

Manfred Sigle, Stuttgart

Zusammenfassung

Für das Land Baden-Württemberg wurde in den letzten 5 Jahren ein flächendeckendes digitales Geländemodell erstellt. Im vorliegenden Aufsatz werden die wichtigsten Aspekte für den Aufbau eines landesweiten digitalen Geländemodells allgemein behandelt, sowie die spezielle Lösung für das DGM Baden-Württemberg dargestellt.

1. Einleitung

Dem Einsatz digitaler Geländemodelle (DGM) für die Bearbeitung verschiedenartiger Aufgaben kommt seit einigen Jahren eine zunehmend wachsende praktische Bedeutung zu. Zunächst wurden digitale Geländemodelle meist für überschaubare Projekte eingesetzt, wie sie zum Beispiel in den Bereichen Straßenbau oder Flurbereinigung vorliegen. Eine solche projektbezogene DGM-Erstellung hat zum Vorteil, daß die Datenerfassung und die Genauigkeit dem jeweiligen Projekt optimal angepaßt werden kann. Eine fehlende Koordination der DGM-Erstellung führt jedoch häufig dazu, daß die erfaßten Daten für spätere DGM-Projekte im selben Gebiet anderen Stellen nicht zur Verfügung stehen.

Daher hat sich in mehreren Ländern (z.B. Toomey 1988) die Erkenntnis durchgesetzt, daß man, wie dies auch bei den amtlichen Kartenwerken der Fall ist, zentral ein flächendeckendes DGM erstellen und fortführen sollte, das von jeder beliebigen Stelle erworben und somit vielseitig eingesetzt werden kann.

Ein Beispiel für ein solches landesweites Geländemodell stellt das DGM Baden-Württemberg (Sigle 1983) dar, das von 1983 bis 1988 von der INPHO GmbH, Stuttgart im Auftrag des Landesvermessungsamts Baden-Württemberg erstellt wurde. Hierfür wurde das DGM-Programmsystem SCOP (Kraus u.a. 1981, Köstli/Wild 1984, Köstli/Sigle 1986) verwendet, das weltweit für zahlreiche DGM-Anwendungen im praktischen Einsatz ist.

Im folgenden sollen am Beispiel dieses digitalen Geländemodells die wichtigsten technischen und organisatorischen Gesichtspunkte herausgestellt werden, die beim Aufbau eines landesweiten Geländemodells von Bedeutung sind.

2. Zum Begriff "Digitales Geländemodell"

Häufig werden im praktischen Sprachgebrauch bereits die erfaßten Geländedaten als digitales Geländemodell bezeichnet. Die Daten stellen jedoch nur einen von mehreren Bestandteilen des DGM dar.

Der Zweck des digitalen Geländemodells liegt nicht in einer Sammlung dreidimensionaler Geländedaten, sondern in einer flächenhaften Beschreibung des Geländes. Zu dieser Flächenbeschreibung gehören somit neben den Geländedaten Rechenverfahren für die Interpolation, Speicherung und Verwertung des Geländemodells. Solche Rechenverfahren bilden die grundlegenden Bestandteile von DGM-Programmsystemen.

Das DGM kann nie eine vollständige Darstellung aller Kleinformen des Geländes einschließlich der Bodenrauigkeit sein. Vielmehr wird es immer eine entsprechend den Genauigkeitsanforderungen zulässige Abstraktion des Geländes beschreiben. In (Wild 1982) wird diese Abstraktion als Geländefläche bezeichnet.

3. Datenerfassung

Als Methoden zur Datenerfassung für digitale Geländemodelle stehen mit der Digitalisierung analog vorliegender Höhendaten, der photogrammetrischen und der tachymetrischen Geländeaufnahme im wesentlichen 3 Alternativen zur Verfügung.

Für landesweite Geländemodelle wird häufig die Digitalisierung der vor allem in Form von Höhenlinienkarten vorliegenden analogen Höhendaten als erster Schritt gewählt, da nur mit dieser Methode in relativ kurzer Zeit für große Gebiete ein flächendeckendes Geländemodell erstellt werden kann. Die Genauigkeit der so gewonnenen Geländemodelle ist jedoch beschränkt.

Daher wurde in einigen Ländern inzwischen als zweiter Schritt der DGM-Erstellung eine Verfeinerung der Geländemodelle in Angriff genommen, mit dem Ziel, eine Genauigkeit zu erreichen, wie sie für großmaßstäbige Planungen erforderlich ist. Als Erfassungsmethode wird hierfür standardmäßig die Photogrammetrie eingesetzt. Bei den genauen Geländemodellen kommt der sorgfältigen Erfassung von Geländekanten und Gerippelinien (auch Bruchlinien bzw. Formlinien genannt) eine besondere Bedeutung zu. Der zweite Schritt der DGM-Erstellung ist gegenüber dem ersten mit einem ungleich höheren Aufwand verbunden, sodaß er flächendeckend häufig nur über Jahrzehnte hinweg zu verwirklichen sein wird.

Eine solche Klassifizierung von digitalen Geländemodellen entsprechend Ihrer Datenerfassung zeigt, daß die digitalen Geländemodelle ähnlich wie Kartenwerke einen Maßstab besitzen, der durch die Höhengenaugigkeit und durch die Qualität der Formwiedergabe ausgedrückt wird.

Für das DGM Baden-Württemberg wurden zunächst ausschließlich Höhendaten entsprechend des ersten Schrittes verwendet. Zum Zweck der Orthophotoherstellung für die Fortführung der topographischen Karten wurden für das gesamte Land zwischen 1972 und 1981 photogrammetrisch parallele Geländeprofile mit einem Abstand von 80 m am Analogstereoauswertegerät kontinuierlich abgetastet und analog auf Glasplatten gespeichert. Der Bildmaßstab lag bei 1:30000. Insgesamt waren hierzu in etwa 3600 Stereomodellen etwa 120000 Profile mit einer Länge von jeweils etwa 5300 m zu messen.

Sämtliche Profile wurden vom Landesvermessungsamt digitalisiert und mit einem Punktabstand von 40 m für die DGM-Erstellung übernommen. Somit lagen die Geländehöhen von etwa 16 Millionen Profilpunkten als Ausgangsdaten vor.

Die mittlere Höhengenaugigkeit der digitalisierten Profildaten wurde in einer Voruntersuchung mit etwa 1.5 m für flaches und 5 m für stark bewegtes Gelände ermittelt. In Waldgebieten treten größere Fehler auf, da zum Zweck der Orthophotoherstellung die Profile bewußt im Bereich der Baumwipfel abgetastet wurden.

Bisher wurden ausschließlich die digitalisierten Orthophotoprofile in das DGM einbezogen. Daneben existieren aber beim Landesamt für Flurbereinigung auch wesentlich genauere Geländedaten, die für zahlreiche Flurbereinigungsgebiete aus großmaßstäbigen Luftbildern erfaßt wurden. Diese und andere genaue Daten in das bestehende DGM zu integrieren, wird eine wichtige Aufgabe für die nächsten Jahre sein.

4. Datenaufbereitung

Das Hauptproblem bei der Aufbereitung der Geländedaten sind die sehr großen Datenmengen, die eine sorgfältig durchdachte Organisation der Datenbearbeitung und -sicherung erfordern. Häufig sind die Daten noch in das Landeskoordinatensystem zu transformieren, sowie auf grobe Fehler zu prüfen.

Grobe Datenfehler können einzelne Höhenausreißer, systematische Höhenfehler ganzer Punktgruppen, eine lückenhafte Beschreibung der Geländeﬂäche oder ein fehlerhafter Verlauf von Geländekanten, Gerippelinien oder Randlinien sein. Im Rahmen der Datenaufbereitung können aufgrund einer nicht vorhandenen Überbestimmung der Messungen nur Plausibilitätsprüfungen auf extrem große Höhenfehler, unvollständige Daten oder einen fehlerhaften Linienverlauf erfolgen. Fehlerhafte Höhenmessungen können dagegen, soweit überhaupt möglich, erst während der DGM-Interpolation oder anhand einer graphischen Kontrolle der Geländemodelle festgestellt werden.

Beim DGM Baden-Württemberg wurde das Problem der großen Datenmengen durch eine abschnittsweise Bearbeitung von handhabbaren Teilgebieten gelöst. Als Einheit wurde hierfür das Gebiet einer topographischen Karte 1:50000 (TK50) gewählt, für das - einschließlich der zur Überlappung benachbarter Einheiten verwendeten Modelle - insgesamt 98 Stereomodelle mit etwa 430000 Profilpunkten heranzuziehen waren.

Die digitalisierten Profildaten lagen zunächst für jedes Orthophoto (2 Stereomodelle) in unabhängigen lokalen Koordinatensystemen vor, die durch eine ebene Ähnlichkeitstransformation ins Gauß-Krüger-Landeskoordinatensystem überzuführen waren. Die hierfür notwendigen Paßpunkte wurden durch eine Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen ermittelt, die mit dem Rechenprogramm PAT-M43 (Ackermann u.a. 1970) ausgeglichen wurde.

Die teilweise beträchtlichen Höhenklaffungen im Überlappungsbereich benachbarter Stereomodelle, die größtenteils auf systematische Fehler der Profildigitalisierung zurückzuführen sind, machten außerdem eine Korrektur der Höhenorientierung aller Modelle erforderlich. Die notwendigen Höhenpaßpunkte wurden wiederum durch eine Modellblockausgleichung mit PAT-M43 ermittelt. Hierin ﬂossen als Verknüpfungsinformation die aus den Profildaten interpolierten Höhen von lageidentischen Punkten im Überlappungsbereich der Stereomodelle ein. Als Höhenpaßpunkte für die Blockausgleichung wurden die vom Landesvermessungsamt bereitgestellten trigonometrischen Punkte verwendet.

Sowohl die Lagetransformation der Profildaten ins Gauß-Krüger-System als auch die Korrektur der Höhenorientierung erfolgte mit dem Transformationsmodul des DGM-Systems SCOP. Die Daten aller 98 Modelle einer TK50 wurden in einer Binärdatei (SCOP-Datenfile) angesammelt und standen somit in effizienter Form für die DGM-Erstellung zur Verfügung.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Datenaufbereitung etwa 80 Prozent der Gesamtarbeitszeit für die Berechnung des digitalen Geländemodells in Anspruch nahm, ohne daß hierin die Arbeiten des Landesvermessungsamts zur Profildigitalisierung und zur Paßpunktbeschaffung für die Lagetransformation enthalten sind.

5. DGM-Datenstruktur und DGM-Fortführung

Die Datenstruktur ist in den letzten Jahren zunehmend in den Mittelpunkt der Diskussionen über digitale Geländemodelle gerückt (Ackermann 1985, Köstli/Sigle 1986) und hat die bis dahin vorherrschende Diskussion über Interpolationsmethoden weitgehend verdrängt.

Eine effiziente Datenstruktur ist von entscheidender Bedeutung für eine vielseitige und wirtschaftliche Verwendbarkeit des DGM. Als wichtigste Anforderungen an die DGM-Datenstruktur können genannt werden:

- die Möglichkeit zur Archivierung sehr großer Datenmengen,
- die Verarbeitung von Ausgangsdaten mit weitgehend beliebiger Anordnung und Dichte,
- ein sehr schneller Zugriff auf beliebige Ausschnitte eines landesweiten Geländemodells,
- die Fortführbarkeit,
- Schnittstellen zur Verwertung des DGM in beliebigen Systemen.

All diese Anforderungen werden von der DGM-Datenstruktur des Programmsystems SCOP erfüllt, das sich somit besonders gut für die Bearbeitung großflächiger Geländemodelle eignet.

5.1 Die SCOP-DGM-Datenstruktur

Aus beliebig verteilten Einzelpunkten und Linien interpoliert SCOP ein regelmäßiges Höhenraster, in das als wesentlicher Bestandteil alle Geländekanten, Gerippelinien und Randlinien streng verkettet werden. Die Integration der Linieninformation ist eine entscheidende Voraussetzung für die qualitativ hochwertige DGM-Bearbeitung.

Das DGM wird in kleine rechteckige Recheneinheiten untergliedert, die gleichzeitig als Interpolationseinheiten und als Speichereinheiten dienen. Jede Recheneinheit kann eine eigene lokale Rasterweite besitzen, die aufgrund der Geländebewegtheit und der Punktdichte vom Programm automatisch bestimmt wird.

Die Recheneinheiten sind in Datenblöcken gespeichert, für die ein direkter Zugriff verwirklicht ist. Somit ist ein extrem schneller Abruf der Höhendaten beliebiger Ausschnitte auch in großflächigen Geländemodellen möglich.

5.2 DGM-Fortführung

Die Möglichkeit einer DGM-Korrektur ist einerseits bereits während der DGM-Erstellung von Bedeutung, wenn es darum geht, lokal Datenfehler zu korrigieren, ohne die Interpolation für das gesamte DGM-Gebiet zu wiederholen. Andererseits besteht der Bedarf, zu einem späteren Zeitpunkt neue Geländedaten aufgrund von Geländeänderungen oder von genaueren Ausgangsdaten in ein vorhandenes DGM einzubringen.

Zu diesem Zweck wurde für das SCOP-DGM die Möglichkeit geschaffen, Korrekturblöcke an bestehende Geländemodelle anzufügen, in denen geänderte Recheneinheiten gespeichert sind, die ursprüngliche Recheneinheiten ersetzen. Solche Korrekturblöcke können aktiviert und deaktiviert werden, sodaß auch in einer einzigen DGM-Datei mehrere Geländevarianten für dasselbe Gebiet gespeichert werden können. Zur Verwaltung von DGM-Korrekturen entsteht derzeit das Programm SCOP.DTMEDIT, das auch für das DGM Baden-Württemberg zukünftig von Bedeutung sein wird.

5.3 DGM-Zugriffsroutinen

Mit einer Sammlung von FORTRAN-Routinen zum sehr schnellen Abruf von Einzelhöhen, Höhenrastern und der DGM-Linieninformation durch direkten Zugriff auf kleine DGM-Ausschnitte sind die wichtigsten Schnittstellen für die Integration eines SCOP-DGM in beliebige andere Systeme geschaffen worden. Der Abruf von Geländehöhen ist selbst in landesweiten Geländemodellen in weniger als 0.1 Sekunden möglich.

Mit diesen Routinen können zahlreiche DGM-Dateien gleichzeitig verwaltet werden. Somit wird es möglich sein, in bestehende Geländemodelle zukünftig genauere Geländedaten auch über eine hierarchische Verwaltung sich überlappender Geländemodelle mit unterschiedlicher Qualität einzubringen, anstatt eine DGM-Korrektur entsprechend 5.2 vorzunehmen. Diese Art der DGM-Fortführung wird vor allem für den Fall einer großflächigen Neumessung von Interesse sein und einen gleitenden Übergang von einem schnell erstellten, relativ ungenauen DGM zu einem großmaßstäbigen DGM ermöglichen.

5.4 Datenstruktur des DGM Baden-Württemberg

Wie bereits bei der Datenaufbereitung wurde auch bei der Erstellung des DGM Baden-Württemberg eine Aufteilung entsprechend des Blattschnitts der TK50 vorgenommen. Dies war vor allem im Hinblick auf Plattenplatzbedarf und Rechenzeit erforderlich. Somit entstanden für das gesamte Land etwa 80 Geländemodelle, die eine gegenseitige Überlappung aufweisen.

Voruntersuchungen hatten ergeben, daß der Informationsgehalt der vorliegenden 80m-Profile durch ein einheitliches 50m-Raster voll wiedergegeben wird. Ein dichteres Raster hätte keine Genauigkeitssteigerung erbracht, sondern lediglich eine nicht vorhandene höhere Genauigkeit vorgetäuscht. Das DGM-Raster ist in 300m x 300m große Recheneinheiten aufgeteilt. In einer DGM-Datei sind insgesamt etwa 282000, für das gesamte Land etwa 21 Millionen Rasterpunkte gespeichert.

Im Rahmen einer DGM-Fortführung könnte das bestehende 50m-Raster - sowohl mit einer DGM-Korrektur entsprechend 5.2, als auch mit einer hierarchischen Verwaltung von DGM-Dateien - zur Genauigkeitssteigerung verdichtet und um Geländekanten, Gerippelinien und Aussparungsflächen ergänzt werden.

6. DGM-Interpolation

Das Ziel der DGM-Interpolation ist die Ermittlung einer Geländefläche, die die Geländedaten genau repräsentiert und die Geländeform plausibel darstellt. Da die Ausgangsdaten keine Überbestimmung aufweisen, sondern im Gegenteil die Geländeoberfläche nur stichprobenweise beschreiben, ist für die Qualität der Interpolation die Wahl des mathematischen Interpolationsansatzes von großer Bedeutung.

In der Praxis sind verschiedene Interpolationsmethoden unterschiedlicher Qualität im Einsatz. Vergleiche haben gezeigt, daß mit mehreren hochwertigen Interpolationsmethoden eine gleich gute Beschreibung der Geländeform erreicht werden kann. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß die Interpolation flexibel der Art der Datenerfassung angepaßt werden kann und daß Sonderinformationen wie Geländekanten oder Gerippelinien genau berücksichtigt werden.

In SCOP wird als genaue Interpolationsmethode eine verfeinerte lineare Prädiktion entsprechend (Wild 1982) eingesetzt. Der Einfluß eines gemessenen Geländepunktes auf seine Umgebung wird hierbei durch eine Grundfunktion beschrieben, die entsprechend den Geländeeigenschaften variabel gewählt werden kann. Die interpolierte Geländefläche ergibt sich durch eine Summation von Rotationsflächen, die aus den Grundfunktionen und deren durch das Interpolationsverfahren ermittelten Gewichten gebildet werden. Der Vorteil dieser Methode ist ihre flexible Verwendbarkeit. Neben einer strengen Erfüllung der gemessenen Geländehöhen ist eine variable Flächenglättung möglich, die durch die Vorgabe angestrebter mittlerer Filterbeträge gesteuert wird.

Sonderpunkte werden bei der Interpolation besonders berücksichtigt. So untergliedern beispielsweise die Geländekanten das DGM-Gebiet in unabhängige Interpolationseinheiten. Als Ergebnis der Interpolation ergeben sich die Höhen aller DGM-Punkte, d.h. der Rasterpunkte und der Linienpunkte.

Für das DGM Baden-Württemberg wurde ein spezieller Ansatz dieser Interpolationsmethode verwendet, der die Elimination des systematischen Abtastfehlers der mäanderförmig erfaßten Geländeprofile ermöglicht. Der Einfluß eines Rasterpunktes auf seine Umgebung wird hierbei durch eine affin verzerrte, anstatt durch eine rotationssymmetrische Grundfunktion beschrieben. Hierdurch erhält man eine richtungsabhängige Glättung, die quer zur Profilrichtung stärker ausfällt, als in Abtastrichtung.

Dieser Ansatz war für das DGM Baden-Württemberg zwingend erforderlich, da die systematischen Höhenfehler der Geländeprofile je nach Geländebewegtheit im Mittel zwischen 1m und 5m liegen und somit den Großteil der Meßgenauigkeit beinhalten.

Grobe Höhenfehler einzelner Punkte oder Profilstücke konnten durch die Ausgabe der Punkte mit großen Filterbeträgen aufgedeckt und eliminiert werden.

7. Werkzeuge für die DGM-Anwendung

Der Wert eines digitalen Geländemodells wird wesentlich von seiner vielseitigen Verwendbarkeit bestimmt. Ein vielseitiger Einsatz setzt die Existenz verschiedenartiger Rechenprogramme und Schnittstellen für die DGM-Verwertung voraus.

Für SCOP-Geländemodelle stehen als ausgereifte Anwendungsprogramme Module zur Ableitung von Einzelhöhen, Profilen, Höhenlinien, Perspektivansichten, Erdmassen, digitalen Neigungsmodellen, Gefällstufenkarten und DGM-Verschneidungen mit Polygonflächen zur Verfügung. Daneben kann das DGM durch die Verwendung der DGM-Zugriffsroutinen auch für beliebige weitere Anwendungen eingesetzt werden. Wie bereits während der DGM-Erstellung werden auch in allen DGM-Anwendungsprogrammen und -Zugriffsroutinen die Geländekanten, Gerippelinien und Aussparungsflächen streng berücksichtigt.

Im Rahmen der Erstellung des DGM Baden-Württemberg war das DGM-Anwendungsprogramm SCOP.ISOLINES ein wichtiges Werkzeug zur Kontrolle der DGM-Höhen. Für jedes TK50-Blatt wurden Höhenlinien mit einer Äquidistanz von 10m abgeleitet und mit den Höhenlinien der topographischen Karten verglichen. Für ein Kartenblatt ergaben sich bis zu 400000 Isolinienpunkte.

8. Hardware- und Softwarevoraussetzungen

Neben einem leistungsfähigen Programmsystem zur Erstellung, Fortführung und Anwendung des DGM, muß ein geeignetes Rechnersystem zur Verfügung stehen, das wegen der großen Datenmengen vor allem einen großen Massenspeicher, einen schnellen Prozessor, ein Multitasking-Betriebssystem, eine bequeme Möglichkeit der Datensicherung und graphische Ausgabemöglichkeiten aufweisen sollte. Diese Anforderungen werden heute von den meisten Minirechnern, Großrechnern und Workstations erfüllt.

Für die Erstellung des DGM Baden-Württemberg wurde mit einer Harris H100 ein Minirechner mit damals mittlerer Größe eingesetzt, auf dem eine 80 MByte-Platte vollständig für das Projekt zur Verfügung stand. Die Rechenzeit für die Interpolation und Speicherung eines DGM für den Bereich einer TK50 war mit etwa 4 Stunden akzeptabel, könnte jedoch mit den heute üblichen Prozessoren selbst auf Personal Computern erreicht und auf Minirechnern deutlich reduziert werden. Die für heutige Verhältnisse geringe Plattenkapazität war der Hauptengpaß für die Projektbearbeitung und erforderte eine ständige Datensicherung, für die eine Magnetbandstation vorhanden war. Aufgrund der gesunkenen Hardwarepreise würde man heute sicherlich eine wesentlich größere Festplatte einsetzen.

Beim Landesvermessungsamt wurden die Geländemodelle zunächst auf einen HP1000-Rechner des Referats Topographie übertragen und dort hauptsächlich für die Herstellung von Orthophotos eingesetzt. Zur Ableitung von Geländeprofilen für die Orthoprojektion wurde das DGM-System SCOP auf der HP1000 installiert.

Ab Ende 1989 wird das DGM auf einer Siemens-Anlage des Landes vollständig auf Festplatte bereitgestellt werden und somit unter Einsatz der DGM-Anwendungsprogramme und DGM-Zugriffsroutinen auch für weitere Anwendungen einsetzbar sein.

Prinzipiell ist das DGM Baden-Württemberg jedoch auf allen Rechenanlagen verwertbar, auf denen zumindest die DGM-Zugriffsroutinen und gegebenenfalls die DGM-Anwendungsprogramme aus SCOP installiert werden können. Dies trifft auf zahlreiche verschiedene Systeme zu, vom Großrechner bis zum Personal Computer.

9. Einbindung des DGM in Geoinformationssysteme

Eine wichtige Rolle werden landesweite digitale Geländemodelle zukünftig als Bestandteil von Geoinformationssystemen spielen, indem sie in die Systeme, die meist auf zweidimensional arbeitenden Datenbanken basieren, die dritte Dimension zur Geländebeschreibung einbringen.

Da ein DGM sich nicht allein durch Punkte, Linien oder zweidimensionale Flächen beschreiben läßt, sondern eine kontinuierliche dreidimensionale Flächenbeschreibung liefern soll, bestehen an die DGM-Bearbeitung andere methodische Anforderungen als an die lagemäßige Landschaftsbeschreibung.

Daher hat es sich bewährt, die Höheninformation in Form von digitalen Geländemodellen mit deren eigener Datenstruktur in Geoinformationssysteme einzubringen. Dies setzt allerdings voraus, daß im Geoinformationssystem ein effizienter Zugriff auf das DGM besteht, wie er in Form der Zugriffsroutinen für die SCOP-Datenstruktur bereitgestellt wird.

Am weitesten entwickelt wurde eine solche Integration des SCOP-DGM bisher für das interaktiv-graphische System SICAD der Firma Siemens, wo am graphischen Arbeitsplatz ein Abruf von Höhen aus dem DGM, eine Weiterverarbeitung der graphischen DGM-Darstellungen aus SCOP und eine interaktiv-graphische Aufbereitung der Ausgangsdaten für die DGM-Erstellung verwirklicht ist. Ähnliche Schnittstellen existieren zum Beispiel auch für die Systeme Zeiss PHOCUS, ALK-GIAP und AutoCAD.

10. Bedeutung des DGM Baden-Württemberg

Für das Land Baden-Württemberg steht mit dem DGM erstmals eine vielseitig verwendbare digitale Beschreibung der Geländeoberfläche zur Verfügung.

Das DGM erfüllt einerseits den ursprünglichen Zweck, nämlich Profildaten für die Herstellung der Orthophotos zur Fortführung der topographischen Karten ableiten zu können. Andererseits wurde das Landesvermessungsamt in die Lage versetzt, die Nachfrage nach flächendeckenden Höhendaten zu befriedigen. So wurde das DGM seit einigen Jahren ähnlich wie die amtlichen Kartenwerke vom Landesvermessungsamt angeboten und bereits mehrfach an Behörden und Privatfirmen für unterschiedliche Zwecke verkauft. Die Verwendung ist derzeit auf mittel- und kleinmaßstäbige Projekte beschränkt.

Für großmaßstäbige DGM-Anwendungen, wie sie in großem Umfang zum Beispiel in den Bereichen Straßenbau und Flurbereinigung benötigt werden, müßte in einem zweiten Schritt eine detailliertere Datenerfassung erfolgen. Da in diesen Bereichen bereits für zahlreiche Projekte genaue Geländedaten erfaßt wurden, sollte eine Einbeziehung dieser Daten in das landesweite DGM angestrebt werden.

Einen wichtigen Baustein könnte das DGM zukünftig auch für die Geoinformationssysteme des Landes bilden, wie sie zum Beispiel in Form eines Umweltinformationssystems und des amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystems ATKIS angestrebt werden.

11. Schlußbemerkungen

Mein Dank gilt Herrn Prof. Ackermann für seine Anregung zur Erstellung des DGM Baden-Württemberg, Herrn Philipp vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg für seinen intensiven Einsatz zur Aufbereitung und Bereitstellung der Ausgangsdaten, sowie Herrn Köstli und Herrn Wild, die bei der INPHO GmbH die entscheidenden Entwicklungen zur Verwendung des DGM-Systems SCOP für landesweite digitale Geländemodelle eingebracht haben.

LITERATURVERZEICHNIS

Ackermann,F.: Data processing aspects of digital elevation models - Conference of Southern African Surveyors, 1985.

Ackermann,F./Ebner,H./Klein,H.: Ein Programmpaket für die Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen. - Bildmessung und Luftbildwesen, Heft 4, 1970.

Köstli,A./Sigle,M.: Die SCOP-Datenstruktur zur Verschneidung und Korrektur von Geländemodellen. - Bildmessung und Luftbildwesen, Heft 3, 1986.

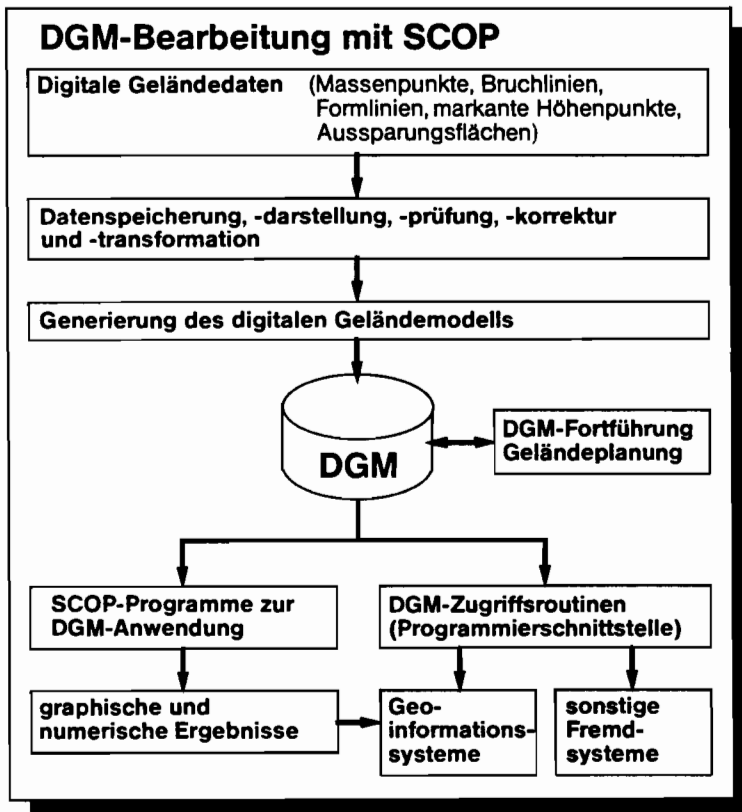
Köstli,A./Wild,E.: Digital elevation model featuring varying grid size. - Proceedings of the ISPRS congress, Commission III, Rio de Janeiro, 1984.

Kraus,K./Abmus,E./Köstli,A./Molnar,L./Wild,E.: Anforderungen an das digitale Höhenmodell aus der Sicht des Anwenders. - AVN 89, 1982.

Sigle,M.: Ein digitales Geländemodell für das Land Baden-Württemberg. - Schriftenreihe des Instituts für Photogrammetrie der Universität Stuttgart, Heft 9, 1984.

Toomey,M.A.G.: The Alberta digital elevation model. - Proceedings of the ISPRS congress, Commission III, Kyoto 1988.

Wild,E.: Die Prädiktion mit Gewichtsfunktionen und deren Anwendung zur Beschreibung von Geländeflächen bei topographischen Geländeaufnahmen. - DGK, Reihe C, Heft Nr.277, 1983.

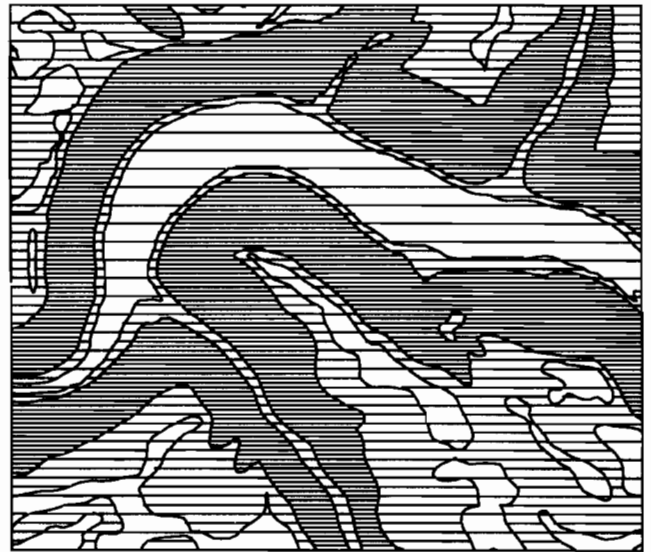


Anhang 1: Datenfluß der DGM-Bearbeitung



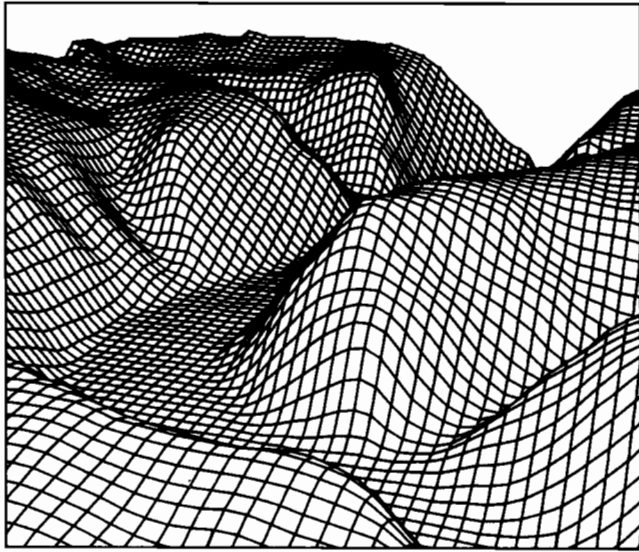
Höhenlinien

1 : 50000

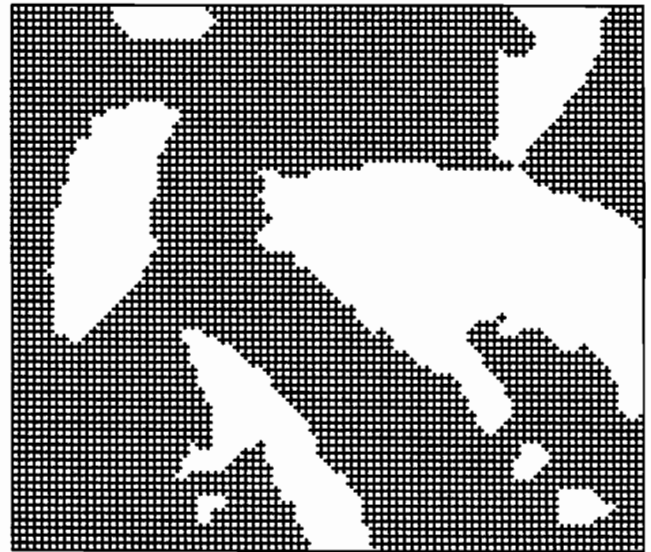


Gefällstufen

1 : 50000

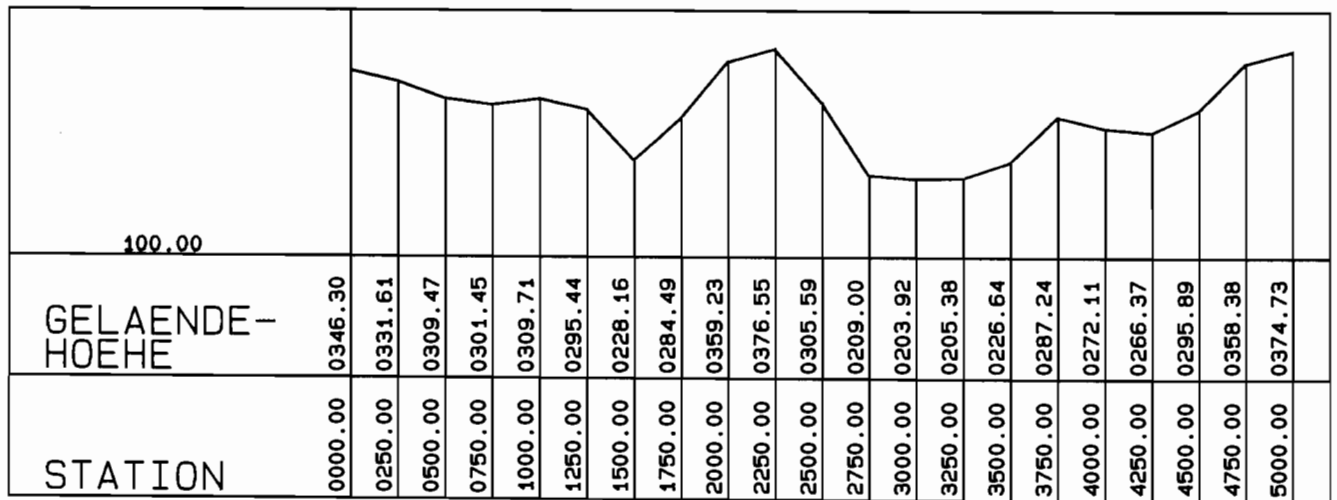


Perspektivansicht



Sichtbarkeit

1 : 50000



Geländeprofil

Lagemaßstab 1:40000, Höhenmaßstab 1:10000

Anhang 2: Beispiele für die graphische Darstellung des DGM Baden-Württemberg

