

Erzeugung eines regionalen digitalen Höhenmodells als wasserwirtschaftliche Planungsgrundlage

Hartmut MÜLLER, Marion ASIMS und Mariusz KOZUCH

Zusammenfassung

Digitale Höhenmodelle (DHM) werden bei vielen Aufgaben der digitalen Raumanalyse benötigt. Die geometrische Qualität dieser Modelle bestimmt die Aussagekraft der auf einer solchen Datengrundlage erzeugten Ergebnisse wesentlich mit. Der Beitrag befasst sich mit der Erzeugung eines digitalen Höhenmodells für eine Region. In unterschiedlichen Strukturen und Genauigkeiten vorliegende digitale Höhendaten aus unterschiedlichen Quellen wurden hinsichtlich ihrer Struktur und Qualität analysiert, bewertet und verbessert. Als Endergebnis der Bearbeitungskette entstand aus den heterogenen Eingangsdaten ein einheitlicher flächendeckender Datensatz für das Gesamtgebiet. Die im Vergleich zu den bisher vorliegenden amtlichen digitalen Höhendaten wesentlich höhere Qualität des neuen Modells konnte inzwischen bei der Berechnung und Darstellung der Grundwassersituation im Untersuchungsgebiet demonstriert werden.

1 Hintergrund

Anlass für die Untersuchung war die Grundwassersituation im Frühjahr 2001 im Hessisches Ried, einem etwa 2000 km² großen Teilgebiet der Oberrheinischen Tiefebene südlich von Frankfurt am Main. Großräumige Vernässungen führten zur Frage, inwieweit die Vorgaben des Grundwasserbewirtschaftungsplans Hessisches Ried angepasst werden müssen. In diesem Zusammenhang sind die Flächen zu ermitteln, in denen die bisherigen landwirtschaftlichen Nutzungsformen den erhöhten Grundwasserständen angepasst oder die Nutzung zugunsten von Naturschutzflächen aufgegeben werden muss (HLUG 2001b). Die präzise Erkennung von Überflutungsflächen ist Voraussetzung, um geeignete Maßnahmen treffen zu können. In diesem Zusammenhang zeigten sich deutliche Defizite des vorhandenen amtlichen DHMs und damit der Bedarf für ein genaueres Modell.

2 Datenfusion

Ziel des hier dargestellten Projekts war es, auf der Grundlage bereits vorhandener Höhendaten ein möglichst hochwertiges DHM zu berechnen. Im Lauf der letzten Jahrzehnte waren an unterschiedlichen Stellen für verschiedene Zwecke jeweils separate Teilgebiete digital erfasst worden. Die daraus erzeugten digitalen Datenbestände unterscheiden sich sowohl, was ihre Flächendeckung, als auch, was ihre Struktur und Qualität betrifft, ganz erheblich voneinander. Der größte Teil der benutzten Daten, etwa 430.000 3D-Punkte, geht auf digitalisierte Höhenlinien der Deutschen Grundkarte im Maßstab 1 : 5000 zurück. Weitere Daten stammen aus photogrammetrischen Höhenlinien-

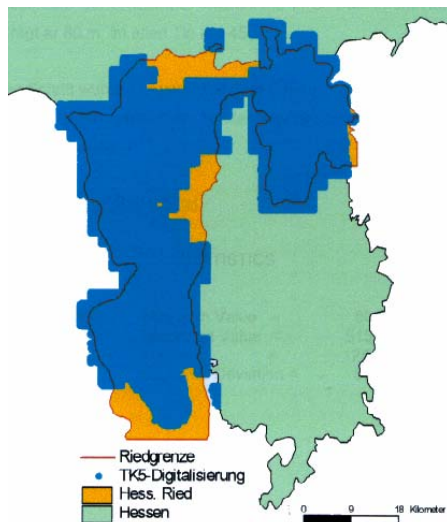


Abb. 1: Datensituation für das Hessische Ried

Verfügung gestellt. Alle weiteren Datentypen waren ebenfalls in unterschiedlichen Dateien und Formaten abgelegt, so dass insgesamt mehr als 500 Dateien zu verarbeiten waren. Abb. 1 zeigt das vollständige Untersuchungsgebiet mit den im Masstab 1:5000 abgedeckten Bereichen. Die verbleibenden Bereiche waren mit Daten aus zusätzlichen Quellen, z.B. auch über Datensätze aus den benachbarten Bundesländern Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg, zu füllen, was zum Teil weiteren Anpassungsaufwand mit sich brachte.

Die Abb. 2 möge einen Einblick in die heterogene Struktur des Datenmaterials geben. Teilweise liegen die Datenpunkte im dargestellten Teilgebiet als Punktraster vor, zum überwiegenden Teil stammen sie, wie an der Verteilung der Punkte klar zu erkennen ist, aus einer Digitalisierung von Höhenlinien. Die Datendichte ist hier entlang der Linien sehr viel höher als in Richtung der Geländeneigung, eine Eigenschaft, wie sie bei dieser Art der Datenerfassung häufig anzutreffen ist. Diese – für die Berechnung des DHM als Triangular Irregular Network (TIN) ungünstige – Verteilung mit Punktabständen zwischen 15 bis 150 Metern war im Auswerteprozess ebenso zu berücksichtigen wie die Überlappungsgebiete zwischen den Datensätzen unterschiedlicher Art und Herkunft, die vor der Vereinigung auf genügende Übereinstimmung der Punkthöhen an identischen räumlichen Positionen zu prüfen waren.

und Profilmessungen. Um hieraus einen einheitlichen Datenbestand mit kontrollierter Qualität zu gewinnen, waren umfangreiche Datensätze unterschiedlicher Art, Herkunft und Güte zu sichten, zu prüfen, zu akzeptieren bzw. zu verwerfen, zu homogenisieren und schließlich zu einem integrierten Datenbestand zu vereinigen. Ein erheblicher zusätzlicher organisatorischer Aufwand entstand aus der DV-technischen Struktur der Datenbasis. Die digitalisierten Höhenlinien waren gemäß dem Blattschnitt des 1:5000 – Kartenwerkes strukturiert und wurden deshalb vom Hessischen Landesvermessungsamt in Form von mehr als 400 Dateien zur

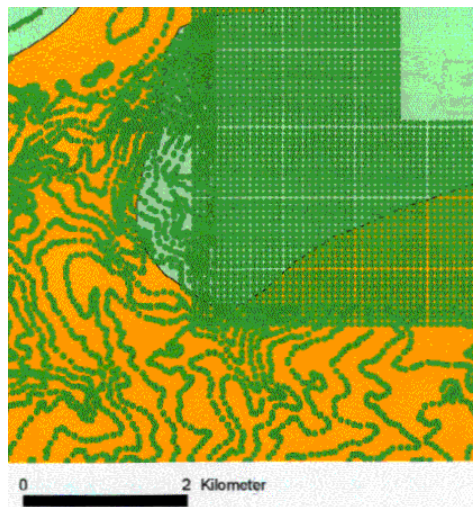


Abb. 2: 3D-Datenpunkte für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebiets

3 Qualitätsprüfung

Um die Qualität des generierten DHMs bewerten zu können, wurden umfangreiche Prüfungen durchgeführt. Einen ersten Einblick ermöglichte die Generierung eines Differenzmodells zwischen dem neuen DHM und dem bisher benutzten amtlichen digitalen Höhenmodell. Dabei zeigte sich bereits eine qualitative Verbesserung im neuen Modell, die anschließend nach verschiedenen Verfahren quantifiziert werden konnte. Stichproben mit spezifischer Aussagekraft konnten auf unterschiedlichen Wegen untersucht werden.

Tab. 1: Höhendifferenzen Punktstichprobe

Höhen-diff. [m]	Anzahl Punkte	Anteil [%]
< 0,5	19.659	73,6
0,5 - 1	4.255	15,9
1 - 2	2.082	7,8
> 2	714	2,7
Summe	26.710	100,0

Der Vergleich mit vollkommen unabhängig photogrammetrisch bestimmten Höhen aus dem Retentionskataster Hessen wurde für insgesamt etwa 27.000 Punkte durchgeführt. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, stimmen die Höhen aus beiden Modellen für fast 90 Prozent der Punkte innerhalb eines Toleranzbandes von 1 Meter überein, die Ausreißerquote mit Abweichungen von mehr als 2 Metern liegt bei knapp 3 Prozent. Abb. 3 zeigt für einen Ausschnitt die flächenhafte Verteilung der Höhendifferenzen. In den flachen Geländebereichen zeigt sich eine gute Übereinstimmung von meist besser als 0,5 Metern, während die Abweichungen entlang der Böschungen meist größer als 1 Meter

sind und bis zu 2 Meter erreichen. Diese Abweichungen sind durchaus zu erwarten, da Böschungskanten zwar im Retentionskataster, nicht aber in der 1:5000 – Digitalisierung der Höhenlinien vorliegen. Bei der Beurteilung der Aussagekraft dieser Vergleichsmethode

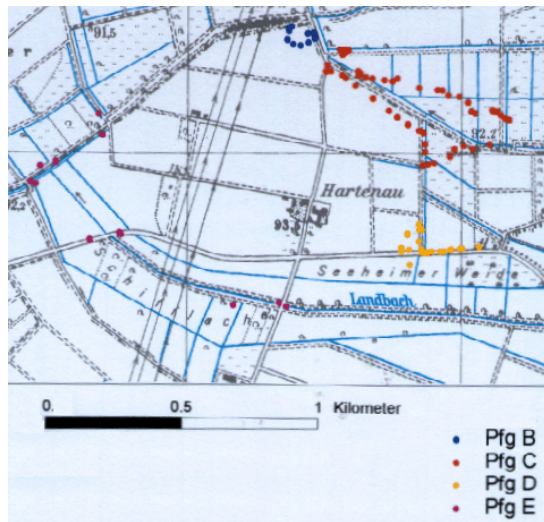


Abb. 4: Qualitätsprüfung des berechneten DHM gegenüber tatsächlichen Überschwemmungsflächen

lediglich in etwa 1 %, im bisherigen jedoch in etwa 10 % aller Fälle auf. Auch die Maßzahlen aus dieser punktuellen Untersuchung weisen also auf eine deutliche Qualitätssteigerung hin und bestätigen damit die aus dem Vergleich von Punkthöhen mit dem digitalen Retentionskataster erhaltenen Ergebnisse (vgl. Tab. 1).

4 Nutzung des neuen digitalen Höhenmodells

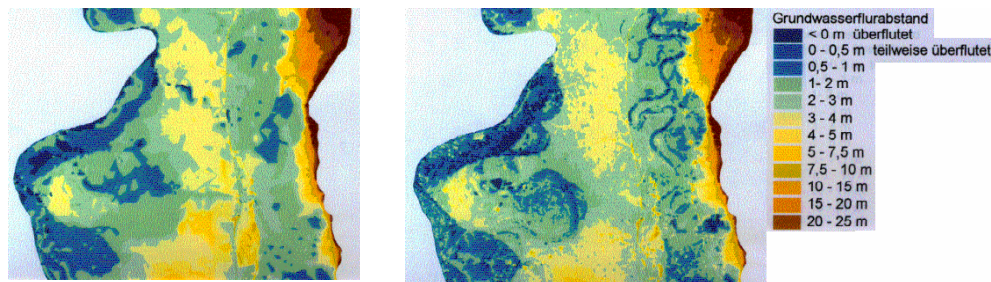


Abb. 5: Grundwasser-Flurabstände im April 2001, berechnet im alten und neuen DHM

Abb. 5 zeigt für einen Ausschnitt des Bearbeitungsgebiets eine flächenhafte Darstellung des Grundwasser-Flurabstands in der Gegenüberstellung zwischen dem bisher vorliegenden und dem neuen DHM. Die oben numerisch verifizierte Verbesserung zeigt sich hier insbesondere in Form eines wesentlich größeren Detailreichtums. So sind beispielsweise die paläohydrographischen Verhältnisse in Gestalt der ehemaligen Auen des Alt-Neckars am östlichen Rand und die Mäander des Rheins am westlichen Rand des dargestellten Bereichs deutlich zu erkennen (siehe auch HLU, 2001a).

5 Schlussfolgerungen

Die Genauigkeit des neuen digitalen Höhenmodells konnte mit i.a. besser als 1 m verifiziert werden. Damit wird die optimistische Aussage ‚Das Geländehöhenmodell, aus dem die Grundwasserflurabstandskarten abgeleitet werden, kann teilweise eine Ungenauigkeit von mehreren dm aufweisen‘ (HLUG, 2001b) zwar nicht ganz erreicht. Sie kommt jedoch der vom HLVA für die angebotenen Basishöhendaten spezifizierten Genauigkeit von 0,5 bis 1 m in bewuchsfreiem und weitgehend gleichförmigem Gelände (HLVA, 2001) recht nahe. Damit scheint das Potenzial des verfügbaren Datenmaterials weitgehend ausgeschöpft zu sein. Eine weitere Genauigkeitssteigerung würde u.a. auch die Berücksichtigung der Zeitkomponente erfordern. Im untersuchten Gebiet wurden Höhenänderungen von bis zu 2 cm pro Jahr festgestellt (z.B. Hausch et al., 1986). Die Höheninformationen topographischer Karten werden in der Regel nicht fort geführt, so dass derartige Effekte im Verlauf von Jahrzehnten durchaus zu Fehlern von mehreren dm führen können.

Genauere digitale Höhenmodelle können seit einigen Jahren mit flugzeuggestütztem Laserscanning erzeugt werden. Dieses Verfahren arbeitet mit einer Kombination aus differenziellem GPS in Verbindung mit einem hoch genauen Trägheitsnavigationssystem und elektronischer Entfernungsmessung und erreicht damit Höhengenaugigkeiten der Bodenpunkte von bis zu 5 cm im offenem (vegetationsfreien) Gelände und 20 bis 30 cm im bewachsenen Gelände (siehe z.B. Eckhardt, 2000). Da das Verfahren überwiegend automatisch abläuft, bietet es eine neue Perspektive zur Erzeugung hoch genauer digitaler Höhenmodelle für ausgedehnte Gebiete; hauptsächlichlicher Nachteil sind die zur Zeit noch hohen Kosten.

5 Literatur

- ASMIS, M., KOZUCH, M. (2002): Erstellung eines digitalen Höhenmodells für das Gebiet Hessisches Ried. Fachhochschule Mainz, Abschlussarbeit, unveröffentlicht.
- HAUSCH, W., HEIN G.W., GROTEN E. (1986): Models for determining Linear Vertical Movements from Levelling Data. In: H. Pelzer and W. Niemeier (Editors): Determination of Heights and Height Changes. Contributions to the Symposium on Height Determination and Recent Vertical Crustal Movements in Western Europe held at the University of Hannover September 15-19, 1986, pp 575-586. Dümmler Verlag, Bonn.
- HLUG (2001a): Karte Grundwasserflurabstand, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, http://www.hlug.de/medien/wasser/gw_ried_fl_apr01.htm, zitiert März 2002.
- HLUG (2001b): Grundwasserkarten hessische Rhein- und Mainebene, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, http://www.hlug.de/medien/wasser/~gw_karten1.htm, zitiert März 2002.
- HLVA (2001): Digitale Geländemodelle (DGM), Hessisches Landesvermessungsamt, <http://www.hkvv.hessen.de/produkte/geo/gelaende/haupt.htm>, zitiert März 2002.
- SEYFERT, E. (2000): Einsatz photogrammetrischer Aufnahmeverfahren beim weiteren Aufbau von ATKIS, Zeitschrift ‚Vermessung Brandenburg‘, Ausgabe 1/00, S. 22-30.