

EIN DIGITALES GELÄNDEMODELL FÜR DAS LAND BADEN-WÜRTTEMBERG

M. Sigle, Stuttgart

1. Problemstellung

Nachdem die Entwicklung von Rechenprogrammen zur Berechnung digitaler Höhenmodelle einen hohen Stand erreicht hat und über die Einzelanwendungen reiche Erfahrung vorliegt, zeichnet sich als neue Aufgabenstellung die Herstellung digitaler Höhenmodelle für größere Gebiete oder für ganze Länder ab. Derartige Entwicklungen sind in einigen Ländern im Gange bzw. werden dahingehende Überlegungen angestellt.

So sind auch beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg die Vorbereitungen im Gange, ein digitales Höhenmodell für das ganze Land zu erstellen, und zwar zunächst im Zusammenhang mit der weiteren Anwendung der Orthophotographie zur Fortführung der topographischen Kartenwerke. Beim LVA Baden-Württemberg werden in einem fünfjährigen Turnus die topographischen Karten mit Hilfe von Orthophotos im Maßstab 1:10 000 fortgeführt (Ewig, Riedinger, 1976). Zur Gewinnung der erforderlichen Höheninformation wurden für das gesamte Landesgebiet zwischen 1972 und 1981 analoge Profilspeicherplatten zur Steuerung des Orthoprojektors Zeiss GZ1 geschaffen. Inzwischen wurde das Gerät GZ1 durch den digital gesteuerten Orthoprojektor Zeiss Orthocomp Z2 (Faust, 1980) ersetzt. Um die vorhandene Höheninformation nicht zu verlieren, wurden die analogen Profile digitalisiert und könnten somit, wie dies beim LVA Nordrhein-Westfalen geschieht (Tönnessen, Ellenbeck, 1982), direkt zur Orthoprojektion herangezogen werden.

Gegen eine unmittelbare Verwendung der Profile sprechen jedoch im vorliegenden Fall mehrere gewichtige Argumente. Erstens wurden die Profile für jedes Orthophoto in einem eigenen lokalen Koordinatensystem erfaßt, das auf 5 natürlichen Paßpunkten basiert. Da eine große Zahl dieser Paßpunkte allmählich verlorengeht, sind bereits heute mehrere Profilspeicherplatten unbrauchbar geworden.

Zweitens verhindert die Verwendung der Originalprofile eine direkte Herstellung von Orthophotos über die Grenzen der Speicherplattenbereiche hinaus. Damit wird die Projektion in kleineren Maßstäben oder von beliebig angeordneten Geländeausschnitten zumindest sehr erschwert.

Aus diesen Gründen hat man sich beim Landesvermessungsamt entschlossen, die digitalisierten Profildaten ins Gauß-Krüger-Landeskoordinatensystem zu transformieren und anschließend hieraus entsprechend Abbildung 1 ein regelmäßiges Höhenraster für das gesamte Landesgebiet zu interpolieren.

Im Verlauf dieser Berechnungen wird das Datenmaterial außerdem verschiedenen Korrekturen unterworfen, die eine beträchtliche Verbesserung der Höhengenaugigkeit und der Formtreue der Geländedarstellung erwarten lassen.

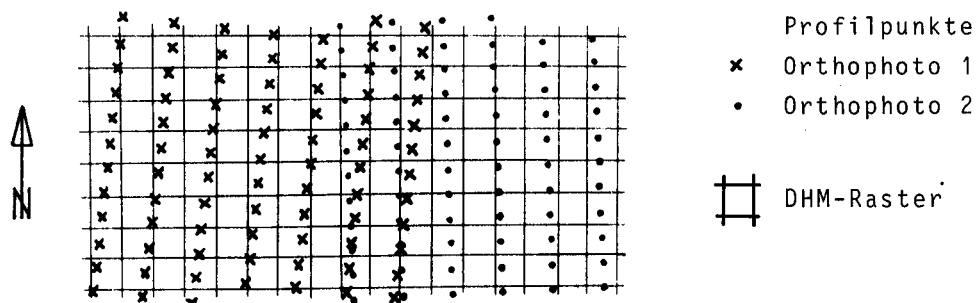


Abb. 1: Anordnung des Höhenrasters gegenüber den Profilen

Somit erhält man ein einheitliches digitales Höhenmodell, das nicht mehr auf die Herstellung von Orthophotos beschränkt sein muß, sondern für verschiedenartige Anwendungen in Frage kommt.

2. Voraussetzungen zur Berechnung des DHM

Die Berechnung des digitalen Höhenmodells soll mit dem Rechenprogramm SCOP erfolgen. Dieses in Zusammenarbeit des Forschungsinstituts für Luftbildtechnik in Stuttgart und des Instituts für Photogrammetrie der TU Wien entwickelte und neuerdings weiter ausgebaut und optimierte und für zahlreiche Rechenanlagen verfügbare Programm ist in der Literatur hinreichend beschrieben (Kraus, 1973, Stanger, 1973, Kraus u.a., 1982, Wild, 1983). Eine graphische Darstellung der Programmstruktur ist in Anhang 1 gegeben. Hier sollen lediglich die für die vorliegende Aufgabenstellung wesentlichen Programmleistungen angesprochen werden.

Um ein Projekt des vorliegenden Umfangs bearbeiten zu können, muß hierfür ein Rechenprogramm zur Verfügung stehen, das große Datenmengen bewältigt. Das Programm SCOP ermöglicht ohne jegliche Unterteilung eine Verarbeitung von mehreren 100 000 Geländepunkten. Aufgrund einer optimierten Datenstruktur gilt dies selbst für Minirechner.

Zur Interpolation des DHM stehen im Programm SCOP verschiedene Ansätze zur Verfügung. Neben einer Schnellinterpolation für Kontrollzwecke kann eine anspruchsvolle Interpolation verwendet werden, die auf der Methode der linearen Prädiktion basiert und neben einer qualifizierten Glättung der Geländedaten die für den vorliegenden Fall besonders wichtige Elimination des systematischen Abtastfehlers einer profilweisen photogrammetrischen Geländeaufnahme ermöglicht.

Vorab können die Daten auf verschiedene Weise überprüft, dargestellt und mit Hilfe von Paßpunkten absolut orientiert werden.

Von den zur Verfügung stehenden Folgeprogrammen zur Anwendung des DHM seien die Ableitung von Schichtlinien mit variabler Kartenblattgestaltung unter Berücksichtigung von Aussparungsflächen, Äquidistanzwechselln und einer Zähllinienbeschriftung, die Ausgabe paralleler Profile für die Orthoprojektion und die Erzeugung von Perspektivdarstellungen des DHM erwähnt.

3. Datenmaterial

3.1. Messung und Digitalisierung der Profile

Das Land Baden-Württemberg hat eine Fläche von 35751 km² und wird von ca. 75 Blättern der topographischen Karte 1:50 000 (TK 50) mit einer Fläche von jeweils ca. 24,5 x 22 km² abgedeckt.

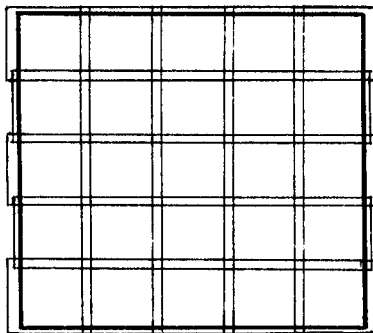


Abb. 2: Anordnung der Orthophotos einer TK 50

Für jedes Kartenblatt wurde entsprechend Abbildung 2 ein Schema von 5 x 5 sich überlappenden Orthophotos mit einer Fläche von ca. 5,5 x 4,9 km² festgelegt, die jeweils durch 2 Modelle einer Befliegung im Maßstab 1:30 000 abgedeckt werden. Die Gesamtzahl der Orthophotos liegt damit bei 1800.

Für die Orthoprojektion im Maßstab 1:10 000 wurde ein Profilabstand von 80 m gewählt. Die Profile wurden mäanderförmig größtenteils am Zeiss Planimat D2 gemessen und gleichzeitig mit dem Schreibgerät Zeiss SG1 auf Glasplatten graviert. Diese Speicherplatten wurden nun zur Digitalisierung wie beim seitherigen Verfahren der Orthoprojektion in das Lesegerät Zeiss LG1 eingelegt, an dem die Profile abgetastet und mit Hilfe von am LG1 installierten Impulsgebern und eines Speichergerätes Zeiss Ecomat 11 mit einem Punktabstand von 10 m auf Magnetband registriert werden. Somit fallen für jedes Orthophoto ca. 34000 digitalisierte Punkte an.

3.2. Datengenauigkeit

Grundsätzlich ist zur Genauigkeit der Profildaten anzumerken, daß aufgrund der dynamischen Abtastung des Stereomodells eine gegenüber einer Einzelpunktmessung verminderte Genauigkeit zu erwarten ist. Dies ist einerseits auf systematische Abtastfehler zurückzuführen, die sich in systematischen Höhenklaffungen zwischen Hin- und Rückprofilen bemerkbar machen, und andererseits auf eine geglättete Wiedergabe des Geländes durch die Profile.

Um eine zahlenmäßige Genauigkeitsvorstellung zu erhalten, wurde mit Unterstützung des Landesvermessungsamtes eine Voruntersuchung (Diplomarbeit Drotleff, Wolf, 1982) durchgeführt, bei der für 6 Testgebiete mit stark unterschiedlicher Geländestruktur aus dem ursprünglichen Bildmaterial je ca. 600 Punkte der digitalisierten Profildaten und des zu interpolierenden digitalen Höhenmodells durch eine Einzelpunktmessung am Zeiss Planicomp C 100 mit einer Genauigkeit von 0,3 m bis 0,6 m erfaßt wurden. Ein Vergleich ergab für die digitalisierten Profile eine mittlere Höhendifferenz zwischen 1,5 m (flaches Gelände) und 5 m (stark bewegtes Gelände) mit einem beträchtlichen systematischen Anteil von teilweise über 2 m. In Waldgebieten ist mit größeren Fehlern zu rechnen, da die Messung für die Orthophotoherstellung richtigerweise im Bereich der Baumwipfel erfolgte.

4. Aufbereitung der Daten für die DHM-Interpolation

4.1. Plausibilitätsprüfungen

Zunächst wurden grobe Digitalisierungsfehler mit Hilfe eines Vorprogramms abgefangen, das die Daten hinsichtlich ihrer Vollständigkeit, unzulässig großer Höhendifferenzen und der Richtigkeit der Höhenregistrierung für den Paßpunkt Co, in dem die beiden Modelle eines Orthophotos gekoppelt sind, überprüft. Im Falle von fehlerhaften Registrierungen wurde die Digitalisierung der betreffenden Speicherplatte wiederholt.

4.2. Ausdünnung der digitalisierten Daten

In der in 3.2. genannten Voruntersuchung wurden mit unterschiedlich starker Ausdünnung der Profildaten für jedes Testgebiet digitale Höhenmodelle aus den Profildaten interpoliert und mit den am Planicomp gemessenen Rasterpunkten verglichen. Bis zu einem Punktabstand von 60 m entlang der digitalisierten Profile ergibt sich die Genauigkeit des interpolierten DHM nahezu identisch mit der Genauigkeit der digitalisierten Profildaten und fällt gegenüber einer Verwendung der unausgedünnten Daten in keinem Fall ab. Erst ab einem Punktabstand von 80 m vermindert sich die DHM-Genauigkeit. Erstaunlicherweise gilt dies völlig unabhängig vom Geländetyp, d.h. bei stark bewegtem Gelände ist dieselbe Ausdünnung der Profile zulässig wie bei flachem Gelände. Die Ursache hierfür liegt in der geglätteten Wiedergabe der Geländeoberfläche durch die Profile.

Die Ausdünnung wurde deshalb nicht wie in Nordrhein-Westfalen (Tönnessen, Ellenbeck, 1982) von der Geländeform abhängig gemacht, sondern als konstanter Wert gewählt, der aus Sicherheitsgründen auf 40 m festgelegt wurde. Es verbleiben somit für jede Speicherplatte ca. 8400 bzw. pro Kartenblatt der TK 50 ca. 280 000 Profilpunkte, die zur DHM-Interpolation herangezogen werden.

4.3. Lagetransformation

Die digitalisierten Modellkoordinaten der Profilpunkte werden zunächst mittels einer Helmerttransformation ins Gauß-Krüger-Landeskoordinatensystem übergeführt. Die hierfür erforderlichen Landeskoordinaten der im lokalen Orthophotosystem bereits vorliegenden natürlichen Paßpunkte werden von einer Lageblockausgleichung mit dem Programm PAT-M geliefert, bei der als Lagepaßpunkte hauptsächlich Kirchtürme verwendet werden.

Die Lagetransformation der Profildaten erfolgt mit dem Programm SCOP, dessen absolute Orientierung die transformierten Daten in einer strukturierten Form liefert, die eine sehr effiziente Behandlung der Daten während der Interpolation des DHM zuläßt.

4.4. Korrektur der Höhenorientierung

Eine Voruntersuchung zur Interpolation des digitalen Höhenmodells hat gezeigt, daß teilweise im Überlappungsbereich der Speicherplatten systematische Höhenklaffungen zwischen den Profilhöhen verschiedener Speicherplatten von bis zu 20 m auftreten. Sie sind auf Fehler der absoluten Höhenorientierung während der Profilmessung und auf unterschiedliche Justierzustände von Schreib- und Lesegerät zurückzuführen.

Zur Aufdeckung und Beseitigung dieser Klaffungen wird eine Höhenblockausgleichung mit dem Programm PAT-M durchgeführt, bei der jedes Orthophoto in 2 Modelle aufgespalten wird. Die Verknüpfung der Modelle erfolgt über kleine digitale Höhenmodelle, bestehend aus jeweils 9 Rasterpunkten mit einer Rasterweite von 100 m, die mit identischer Lage aus 1, 2 oder 4 Profildatensätzen mit dem Programm SCOP interpoliert werden. Zur Interpolation der Verknüpfungspunkte wird dieselbe Methode verwendet wie für die Interpolation des endgültigen digitalen Höhenmodells. Zur absoluten Höheneinpassung stehen für ein Blatt der TK 50 durchschnittlich 230 trigonometrische Punkte zur Verfügung, deren Geländehöhen mit einer Genauigkeit von 0,1 m bekannt sind und deren Modellhöhe ebenfalls mit dem Programm SCOP aus den Profildaten interpoliert wird. Da zur Vermeidung grober Höhenfehler die trigonometrischen Punkte in Waldgebieten nicht verwendet werden, schwankt die Paßpunktanzahl im Bereich einer Speicherplatte zwischen 0 und 20.

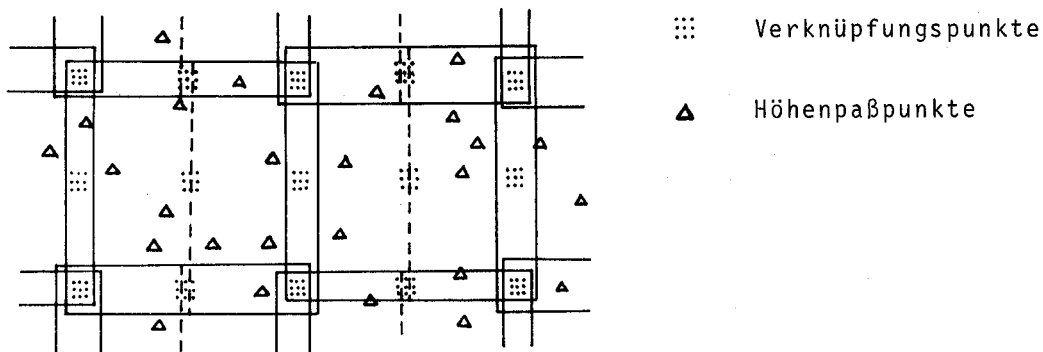


Abb. 3: Punktanordnung für die Höhenblockausgleichung

Für die bisher bearbeiteten Blätter der TK 50 ergab die Höhenblockausgleichung σ_0 -Werte von 1,6 m. Die Modellhöhen der trigonometrischen Punkte erhalten im Mittel eine Verbesserung von 1,8 m (bei Paßpunktgewicht ∞). Diese Werte stellen ein Maß für die zu erwartende Genauigkeit des digitalen Höhenmodells dar. Vergleicht man sie mit den ursprünglichen Klaffungen zwischen Gelände- und Modellhöhen der trigonometrischen Punkte, die vor der Höhenblockausgleichung im Mittel bei 3,5 m liegen, so erkennt man die beträchtliche Genauigkeitssteigerung aufgrund der Nachorientierung.

Im Anschluß werden die Ergebnisse der Höhenblockausgleichung zur modellweisen Höhentransformation der Profildaten mit dem Programm SCOP verwendet. In diesem Arbeitsschritt werden die 98 Modelle im Bereich einer TK 50 und in einer Überlappungszone mit den Nachbarblättern zu einem großen Datensatz für die DHM-Interpolation zusammengefügt, der ca. 400 000 Punkte umfaßt.

5. Wahl der DHM-Parameter

5.1. Wahl der Rasterweite

In der Voruntersuchung (s. 3.2.) wurden für die 6 Testgebiete digitale Höhenmodelle mit unterschiedlichen Rasterweiten berechnet. Für einen Vergleich wurden gegenüber dem DHM-Raster unregelmäßig angeordnete Einzelpunkte am Planicom gemessen und mit den für sie aus dem DHM abgeleiteten Höhen verglichen.

Dabei ergaben sich für Rasterweiten zwischen 10 und 50 m für alle Geländetypen nahezu konstant bleibende mittlere Abweichungen, die mit der zuvor ermittelten Genauigkeit der Profilpunkte und der DHM-Rasterpunkte sehr gut übereinstimmen. Erst bei größeren Rasterweiten sinkt die Genauigkeit der aus dem DHM abgeleiteten Punkte ab.

Dies bedeutet, daß die digitalisierten Profildaten durch ein 50 m - Raster vollständig repräsentiert werden. Ein engeres Raster ergibt keinerlei Genauigkeitssteigerung, würde jedoch eine nicht vorhandene höhere Genauigkeit vortäuschen und den Aufwand für die DHM-Berechnung und DHM-Speicherung erhöhen. Deshalb wurde ein einheitliches Raster mit einer Rasterweite von 50 m gewählt.

5.2. Organisation der DHM-Berechnung

Für die ca. 75 Blätter der TK 50 des Landes Baden-Württemberg sind insgesamt ca. 16 Millionen Punkte des 50 m - Rasters zu interpolieren. Eine DHM-Berechnung ohne jegliche Unterteilung des Gesamtgebietes würde die Möglichkeiten der zur Verfügung stehenden Rechenanlagen bei weitem übersteigen. Deshalb wurde eine Unterteilung des Landesgebietes entsprechend der Einteilung der TK 50 vorgenommen.

Um später kleinere DHM-Ausschnitte verwenden zu können, ohne sie aus mehreren digitalen Höhenmodellen zusammenstückeln zu müssen, wurden die DHM-Begrenzungen so festgelegt, daß sich eine Überlappung benachbarter digitaler Höhenmodelle von ca. 3 km ergibt. Somit liegt die DHM-Ausdehnung bei etwa 25 x 28 km². Aus ca. 280 000 Profilpunkten sind jeweils etwa ebensoviele Rasterpunkte zu interpolieren.

6. Interpolation des digitalen Höhenmodells

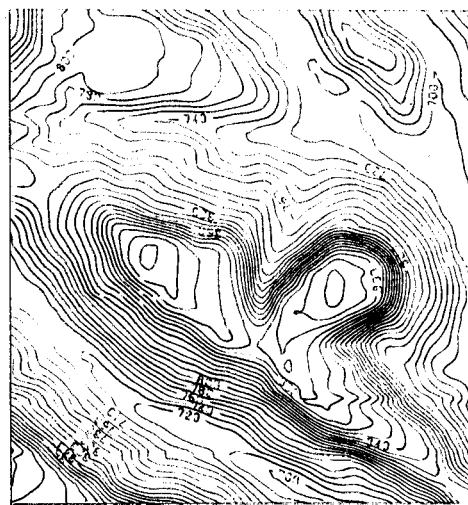
6.1. Interpolationsmethode

Das Programm SCOP stellt zur Interpolation des digitalen Höhenmodells neben einer Schnellinterpolation verschiedene Varianten einer Interpolation nach der Methode der linearen Prädiktion zur Verfügung. Ein Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten im Rahmen der Voruntersuchungen ergab, daß sich die günstigste Höhengenaugigkeit eindeutig bei Verwendung der linearen Prädiktion mit einer Filterung des systematischen Abtastfehlers ergab. Bei Verwendung der linearen Prädiktion ohne eine Filterung der Profilpunkte bzw. der Schnellinterpolation liegen die mittleren Höhenfehler um 5 % bzw. 12 % höher.

Dieses Ergebnis wird graphisch durch Abbildung 4 unterstrichen, in der zwei Schichtliniendarstellungen eines DHM gegenübergestellt sind, das ohne eine Filterung der Profilpunkte und mit einer Filterung des systematischen Abtastfehlers berechnet wurde.



Lineare Prädiktion ohne
Filterung der Profildaten



Lineare Prädiktion mit
Filterung des Abtastfehlers

Abb. 4: Graphischer Vergleich von Interpolationsvarianten
(Maßstab 1:50 000)

Die Schichtlinien des ungefilterten DHM zeigen beträchtliche systematische Abtastfehler auf, die sich durch eine Wellenstruktur mit dem doppelten Profilabstand als Wellenlänge bemerkbar machen. Demgegenüber erhält man nach einer Filterung des systematischen Abtastfehlers eine Geländedarstellung, die gut mit den in der TK 50 dargestellten Geländeformen übereinstimmt und somit eine beträchtlich verbesserte Formtreue aufweist. Es ist also unerlässlich, die Interpolation nach einer Methode durchzuführen, die die systematischen Abtastfehler berücksichtigt.

6.2. Rechenaufwand

Bisher wurde die Interpolation der digitalen Höhenmodelle für 4 Blätter der TK 50 abgeschlossen. Die Berechnungen erfolgten an der Rechenanlage Harris H 100, einem mit 24 bit-Worten arbeitenden Minirechner mittlerer Größe. Die jeweils angefallenen Datenmengen und Rechenzeiten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Kartenblatt	L 7916 Villingen- Schwenningen	L 7918 Spaichingen	L 8116 Donaueschingen	L 8118 Tuttlingen
Profilpunkte	276 215	281 025	270 020	265 408
DHM-Rasterpunkte	278 941	278 941	278 941	278 941
CPU-Rechenzeit:				
Datenorganisation	36 ^m 24 ^s	36 ^m 19 ^s	35 ^m 18 ^s	39 ^m 19 ^s
Interpolation	3h39 ^m 30 ^s	3h42 ^m 40 ^s	3h35 ^m 50 ^s	3h34 ^m 10 ^s

Tabelle 1: Datenmengen und Rechenzeiten an der Rechenanlage Harris H 100

Die Zeiten können in Anbetracht der großen Datenmengen als sehr günstig bezeichnet werden. Dies gilt insbesondere für die Interpolation, die aufgrund der regelmäßigen Punktanordnung mit einer vereinfachten Bestimmung der Gewichtsfunktion für die Berechnung der Rasterhöhen erfolgen konnte (Wild, 1983). Zur besseren Vergleichbarkeit der genannten Zeiten sei angemerkt, daß die Zeiten an einer HP 1000 F etwa um den Faktor 2 höher, an einer VAX 11/750 etwa gleich hoch und an einer IBM 3033 etwa um den Faktor 12 niedriger liegen.

6.3. Speicherbedarf

Für die Berechnungen steht derzeit eine 80 MByte-Platte zur Verfügung. Diese wurde während der in Tabelle 1 aufgeführten Berechnungen zu ca. 90 % belegt. Dies bedeutet, daß die mit dem Programm SCOP verarbeitbare Datenmenge nicht durch das Programm selbst, sondern hauptsächlich durch den zur Verfügung stehenden Plattenplatz begrenzt wird.

7. Kontrolle der Interpolationsergebnisse

Zwar dürften die vor der DHM-Berechnung durchgeführten Plausibilitätskontrollen der Profildaten den größten Teil der Fehlerquellen erfassen, trotzdem wird eine abschließende Überprüfung der digitalen Höhenmodelle nach 2 Verfahren vorgenommen.

Einerseits bietet das Programm SCOP die Möglichkeit, Stützpunkte, an denen Filterbeträge oberhalb einer wählbaren Grenze angebracht werden, auszudrucken. Da im Fall von Fehlregistrierungen mit besonders hohen Filterbeträgen zu rechnen ist, dürfte dieses Hilfsmittel die verbleibenden Datenfehler sehr wirksam aufzeigen.

Andererseits wird aus jedem DHM eine Schichtlinienkarte im Maßstab 1:50 000 mit einer Äquidistanz von 10 m abgeleitet. Tabelle 2 zeigt die dabei anfallenden Datenmengen, Rechenzeiten (Harris H 100) und Zeichenzeiten (Zeiss DZ6).

Ein Vergleich der Schichtlinien mit der TK 50 dürfte die restlichen Fehler umfassend aufdecken. Einen Ausschnitt aus einer solchen Schichtlinienkarte zeigt Anhang 2.

Kartenblatt	L 7916 Villingen- Schwenningen	L 7918 Spaichingen	L 8116 Donaueschingen	L 8118 Tuttlingen
Isolinienpunkte	157 366	250 725	213 958	195 840
CPU-Zeit	55m14s	1h46m19s	1h21m52s	1h09m15s
Zeichenzeit	8h	13h	11h	10h

Tabelle 2: Ableitung der Schichtlinienkarten

8. Verwendung der digitalen Höhenmodelle

8.1. Anwendungsbereiche

Nach Abschluß der Berechnungen für das gesamte Land Baden-Württemberg wird erstmals für ein ganzes Bundesland ein einheitliches digitales Höhenmodell vorliegen. Damit wird das Landesvermessungsamt in die Lage versetzt, mit der Weitergabe der digitalen Höhenmodelle an Interessenten eine zusätzliche Dienstleistung anbieten zu können.

Zwar wird die von der Datenerfassung herrührende begrenzte Genauigkeit eine Anwendung für Detailplanungen im großmaßstäbigen Bereich noch nicht ermöglichen, trotzdem kann mit einer regen Nachfrage gerechnet werden. Als eine unvollständige Aufzählung seien großräumige Planungsmaßnahmen, Anwendungen im Bereich der geowissenschaftlichen Forschung, die Planung von Sendeanlagen und die Erstellung von Perspektivdarstellungen (s. Anhang 3) für verschiedenartige Zwecke genannt.

Die Hauptanwendung wird zunächst jedoch weiterhin in der Herstellung von Orthophotos liegen. Hierzu wird das DHM vom Programm SCOP in Form von parallelen Profilen ausgegeben und kann somit direkt für die Orthoprojektion am Orthocomp Z2 benützt werden.

Gegenüber der bisherigen Arbeitsweise werden durch die gesteigerte Höhengenaugigkeit, die freie Wahl des Maßstabes und die Unabhängigkeit vom Format der Profilspeicherplatten erweiterte Möglichkeiten geschaffen.

8.2. Die Speicherung des DHM

Zur Speicherung des digitalen Höhenmodells wird zunächst für jedes Kartenblatt der TK 50 ein Magnetband erstellt werden, das bei Bedarf zur Weiterverwendung einzulesen ist.

Andererseits ist es jedoch denkbar, das gesamte DHM unmittelbar bereitzustellen. Hierfür würde eine 300 MByte-Platte ausreichen, auf der die Speicherung des DHM für das gesamte Land möglich wäre.

Für eine effiziente Verwendung müßte jedoch eine Datenstruktur für das DHM geschaffen werden, die einen schnellen Zugriff auf beliebige Ausschnitte zuläßt und die es erlaubt, genauere bzw. großmaßstäbige Neumessungen in das vorhandene DHM einzugliedern. Beim Forschungsinstitut für Luftbildtechnik in Stuttgart werden derzeit Überlegungen in dieser Richtung angestellt.

LITERATUR

- Drotleff, K., Wolf, J.: Untersuchungen zur Verwendbarkeit von analog gespeicherten Geländeprofilen für die Berechnung digitaler Höhenmodelle, Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart, 1982
- Ewig, K., Riedinger, G.: Kartenfortführung mit Orthophotos, Presented Paper, 13. ISP-Kongreß, Helsinki 1976
- Faust, H.W.: Orthocomp Z2, der analytische Orthoprojektor von Carl Zeiss, Presented Paper, 14. ISP-Kongreß, Hamburg 1980
- Kraus, K.: Ein allgemeines Digitales Geländemodell- Theorie und Anwendungsmöglichkeiten, Numerische Photogrammetrie von F. Ackermann, Sammlung Wichmann, Band 5, 1973
- Kraus, K., Abmus, E., Köstli, A., Molnar, L., Wild, E.: Digital Elevation Models: Users' Aspects, Schriftenreihe des Instituts für Photogrammetrie der Universität Stuttgart, Heft 8, 1982
- Stanger, W.: Das Stuttgarter Höhenlinienprogramm, Beschreibung und Ergebnisse, Numerische Photogrammetrie von F. Ackermann, Sammlung Wichmann, Band 5, 1973
- Tönnessen, K., Ellenbeck, K.H.: Datengewinnung, Datenaufbereitung und Datenverwendung für den Orthocomp Z2, Schriftenreihe des Instituts für Photogrammetrie der Universität Stuttgart, Heft 8, 1982
- Wild, E.: Die Prädiktion mit Gewichtsfunktionen und deren Anwendung zur Beschreibung von Geländeflächen bei topographischen Geländeaufnahmen, Dissertation an der Universität Stuttgart, DGK, Reihe C, Heft 277, 1983

ZUSAMMENFASSUNG

Anläßlich der Umstellung vom Orthoprojektor Zeiss GZ1 zum digital gesteuerten Zeiss Orthocomp Z2 werden beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg zur Zeit die für das gesamte Land vorhandenen, analog gespeicherten Geländeprofile digitalisiert. Die Profile weisen einen Abstand von 80 m und eine mittlere Höhengenaugigkeit von ca. 3 m auf.

Aus den ca. 16 Millionen Profilpunkten wird mit dem Rechenprogramm SCOP ein regelmäßiges 50 m - Raster interpoliert, das einerseits für die Ableitung von Orthophotos mit beliebigem Blattschnitt und andererseits als allgemeines digitales Höhenmodell für verschiedenartige Zwecke verwendet werden soll.

Im Vortrag wird der Weg von den digitalisierten Profilen zum digitalen Höhenmodell unter besonderer Berücksichtigung der Korrektur systematischer Datenfehler beschrieben. Außerdem wird der Aufwand abgeschätzt, den eine Berechnung des digitalen Höhenmodells für das ganze Land erfordert.

A DIGITAL TERRAIN MODEL FOR THE STATE OF BADEN-WÜRTTEMBERG

Abstract

On the occasion of a change-over from the Zeiss GZ1 to the analytical orthoprojector Zeiss Orthocomp Z2, the State Survey Office of Baden-Württemberg is digitizing the analogue terrain profiles existing for the whole of the state. The profiles have a distance of 80 m and an average elevation accuracy of about 3 m.

From about 16 million profile points a regular 50 m grid is interpolated with the computer program SCOP. The grid will be used on the one hand for the production of orthophotos with arbitrary sheet format and on the other hand as a general Digital Elevation Model for different applications.

The paper describes the process from the digitized profiles to the Digital Elevation Model in particular consideration of the correction of systematic data errors. In addition the expense for the computation of the Digital Elevation Model for the whole of the state is estimated.

MODELE DE TERRAIN NUMERIQUE DESTINE AU BADE-WURTEMBERG

Resumé

A l'Office du Cadastre du Bade-Wurtemberg, l'orthoprojecteur Zeiss GZ1 a été remplacé par l'Orthocomp Z2 de Zeiss assisté par ordinateur, et les profils de terrain de tout le Land du Bade-Wurtemberg, mémorisés jusque là de façon analogique, sont maintenant à digitaliser. Les profils sont espacés de 80 m et présentent une précision altimétrique moyenne de 3 m.

Partant de 16 millions de points environ, le programme de calcul SCOP interpole un réseau régulier dont les lignes sont espacées de 50 m et qui sera utilisé d'une part pour la réalisation d'orthophotos pour des feuilles de carte diverses, et d'autre part comme modèle de terrain numérique de caractère général à des fins diverses.

L'exposé décrit le parcours effectuée depuis la digitalisation des profils jusqu'au modèle de terrain numérique, en tenant compte de la correction des erreurs systématiques des données, et évalue en conclusion l'ampleur de cette tâche, le calcul d'un modèle de terrain numérique pour tout le pays.

UN MODELO DIGITAL DEL TERRENO PARA EL LAND BADEN-WÜRTTEMBERG

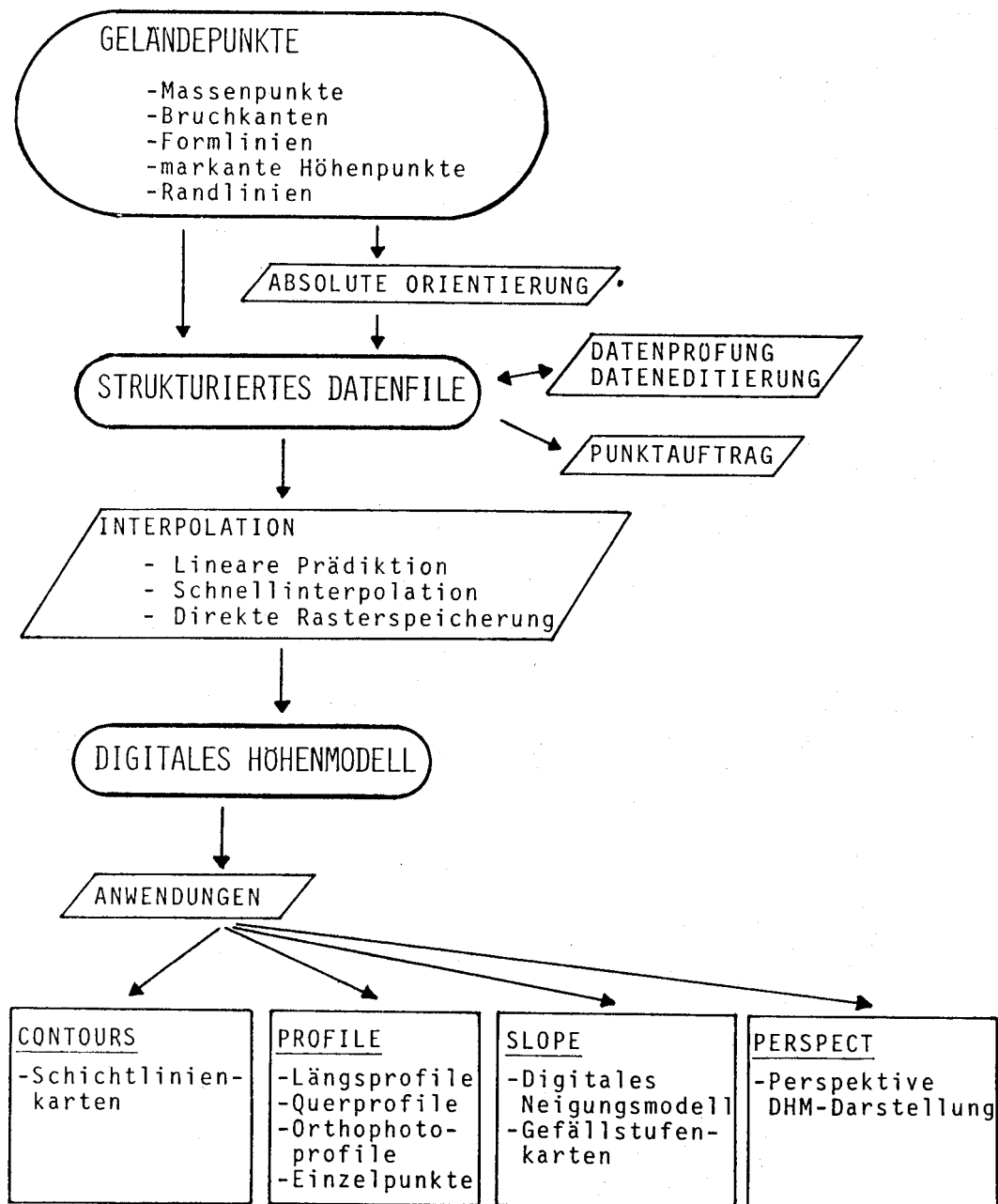
Resumen

Con oportunidad de la substitución del Ortoproyector Zeiss GZ1 por el orthocomp Z2, de mando digital, se digitalizan en el Servicio de Geodesia del Land Baden-Württemberg los perfiles de terreno del territorio completo de esta parte de Alemania. Dichos perfiles estaban almacenados en forma analógica, distan 80 m y su exactitud altimétrica es de unos 3 m.

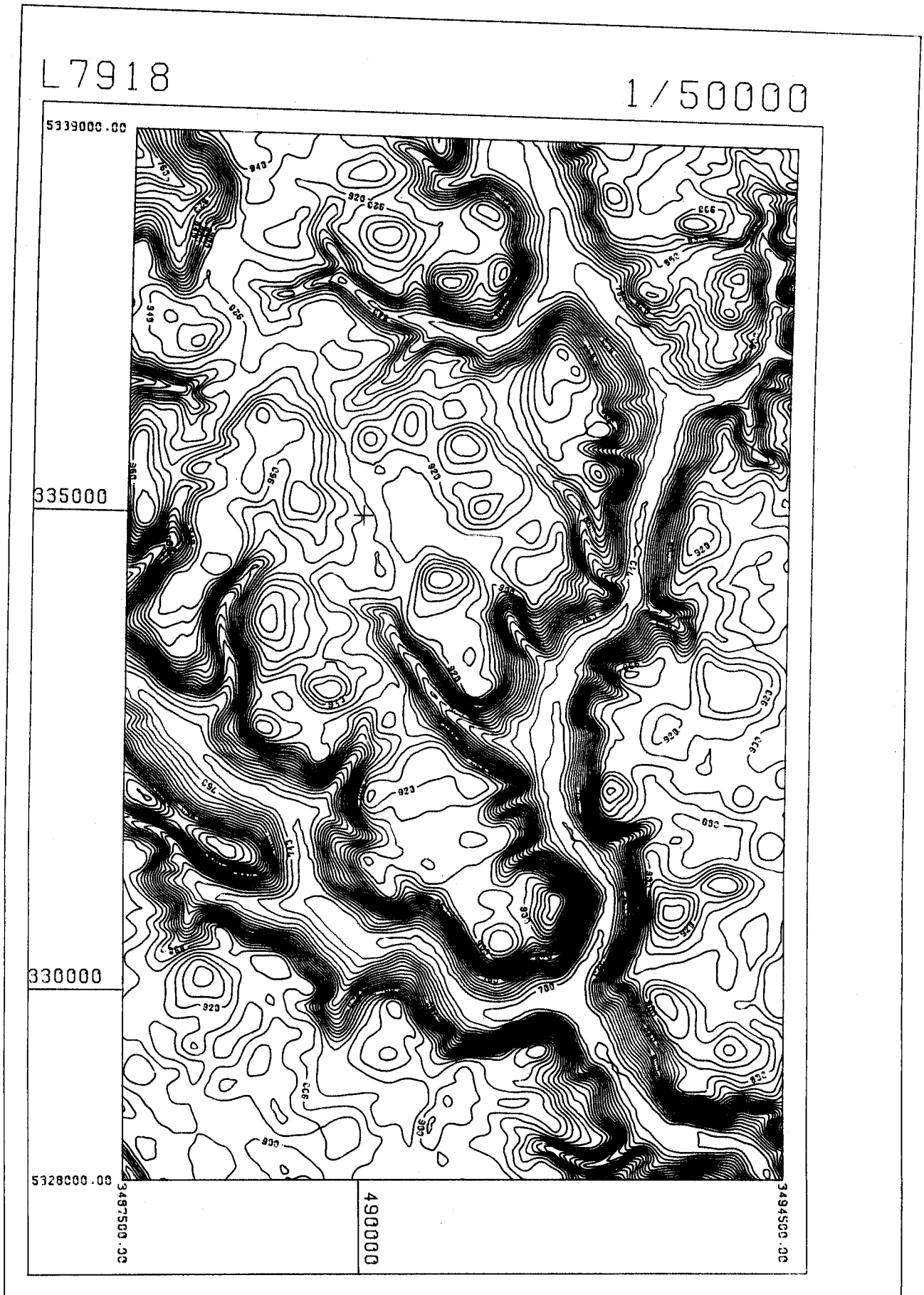
Con el programa de cálculo SCOP se interpola a partir de unos 16 millones de puntos una cuadrícula regular de 50 m de distancia entre las líneas, que se utilizará por una parte para la producción de ortofotos de formato discrecional de la hoja y por otra como modelo altimétrico digital de tipo general para distintas finalidades.

En la presente conferencia se describe el proceso desde los perfiles digitalizados hasta el modelo altimétrico digital, considerando especialmente la corrección de los errores sistemáticos de los datos. Además se estima la envergadura que tendrá el cálculo del modelo altimétrico digital para todo el Baden-Württemberg.

Dipl.-Ing. Manfred Sigle,
Geschäftsführer,
Forschungsinstitut für Luftbildtechnik GmbH
Smaragdweg 6, 7000 Stuttgart 1



ANHANG 1: Das Programmpaket SCOP



ANHANG 2: Schichtliniendarstellung des DHM

