Probleme bei dicht bewaldeten Flächen und bei Seen (Kersten 1997). Allerdings sind auch entscheidende Vorteile mit der Nutzung dieses Verfahrens verknüpft, denn hiermit können manuell Topographien von Bruchkanten im Gelände ermittelt werden, die bei den anderen Verfahren (Laser-Scanner, SAR-Inferometrie) schwer zu extrahieren sind. Neben der Erfassung eines flächenbezogenen Höhenpunkttrasters stellt die explizite Erfassung von Bruchkanten (Böschungen mit Ober- und Unterkante, Deichlinie, Grabensystem usw.) grundsätzlich für die Erstellung eines jeden DGMs *die* entscheidende Grundlage dar.

Bei der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) wurde im Rahmen von Untersuchungen zur Deichrückverlegung bei Lenzen (BAW 1997) zunächst mit einem DGM aus digitalisierten Höheninformationen der Topographischen Karte 1 : 10.000 gearbeitet. Mit diesem Modell wurden erste Modellierungen zur Lage von Deichschlitzen, zum Einfluß des Altdeiches und zu Strömungsverhältnissen im künftigen Deichvorland durchgeführt. Das Problem einer ungünstigen Punktverteilung und damit recht groben Abbildung des Geländes sowie der fehlenden Aktualität der analogen und damit auch digitalen Daten (v.a. bei hochdynamischen Vorlandverhältnissen) spricht jedoch gegen eine Verwendung von DGMs aus topographischen Karten (vgl. Hoss 1997).

Demgegenüber eröffnet die Nutzung von Laser-Scanner-Daten neue Möglichkeiten bei der Erstellung von Digitalen Geländemodellen für landschaftsökologische Forschungs- und Umsetzungsvorhaben. Dieses flugzeuggestützte Verfahren nutzt einen Scanner zur Abtastung der Erdoberfläche in einem bestimmten Punktabstand. Je geringer der Punktabstand, desto genauer kann das DGM sein, desto teurer wird jedoch auch die Modellerstellung (vgl. Tab.1). Ein empfindlicher Nachteil des Verfahrens ist, daß eine Trennung der Laserpunkte der Geländeoberfläche von denen der Bauwerke und der dichten Vegetation schwierig ist, so daß manuelle Nachklassifizierungen nötig werden. Das Laser-Scanner-Modell, das dem Verbundvorhaben von Seiten des Landesvermessungsamtes Brandenburg dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurde, weist einen Punktabstand von 4-6 m im Gelände auf (recht genaue Höhen-Abbildung des Untersuchungsgebietes). Dieses Laser-Scanner-Modell wurde samt Bruchkanten, Deichlinien(-varianten) und möglichen Flutrinnen (Deichbau-Materialentnahmestellen) an die BAW übergeben, die dieses erweiterte DGM für die verschiedenen instationären Überflutungssimulationen verwendet.

Tab.1: Bewertung einzelner Verfahren zur Erstellung von DGMs im Verbundvorhaben
„Auenregeneration durch Deichrückverlegung“

	DGM 1	DGM 2	DGM 3
Erstellt durch	Bundesanstalt für Wasserbau	Landesvermessungsamt Brandenburg	Kirchner und Wolf Consult GmbH
Datengrundlage/ Methode	Topographische Karte 1 : 10.000 (AS)	Gelände abgebildet durch Laser-Scan-Methode (Punktabstand 4-6m)	Gelände abgebildet durch Aerophotogrammetrie und Aerotriangulation
Aktualität/Stand	Mitte 1989	4./5.3.1997	15.11.1996
Methode der Interpolation	unregelmäßige Dreiecke mit dem Programm BCE	unregelmäßige Dreiecke mit dem Programm SCOP*	unregelmäßige Dreiecke mit dem Programm SCOP*
Kosten	50-100 DM pro km ²	320 DM pro km ² (bei Punktabstand 4-6 Meter) [1000 DM pro km ² (bei Punktabstand 2-3 Meter)]	1500 DM pro km ² (inkl. Bruchkanten)
Morphologie	fehlt keine Bruchkanten, Böschungen, Formlinien (Sattelpunkte, Fließlinien)	fehlt nur bei sehr dichtem Punktabstand ist eine annähernde Abbildung der Morphologie zu erreichen	vorhanden Morphologie wird standardmäßig erfaßt (Regelmäßiges Raster und Bruchkanten)
Auflösung In z-Richtung	0,25m	0,1m	0,1m
Genauigkeit	abhängig von Kartenmaßstab und Digitalisiergenauigkeit (z.B. TK10 = 6 - 7m)	Mittl. Punktfehler <= +/-0,3m	Mittl. Lagefehler = +/- 0,1m Mittl. Höhenfehler = +/-0,2m
Bewertung Vorteile Nachteile	sehr kostengünstig (keine Geländetermine) ungenau	genau bei relativ niedrigen Kosten für große Gebiete (> 100km ²)	sehr genau bei mittelhohen Kosten für mittlere Gebiete (10 - 100km ²)

* Landesvermessungsamt Brandenburg

3 Nutzung des DGM für die Beantwortung hydraulischer Fragestellungen (stationäre und instationäre Überflutungssimulationen)

Nach Übergabe des digitalen Geländemodells an die BAW wurden dort mathematisch aufwendige, instationäre Überflutungssimulationen durchgeführt, deren Ergebnisse an anderer Stelle diskutiert werden (s. Bleyel 1999, in diesem Band).

In der Koordination des Verbundvorhabens „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“ sollten dagegen in erster Linie praxisnahe und übersichtliche kartographische Auswertungen erstellt werden, die den Verbundprojektpartnern in möglichst kurzer Zeit gut handhabbare Analyse- und Prognosewerkzeuge zur Verfügung stellen. Diese sollten die Bildung von Hypothesen und erste Antworten auf folgende Fragestellungen ermöglichen:

1. Welche hydraulischen Auswirkungen gibt es, wenn bei einem Hochwasser von $900\text{m}^3/\text{s}$ das Wasser von unterstrom über den geschlitzten Alt-Deich tritt?
2. Welche Überflutungsverhältnisse ergeben sich im Untersuchungsgebiet, wenn ein höheres Hochwasser den am weitesten flußaufwärts gelegenen Deichschlitz (Höhe bei $1200\text{m}^3/\text{s}$) passiert und somit unbeeinflusst durch das neue Deichvorland strömt?
3. Welche Pflanzengesellschaften werden davon zuerst betroffen und welche Veränderungen in der Vegetation werden sich in Abhängigkeit vom Überflutungsregime einstellen?
4. Wie lange sind welche Standorte bei einem Einströmen des Hochwassers von a) unterstrom und b) oberstrom überstaut?
5. Wo finden sich natürliche potentielle Weichholzaunenstandorte, wo werden sich natürlicherweise Hartholzaunen-Gesellschaften ausbilden?
6. Wie groß sind die Überflutungswahrscheinlichkeiten für die einzelnen landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten bezogen auf einzelne Monate in der Vegetationsperiode?

Gerade die letzte Frage illustriert einen der Kernpunkte des interdisziplinären Forschungsvorhabens. Durch eine exakte Erfassung abiotischer und biotischer Faktoren und deren Verknüpfung (auf Grundlage so aktueller, detailgetreuer, flächendeckender Höheninformationen wie die des verwendeten DGMs) können detaillierte Prognosen für die Entwicklung des Gebietes nach einer Rückdeichung abgeleitet werden.

Literatur

- Brockmann, H. (1998) Einsatzmöglichkeiten der flugzeuggestützten Laser-Scanner-Technik zur Erfassung räumlich hydrologischer Informationen an Fließgewässern", DGM 42, Heft 2, 68-75
- BAW /P. Faulhaber (1997): Hydraulisch-morphologische Untersuchung von Rückdeichungen bei Lenzen (Elbe) (Auszug). Auenrepopt/Beiträge aus dem Naturpark Brandenburgische Elbtalaue 3: 66-81. Rühstädt.
- Hajsek, I., C. Schullius & P. Ergenzinger (1999): SAR-Interferometrie versus Laser-Scanner-Technik zur Erstellung von digitalen Geländemodellen, in Vorbereitung
- Hoss, H. (1997) Einsatz des Laser-Scanner-Verfahrens beim Aufbau des Digitalen Geländemodells (DGM) in Baden-Württemberg, DGPF, 131-142