

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 90 (1992)

Heft: 12: Photogrammetrie und Informationssysteme in der RAV = Photogrammétrie et systèmes d'information dans le cadre de la REMO

Artikel: Das digitale Höhenmodell DHM25 und seine möglichen Anwendungen in der amtlichen Vermessung

Autor: Rickenbacher, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234893>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das digitale Höhenmodell DHM25 und seine möglichen Anwendungen in der amtlichen Vermessung

M. Rickenbacher

1. Einleitung

Die Erhebung und Verbreitung topographischer Informationen für zivile und militärische Benutzer bilden eine der Hauptaufgaben des Bundesamtes für Landestopographie (L+T). Bis anhin wurde diese Aufgabe mittels graphischer Modelle in Form des Landeskartenwerkes erfüllt. Seit Mitte der achtziger Jahre laufen aber erste Arbeiten mit dem Ziel, topographische Informationen auch in digitaler Form zur Verfügung zu stellen. Kernstück dieser Bemühungen bildet das digitale Höhenmodell DHM25, das im folgenden kurz vorgestellt wird.

2. RIMINI – der Startschuss für digitale Geländemodelle in der Schweiz

Die Geschichte der digitalen Geländemodelle in der Schweiz beginnt mit dem Modell RIMINI, welches Mitte der sechziger Jahre durch die Gruppe für Rüstungsdienste (GRD) und die Gruppe für Generalstabsdienste (GGST) in Zusammenarbeit mit einer privaten Firma lanciert wurde. RIMINI ist das erste Geländemodell, das die Schweiz flächendeckend erfasst. Es beschreibt die Geländeoberfläche in Form eines regelmässigen Rasters mit einer Maschenweite von 250 m. Die Höhen dieser Rasterpunkte wurden durch speziell zusammengestellte WK-Einheiten mit Hilfe eines transparenten Zentimeter-Gitters der Landeskarte 1:25 000 entnommen, auf Lochbelege übertragen und anschliessend in EDV-gerechter Form erfasst. Obwohl RIMINI nicht frei von groben Fehlern ist und seine Auflösung nicht den modernsten Bedürfnissen entspricht, wird dieser Datensatz noch heute von verschiedensten Anwendern genutzt. Er figuriert neuerdings auch im Produktangebot der L+T [1].

3. Das Projekt DIKART

In der ersten Hälfte der achtziger Jahre wurde an der L+T das Projekt DIKART (Digitale KARTE) gestartet [2]. Aufgrund einer breit gestreuten Umfrage unter interessierten Stellen hatte sich gezeigt, dass primär ein Bedürfnis nach einem hochauflösenden digitalen Höhenmodell bestand.

Für DIKART wurden folgende Projektziele gesteckt:

1. Produktion eines landesweiten digitalen Höhenmodells (DHM25);
2. Erarbeitung von Know-How für die Methoden der kartographischen Bildverarbeitung, insbesondere die Abklärung, ob die Landeskarte mit diesen Methoden nachgeführt werden kann.

Das erste Ziel wird in den Kapiteln 4–7 näher beschrieben. Das zweite Ziel konnte mit den Nachführungsversuchen der Blät-

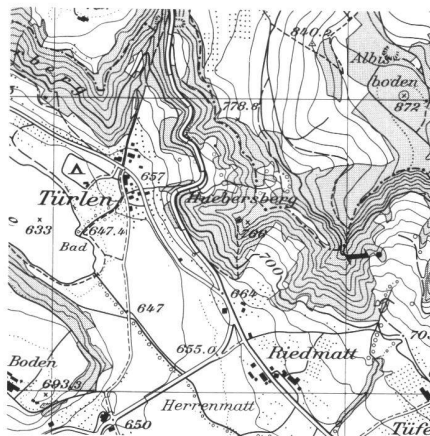


Abb. 1: Die Landeskarte 1:25 000 als Grundlage für das DHM25. Ausschnitt «Türle» aus Blatt 1111 Albis, einfarbige Totale, Ausgabe 1982.

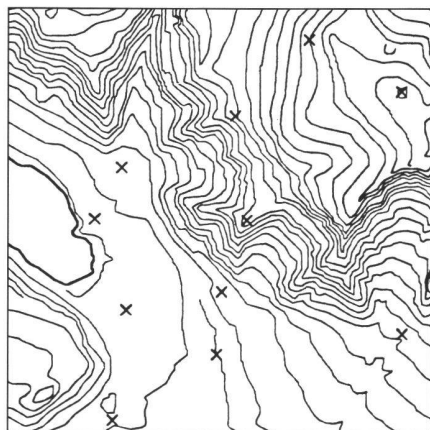
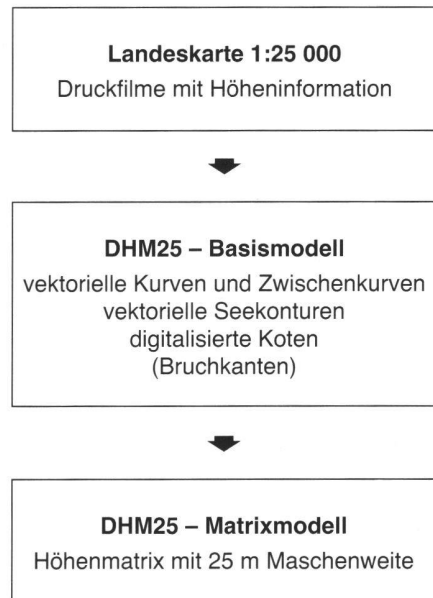


Abb. 2: DHM25-Basismodell aus Abb. 1 mit insgesamt 2123 Punkten auf Höhenkurven, 37 Punkten auf Seekonturen und 11 Einzelknoten in unregelmässiger Verteilung.

ter 1168 Langnau, 1204 Romont und 1072 Winterthur der Landeskarte 1:25 000 in den Jahren 1988–91 bereits erreicht werden. Der Nachweis ist somit erbracht, dass eine Ablösung konventioneller kartographischer Arbeitstechniken durch Methoden der Bildverarbeitung in Verbindung mit der analytischen Photogrammetrie technisch möglich ist. Infolge der komplexen Problematik (keine den praktischen Anforderungen genügende Hard- und Software, dazu ein sehr kleiner Markt für kartographische Systeme, noch viele offene Fragen der Verknüpfung mit einem vektoriiellen topographischen Informationssystem) ist die Bildverarbeitung an der L+T zur Zeit allerdings noch nicht in die Produktion überführt worden.

4. Das digitale Höhenmodell DHM25

Das DHM25 als erstes DIKART-Projektziel steht in voller Produktion. Nach eingehenden Untersuchungen der damals verfügbaren Erfassungsmethoden und aufgrund vielversprechender Fortschritte im Bereiche der Scanner-Technologie [3] hatte man sich Mitte der achtziger Jahre entschlossen, das DHM25 als Matrixmodell mit einer Maschenweite von 25 m aus der Landeskarte 1:25 000 (LK25) abzuleiten. Der Arbeitsablauf lässt sich dabei wie folgt gliedern:



Das Basismodell enthält – je nach Dichte der Höheninformation auf der LK25 – eine unterschiedliche Punktanzahl (zwischen 8500 und 290 000 Punkte pro Blatt). Jeder Punkt wird durch die Werte x/y/z und Angaben über die Punktart ausgedrückt. Im Matrixmodell ist die Dichte der Höheninformation homogen (337 181 Höhenwerte pro Blatt). Es muss nur der Höhenwert der einzelnen Punkte abgespeichert werden, da deren Koordinaten implizit in der Anordnung der Matrix enthalten sind [4].

5. Die Landeskarte 1:25 000 als Grundlage für das DHM25

Die LK25 ist die grösstmasstäbliche Kartenserie des gesamten Landkartenwerkes. Sie umfasst 250 Blätter mit einer Ausdehnung von je 17,5 km auf 12 km. Im Mittelland beträgt die Äquidistanz der Höhenkurven 10 m, in den Voralpen und Alpen 20 m.

Die LK25 wurde in den Jahren 1952–78 erstellt. Als Grundlage wurden einerseits eigene Aufnahmen der L+T beigezogen, grossenteils aber die Original-Übersichtspläne der Grundbuchvermessung (Mess-tischblätter). Diese wurden jeweils gemeinde- oder operatsweise photographisch reduziert und eingepasst. Auf diese Weise entstand ein Mosaik, bei dem an den Randzonen unter Umständen jeweils kleine Klaffungen auftreten konnten. Übersichtspläne in der alten Bonnschen Projektion wurden anhand einfacher Transformationsparameter auf die neuen Koordinaten eingepasst.

Bei einer anschliessenden Feldbegehung durch die Topographen wurden die Wege und Strassen klassiert und der Karteninhalt redigiert. Ergänzungsmessungen erfolgten in Form photogrammetrischer Direktauswertungen auf Glasplatten im Massstab 1:25 000, auf welchen die verkleinerten Übersichtspläne als Anhalteteile aufkopiert waren. Durch die nachfolgende Arbeit der Kartographen entstand das heutige sechsfarbige Kartenbild, welches auf jeweils farbgetrennten Gravurplatten festgehalten ist.

Ursprünglich war geplant gewesen, die LK25 ebenfalls anhand des Übersichtsplanes nachzuführen. Dessen unterschiedliche Handhabung in den Kantonen und die damit verbundenen Inhomogenitäten bewirkten, dass sich die L+T 1968 entschloss, die Nachführung eigenständig in einem Turnus von sechs Jahren mit Hilfe der photogrammetrischen Messung der Nachführungselemente durchzuführen.

6. Die Extraktion des DHM25-Basismodells aus der LK25

Zunächst muss der Höheninformationsgehalt (Höhenkurven, Seekonturen, Einzelkoten) aus den Farbebene Braun, Blau und Schwarz der LK25 extrahiert werden. Dabei wird blattweise vorgegangen. Vor-erst werden auf einem Digitalisierertisch in Verbindung mit einem PC die Höhenkoten manuell erfasst. Als weitere Vorbereitungsarbeit werden verschiedene Masken erstellt, welche nicht benötigte Elemente auf den entsprechenden Farbfilmen abdecken (z.B. Zählkurvenzahlen, Skilifte und Böschungsschraffen auf dem Braunfilm).

Die Extraktion der linearen Elemente «Höhenkurven» und «Seekonturen» erfolgt

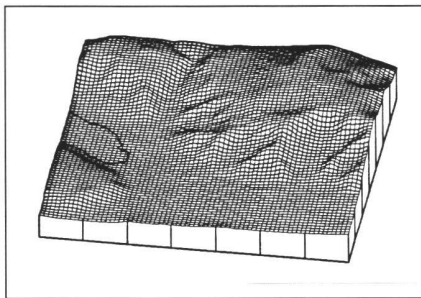


Abb. 3: DHM25-Matrixmodell aus Abb. 2 mit 59 x 59 = 3481 Matrixpunkten in einer regelmässigen Anordnung mit 25 m Maschenweite. Perspektivische Darstellung aus Richtung SSE.

auf der SCITEX-Anlage, welche in der heutigen Ausbauphase einen Farbscanner, einen grossformatigen Laser Scanner-Plotter und drei graphische Arbeitsstationen umfasst. In diesem vielschichtigen und komplexen Vorgang lassen sich folgende Hauptarbeitsschritte unterscheiden:

1. Scannen der folgenden Kartenfilme und der entsprechenden Masken mit einer Auflösung von 16 L/mm:
Braun: Höhenkurven allgemein
Schwarz: Höhenkurven in Fels und Geröll
Blau: Höhenkurven auf Gletschern, Seekonturen
Grüntön: Waldfläche als Hintergrundinformation
2. Möglichst umfassende automatische Extraktion der Kurvenbilder aus den einzelnen Farben mittels Bildverarbeitungsmethoden und digitalen Maskierungstechniken.
3. Kombination obiger Farben zu einem Kartenbild und Überlagerung der extrahierten Kurvenbilder zu einem Retuschemuster
4. Interaktive Retusche mit dem Ziel, ein möglichst vollständiges und geschlossenes Kurvenbild über das ganze Kartenblatt zu erhalten
5. Vektorisierung der retuschierten Höhenkurven und Seekonturen
6. Zuweisung der Höhenwerte in einem ersten automatischen (zirka 70%) und einem zweiten interaktiven Schritt (zirka 30%)
7. Fehlerberichtigung am Basismodell nach einer ersten Berechnung der Rohmatrix und verschiedenen Testverfahren.

Obwohl ursprünglich das Basismodell nur als internes Zwischenprodukt zur Gewinnung der Höhenmatrix gedacht war, wird es heute aufgrund verschiedener Anfragen auch an Dritte abgegeben. Dies ist vor allem für diejenigen Anwender interessant, die ihre eigenen Interpolationspro-

gramme einsetzen möchten. Zudem ist der Verlauf der Höhenkurven und Seekonturen im Basismodell qualitativ den aus der Matrix rückinterpolierten Linien überlegen. Der Genauigkeitsverlust beim Übergang Karte – Basismodell ist gering; er liegt innerhalb der kartographischen Genauigkeit.

7. Die Interpolation des DHM25-Matrixmodells

Kernstück dieser Arbeitsphase bildet das Interpolationsprogramm CONGRID, welches an der L+T geschrieben wurde und auf der PRIME-Anlage installiert ist. CONGRID basiert auf einer von Prof. Yoëli vorgeschlagenen Methode und umfasst folgende Schritte:

1. Schnitt jeder Kurve, Zwischenkurve und Seekontur mit einem 25 m-Netz
2. Sortieren der Schnittpunkte zu N-S und W-E Profilen
3. Interpolation innerhalb der Profile mittels kubischer Polynome zur Berechnung der Höhen auf dem Gitter
4. Berechnung der definitiven Matrixhöhen durch gewichtete Mittelung entsprechend der Geländeneigung
5. Suchen und Auffüllen von «Null-Löchern» durch einfache Interpolation

Die Datensätze werden mit verschiedenen Testprogrammen (Rand-Test, Profil-Test, Koten-Test) geprüft und das Basismodell wo nötig korrigiert.

Aufgrund des Koten-Tests lässt sich die Genauigkeit der Matrix grob abschätzen. Die mittlere Abweichung der digitalisierten Koten von dem aus dem Matrixmodell rückinterpolierten Wert beträgt im Mittelland 1,5–2,5 m, im Jura 2–4 m und in den Alpen 4–10 m. Letztere Werte sind erhöht wegen der alpinen Kretenlagen, wo zur Zeit noch grössere Abweichungen auftreten können. Diese sollten aber zukünftig durch ein verbessertes Interpolationsprogramm und durch die photogrammetrische Bruchkantenmessung als weiterem Bestandteil des Basismodells eliminiert werden. Zur Zeit sind die Daten für 50% aller Modelle erhältlich, und die flächendeckende Verfügbarkeit ist auf 1994–95 vorgesehen.

8. Mögliche Anwendungen des DHM25 in der amtlichen Vermessung

Obwohl das DHM25 primär auf die Bedürfnisse des Massstabes 1:25 000 abgestimmt ist, begannen sich im Verlaufe der letzten Monate auch einige Anwendungen im Bereiche der amtlichen Vermessung abzuzeichnen. Die Entwicklung hier ist noch in vollem Gang; es können daher

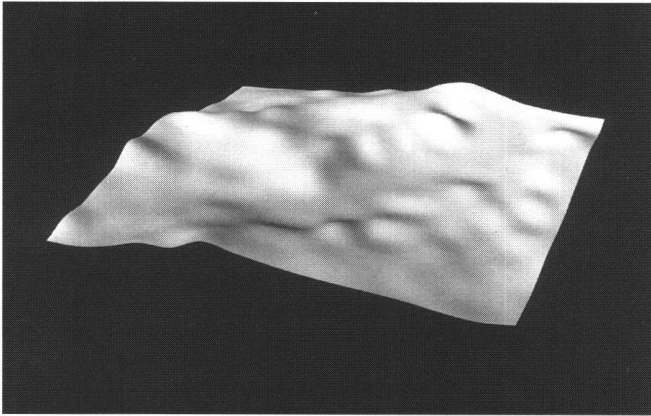


Abb. 4: Erweiterter Ausschnitt Albis-Türlersee im RIMINI-Modell. Perspektivische Darstellung aus Richtung WSW.

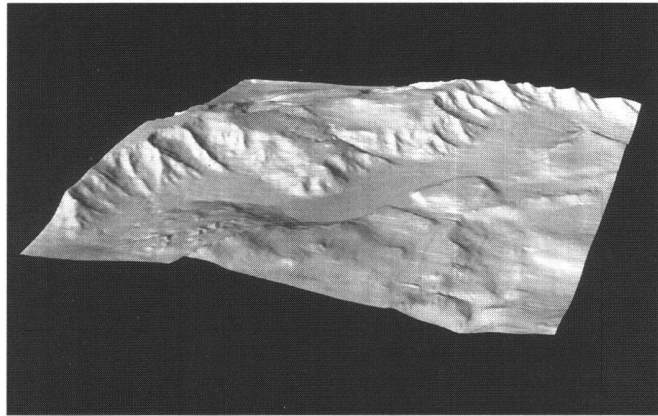


Abb. 5: Dasselbe Gebiet wie in Abb. 4 im DHM25. Man beachte die bedeutend feiner strukturierten Geländeformen, welche sich aus der gegenüber RIMINI hundertfach dichteren Höhenmatrix ergeben.

erst Tendenzen aufgezeigt werden. Auf die sehr breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten ausserhalb der amtlichen Vermessung kann an dieser Stelle leider nicht eingegangen werden.

RAV Subito Nidwalden

Im Pflichtenheft für das Projekt RAV Subito Nidwalden wurde unter anderem auch folgende Frage aufgeworfen: «Wie kann das DHM25 in den Berggebieten für die Vervollständigung der Ebene «Höhen» beigezogen werden?»

Das Konzept sieht vor, im Talgebiet (Toleranzstufen 2 und 3; ca. 11% der Kantonsfläche) photogrammetrische DTMs zu erstellen, welche im offenen und nicht überbauten Baugebiet stark und im überbauten Baugebiet sowie im Landwirtschaftsgebiet weniger detailliert sind. Von den total 2900 ha des photogrammetrisch aufgenommenen DTMs sind zur Zeit 1100 ha gemessen. Im Berggebiet (Toleranzstufen 4 und 5; ca. 89% der Kantonsfläche) soll das DHM25 angewendet werden, dessen Daten seit Herbst 1991 mit Ausnahme des Gebietes Jochpass-Titlis verfügbar sind. Absprachen mit der Projektleitung sowie mit dem ausführenden Geometer sind im Gange.

Das DHM25 als Bestandteil eines digitalen Übersichtsplanes (VD, BL)

Bereits im Winter 1990 hatte sich der Kanton Waadt für die Übernahme beider Modellformen des DHM25 interessiert. Einerseits dient das Basismodell als Kurvenbild im numerisierten Übersichtsplan, anderer-

seits bildet es zusammen mit dem Matrixmodell einen flächendeckenden Höhenbezug für das geographische Informationssystem des Kantons.

In letzter Zeit hat sich auch der Kanton Baselland dafür interessiert, gemeindeweise das Basismodell zu übernehmen und in den aus dem RAV-Grunddatensatz erstellten Übersichtsplan zu integrieren. Aus Kostengründen wird erwogen, auf eine separate Digitalisierung von Höhenkurven der Messtischblätter oder der bereits vorhandenen, aber seit 1964 nicht nachgeführten 1-m-Höhenkurvenplänen zu verzichten.

Das DHM25 als Grundlage für Orthophotoherstellung

Als vielversprechende Anwendung des DHM25 könnte sich dessen Einsatz bei der Erstellung von Orthophotos erweisen. Leider liegen auch dazu noch keine konkreten Erfahrungen vor, und erst in den Gebieten Ennetmoos (NW) und Thal (SO) laufen zur Zeit Versuche in dieser Richtung. Für den Massstab 1:5000 mit einem zulässigen Lagefehler von 1,5 m beträgt bei Weitwinkelaufnahmen ($c = 153$ mm) der zulässige Höhenfehler 2 m, bei Normalwinkelaufnahmen ($c = 300$ mm) 4 m. Diese Werte dürften vom DHM25 im Mittelland erreicht werden. Beim Massstab 1:10000 wäre bei einem zulässigen Lagefehler von 3 m noch eine Höhengenaugigkeit von 8 m für Normalwinkelaufnahmen erforderlich, was zur Zeit vom DHM25 wahrscheinlich nur in den Kretengebieten der Alpen nicht eingehalten wird.

9. Ausblick

Das DHM25 bildet einen wichtigen Baustein für ein umfassendes topographisches Informationssystem. Die Nachfrage nach weiteren digitalen Daten wie Gewässer- und Verkehrsnetz, Siedlungs- und Vegetationsgebiete steigt ständig. Die Anforderungen an ein umfassendes derartiges Informationssystem werden im Rahmen eines detaillierten Konzepts zu erarbeiten sein, bei dem selbstverständlich auch die Bedürfnisse einer computergestützten Kartographie berücksichtigt werden müssen.

Literatur:

- [1] Bundesamt für Landestopographie: RIMINI Produktinformation. Wabern 1992.
- [2] Eidenbenz, Ch.: Photogrammetrie und Fernerkundung als Informationsquelle zur Kartenherstellung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 4/88.
- [3] Eidenbenz, Ch.: Scannertechnik zur Erfassung von Plänen und Karten. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 2/89.
- [4] Bundesamt für Landestopographie: DHM25 Produktinformation. Wabern 1992.

Adresse des Verfassers:
Martin Rickenbacher, dipl. Ing. ETH
Bundesamt für Landestopographie
Seftigenstrasse 264
CH-3084 Wabern