

## DIE HERSTELLUNG DER DEUTSCHEN GRUNDKARTE 1:5000 IN DIGITALER FORM

E. Pape, Bonn

### 1. Einleitung

Die Termini "Topographisches Informationssystem" und "Topographische Datenbank" kennzeichnen eine Entwicklung, die zwar schon vor mehr als zehn Jahren begann, die aber erst in jüngster Zeit mehr und mehr an Bedeutung gewinnt. Ziel dieser Entwicklung ist es, topographische Informationen nicht nur in der gewohnten analogen Form, sondern auch in digitaler Form bereitzustellen. Beeinflusst wurde diese Entwicklung sicher durch die zunehmenden Möglichkeiten der graphischen Datenverarbeitung. Ausgelöst wurde sie aber doch wohl durch den Umstand, daß immer mehr Kartennutzer dazu übergehen, ihre Aufgaben auf digitalem Wege zu lösen. Der Wunsch, topographische Informationen auch in digitaler Form geboten zu bekommen, ist daher verständlich. Die Kartenproduzenten haben sich dieser Entwicklung nicht ungerne angeschlossen. Bietet die digitale Arbeitsweise für sie doch die Chance, die Herstellungs- und Fortführungsverfahren zu rationalisieren. Nur dadurch scheint es künftig noch möglich zu sein, den wachsenden Anforderungen gerecht zu werden.

Mit dem Übergang von der analogen zu der digitalen Arbeitsweise ist jedoch ein tiefgreifender Wandel verbunden, gilt es doch, einen jahrzehntelang bewährten Weg zu verlassen und neue Wege zu suchen. Wie immer vollzieht sich aber auch hier die Entwicklung schrittweise. Es begann mit den digitalen Geländemodellen und fand seine Fortsetzung in der rechnerunterstützten Auswertung. Trotz ihrer Bedeutung stellen beide Schritte jedoch nur Teillösungen dar, die erst in Verbindung mit weiteren graphischen Datenverarbeitungsverfahren einer praxisgerechten Lösung nähergebracht werden konnten.

Das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen (LVerMA) hat sich in den vergangenen Jahren verstärkt dieser Entwicklung bei der Herstellung der Deutschen Grundkarte 1:5000 (DGK 5) angenommen. Inzwischen haben die Bemühungen um eine digitale Höhenbearbeitung nach Höhenpunktbestimmungen schon einen gewissen Abschluß erreicht. Das Verfahren wird in zunehmendem Maße im Hause und bei Firmen eingesetzt. Demgegenüber konnte mit der digitalen Grundrißbearbeitung und mit der digitalen Höhenbearbeitung nach Höhenlinienauswertungen erst vor etwa einem Jahr begonnen werden, nachdem die Firma Zeiss hierfür im Rahmen eines Pilotprojektes Geräte und Programme zur Verfügung gestellt hatte. Über den erreichten Entwicklungsstand und über die Perspektiven für Weiterentwicklungen soll im folgenden berichtet werden.

### 2. Deutsche Grundkarte 1:5000

In den Zeichenvorschriften, dem sogenannten Musterblatt, wird über die DGK 5 folgendes ausgeführt:

"Die Deutsche Grundkarte 1:5000 (DGK 5) ist ein amtliches topographisches Kartenwerk. Als Ergebnis einer umfassenden Landesaufnahme stellt sie die Oberfläche ohne maßstabsbedingte Generalisierung mit allen wesentlichen Einzelheiten geometrisch exakt dar. Sie soll den Anforderungen gerecht werden, die von seiten der Planung, Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft an eine großmaßstäbige topographische Karte gestellt werden und die Grundlage für die Bearbeitung der amtlichen Kartenwerke der kleineren Maßstäbe bilden".

Der Charakter der DGK 5 wird durch die Übernahme der Eigentums Grenzen geprägt. Sie werden in solchem Umfang mit dargestellt, daß die Eigentumsstruktur erkennbar bleibt. Eine vollständige Darstellung der Eigentums Grenzen wird also bewußt nicht angestrebt.

Einen Einblick in den Inhalt der DGK 5 vermittelt das beigegefügte Kartenmuster (Beilage in der Umschlagtasche). Wie man erkennt, werden in der DGK 5 alle topographischen Objekte durch die klassischen kartographischen Mittel

#### Punkt, Linie und Signatur

dargestellt. Dabei können die Signaturen als Einzelsignaturen, Gruppensignaturen, linienbegleitende Signaturen und als flächenhaft angeordnete Signaturen auftreten. Auf farbige Flächen wird als Darstellungsmittel gänzlich verzichtet. Dieser kartographische Duktus erfordert zur Darstellung der zahlreichen Einzelobjekte vielfältige Kombinationen der kartographischen Grundelemente. Dadurch stellt er an ein automatisiertes Verfahren nicht geringe Anforderungen.

Die Herstellung der DGK 5 ist noch in keinem Bundesland abgeschlossen. In Nordrhein-Westfalen liegen für 91 % der Blätter die Grundrißdarstellung und für 52 % die Höhendarstellung vor. Von dieser Seite betrachtet, kommt die Umstellung von der analogen zur digitalen Arbeitsweise zu kei-

nem günstigen Zeitpunkt. Analoge und digitale Arbeitsweisen werden deshalb für einen langen Zeitraum nebeneinander bestehen. Um so mehr sollte mit der digitalen Arbeitsweise bei allen noch herzustellenden Blättern sobald wie möglich begonnen werden. Zu gegebener Zeit muß dann darüber nachgedacht werden, auf welchem Wege die vielen vorliegenden Blätter in digitale Form überführt werden können.

### 3. Digitale Grundrißbearbeitung

#### Systemkonfiguration

Zur Grundrißherstellung wird beim LVerMA zur Zeit das in der Anlage 1 dargestellte Hardware- und Softwaresystem verwandt.

Als Auswertegerät wurde bewußt ein klassisches Analoggerät gewählt, weil gezeigt werden sollte, daß diese in der Praxis noch überwiegend vorhandenen Geräte bei entsprechender Ergänzung auch für die neue Bearbeitungsweise voll geeignet sind. Als Rechner steht ein HP 1000 A 700 mit den üblichen Peripheriegeräten wie Terminal und Drucker zur Verfügung. Auf einen mit dem Rechner verbundenen Digitalzeichentisch konnte wenigstens anfangs nicht verzichtet werden, weil noch keine andere Ausgabemöglichkeit bestand; für Kontrollzeichnungen oder Zwischenergebnisse ist ein schneller Plotter vorzuziehen. Für die rechnerunterstützte Auswertung steht das System Planimap zur Verfügung, welches sich nach Übernahme mancher Verbesserungen der hier gestellten Aufgabe gewachsen gezeigt hat. Als unverzichtbar hat sich das System Videomap erwiesen. Zwar bereitet die Bewältigung der anfallenden Datenmengen noch gewisse Schwierigkeiten, die Präsentation einer digital vorhandenen Darstellung oder des bereits Ausgewerteten ist jedoch für eine sinnvolle und widerspruchsfreie Ergänzung von ausschlaggebender Bedeutung. Die erprobte Spracheingabe vom Typ SYS 300 hat sich noch nicht als funktionstüchtig erwiesen. Für bestimmte Aufgaben wird eine funktionierende Spracheingabe jedoch von großem Vorteil sein. Zur Übertragung von Daten kann zwischen einer Rechnerverbindung oder einem Magnetbandgerät gewählt werden. Letzteres ist immer dann vorzuziehen, wenn es gilt, auch Daten von anderen Stellen zu übernehmen. Die Übertragung der Daten auf einen der vorhandenen Rechner vom Typ VAX 11/750 erwies sich beim LVerMA als unverzichtbar, weil nur so der Graphisch-interaktive Arbeitsplatz GIAP der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) genutzt werden konnte. Zugleich konnte hierdurch der Zugang zu der Zeichenanlage CORA II A geschaffen werden.

Aus heutiger Sicht scheint die in der Anlage 2 dargestellte Systemkonfiguration notwendig, hinreichend und zweckmäßig zu sein.

#### Katastergrundriß

Die Grundrißbearbeitung der DGK 5 beginnt mit der Anfertigung des Katastergrundrisses. Hierfür sind die Voraussetzungen am günstigsten, wenn der Flurkarteninhalt in digitaler Form vorliegt. Allerdings ist es mit der alleinigen Übernahme der Daten nicht getan. Zum einen muß ihr Umfang auf das für die DGK 5 erforderliche Maß reduziert werden und zum anderen sind die Gebäude für den Maßstab 1:5000 zu generalisieren. Solange hierfür noch keine Programme zur Verfügung stehen, werden die erforderlichen Arbeitsschritte wohl nur graphisch-interaktiv zu vollziehen sein. Es bleibt deshalb festzuhalten, daß schon in dieser Arbeitsphase auf interaktive Arbeitsprozesse nicht verzichtet werden kann.

In den meisten Fällen wird jedoch davon auszugehen sein, daß der Flurkarteninhalt nur in analoger Form vorliegt und demgemäß noch digitalisiert werden muß. Hierzu werden in den Flurkarten die zu übernehmenden Eigentumsgrenzen festgelegt und die Gebäude in dem erforderlichen Umfang generalisiert. Für die Digitalisierung selbst reicht ein manuell zu bedienender Digitizer völlig aus. Wichtig ist allerdings, daß der Maßstab und die Maßhaltigkeit der Flurkarten die Einhaltung der für die DGK 5 erforderlichen Genauigkeit ohne besondere Mühe gestatten. Wenn man von den immer notwendigen Transformationen absieht, kann bei geometrisch einwandfreien Flurkarten meist auf eine weitere, insbesondere auf eine interaktive Aufbereitung der Daten verzichtet werden. Bei nicht einwandfreien Flurkarten muß die Vorgehensweise von Fall zu Fall festgelegt werden. In manchen Fällen wird es genügen, den digitalisierten Flurkarteninhalt über identische Punkte lage-richtig einzupassen. Hierzu werden die erforderlichen Einpaßelemente vorab photogrammetrisch bestimmt. In anderen Fällen, nämlich bei unregelmäßigen Verzerrungen in den Flurkarten ist eine vollständige Grundrißauswertung zur partiellen Einpassung der Flurkarten erforderlich. Diese Vorgehensweise führt zwangsläufig zu einer umfangreichen interaktiven Bearbeitung des Auswerteergebnisses. Deshalb sollte nach Möglichkeit immer danach getrachtet werden, den Katastergrundriß vor der Auswertung in definitiver Form zu erstellen.

Für die Funktion des Videomap ist es weiter erforderlich, dem Katastergrundriß Höhen mit einer für Grundrißauswertungen genügenden Genauigkeit zuzuweisen. Hierzu kann in Nordrhein-Westfalen auf die für die Orthophotoherstellung landesweit vorliegenden Höhendaten zurückgegriffen werden.

In anderen Fällen genügt es, photogrammetrisch ein weitmaschiges Gitter (z. B. mit 50 m Maschenweite) zu messen und die Höhen für die Punkte des Katastergrundrisses innerhalb der Maschen zu interpolieren.

Als Ergebnis liegen die Lagekoordinaten und die Höhen für alle Punkte des Katastergrundrisses vor. Sie werden für die photogrammetrische Auswertung im Rechner gespeichert.

#### Photogrammetrische Auswertung

Ziel der photogrammetrischen Auswertung ist es, den Katastergrundriß topographisch zu vervollständigen. Hierfür ist das Videomap eine unerläßliche Hilfe. Mit ihm wird der bis dahin vorliegende Datenbestand im photogrammetrischen Modell graphisch sichtbar gemacht. Dadurch wird es möglich, die topographischen Elemente geometrisch genau und in sinnvoller Weise dem Katastergrundriß hinzuzufügen.

Die vom Planimap gebotenen Möglichkeiten zur rechnerunterstützten Auswertung befriedigen bereits in hohem Maße. Mit ihnen ist es weitgehend möglich, die Auswertergebnisse musterblattgerecht aufzubereiten. Bei der Vielzahl der topographischen Gegebenheiten ist es jedoch nicht verwunderlich, daß in Einzelfällen auch eine sinnvolle verfahrenstechnische Anpassung an die Möglichkeiten der Programme erforderlich ist.

Zur Erzielung einer topographisch ansprechenden Darstellung ist es aber auch erforderlich, einzelne Elemente des Katastergrundrisses in ihrer Lage zu verändern oder auch durch topographische Elemente zu ersetzen. Beide Maßnahmen erfordern graphische Editierfunktionen, für die das Videomap prinzipiell günstige Voraussetzungen bietet, ohne daß diese in den vorliegenden Programmen schon genutzt worden sind. Bisher wurde so vorgegangen, daß die entsprechenden Daten vom Auswerter in dem Datenbestand gesucht und anschließend gelöscht wurden. Eine solche Vorgehensweise ist jedoch für Produktionsarbeiten ungeeignet. Hierfür müssen graphische Editierfunktionen gegeben sein. Allein mit der Funktion "Löschen" wäre für die anstehende Aufgabe schon viel gewonnen, im weiteren sollten auch die Funktionen "Verschieben", "Koppeln" und "Löschen von Signaturen" gegeben sein.

Nach Abschluß der Auswertearbeiten kann die Feldkarte gezeichnet werden. Hierfür genügt an sich eine einfache Ausführung. Dennoch muß bedacht werden, daß sie später Grundlage für die interaktive Übernahme der Feldvergleichsergebnisse ist. Sie muß deshalb exakt maßstäblich sein und eine scharf definierte Zeichnung tragen. Nach diesen Erfordernissen sollte das Ausgabeinstrumentarium gewählt werden.

#### Feldvergleich

Trotz der heute bei photogrammetrischen Auswertungen erreichbaren Qualität bleibt ein abschließender Feldvergleich unverzichtbar. Durch den nahezu vollständigen Fortfall von Aufgaben, die allein der Verbesserung der Darstellung dienen, nimmt zwar sein Umfang erheblich ab, in jedem Fall müssen aber verbliebene Lücken geschlossen und zwischenzeitliche Veränderungen erfaßt werden. Auch wird es für gut gehalten, wenn das erreichte Ergebnis in der Örtlichkeit geprüft wird. Außerdem gilt es, die Schriftfolie zu entwerfen.

Die Ergebnisse des Feldvergleichs werden in gewohnter Weise von Hand in die Feldkarte übernommen. Dabei ist auch hier auf eine scharf definierte Zeichnung Wert zu legen.

#### Interaktive Bearbeitung, Reinzeichnung

Nach dem Feldvergleich beinhaltet die Feldkarte das definitive Kartenbild. Auf seiner Basis gilt es, die vorhandenen Daten zu aktualisieren. Hierfür ist ein leistungsfähiger graphisch-interaktiver Arbeitsplatz erforderlich, der es gestattet, die notwendigen Prozeduren in einfacher Weise zu vollziehen. Diesen Anforderungen hat sich der GIAP als durchaus gewachsen erwiesen. Dennoch sind auch hier noch Verbesserungen und Anpassungen nötig.

Im Rahmen der interaktiven Bearbeitung ist nach der Feldkarte die fortfallende Situation in dem Datenbestand zu löschen und die nachzutragende zu digitalisieren und in den Datenbestand zu übernehmen. Außerdem muß die nach dem Entwurf abgesetzte und auf einer getrennten Folie montierte Schrift im Grundriß freigestellt werden. Hierauf kann verzichtet werden, wenn die Karte mehrfarbig gedruckt wird.

Bei der Übernahme der Feldvergleichsergebnisse wird eine im Felde ausgeführte und im Endmaßstab vorliegende Zeichnung genutzt, um einen mit höherer Genauigkeit vorliegenden Datenbestand zu aktualisieren. Hierin wird eine Inkonsequenz gesehen. Die geringere Genauigkeit der Digitalisierung mag bei manchen Objekten hinzunehmen sein, bei anderen ist das nicht mehr der Fall. So ist z. B. nicht einzusehen, warum ein digitalisiertes Gebäude nicht auch auf Rechtwinkligkeit geprüft

und ggf. rechnerisch verbessert wird. Es sollte deshalb auch die Digitalisierung der Feldvergleichsergebnisse rechnerunterstützt vollzogen werden können. Nur dadurch läßt sich ein gleichhoher Standard wie bei der Auswertung erreichen.

Nach Abschluß der Übernahmearbeiten liegt auch der Datenbestand in definitiver Form vor, so daß nach ihm die Grundrißfolie reingezeichnet werden kann. Hierfür wird in der Regel das Gravur-Verfahren angewandt. Zur Erfüllung der kartographischen Anforderungen ist ein Präzisionszeichentisch erforderlich, der mit einer Tangentialsteuerung des Zeichenwerkzeuges ausgestattet ist. Wegen der verschiedenen Strichbreiten sind Mehrfachzeichenköpfe zweckmäßig.

#### Verfahrensbeurteilung

Wie das vorliegende Arbeitsbeispiel (Anlage 4) zeigt, konnte die gestellte Aufgabe zur Zufriedenheit gelöst werden. Dies gilt insbesondere für die erreichte kartographische Qualität, die kaum Wünsche offenläßt. Damit wird gleichzeitig festgestellt, daß das Planimap mit dem heutigen Entwicklungsstand hierfür die Voraussetzungen bietet. Ausgenommen von dieser Feststellung bleiben jedoch die fehlenden Editiermöglichkeiten. Auf der anderen Seite wird es nicht für erforderlich gehalten, in das System Planimap alle Interaktionsmöglichkeiten des GIAP zu integrieren. Für die Vor- und Nacharbeiten ist ohnehin ein leistungsfähiger graphisch-interaktiver Arbeitsplatz erforderlich, der aus verfahrenstechnischen Gründen am besten als eigenständiger Arbeitsplatz ausgestattet wird. Ebenso eigenständig sollte der photogrammetrische Arbeitsplatz sein, der mit allen für die Auswertung notwendigen Funktionen ausgestattet sein sollte. Hierfür bietet das Planimap in Verbindung mit dem Videomap günstige Voraussetzungen. Die notwendigen Ergänzungen für ein einfach vollziehbares Editieren müßten verhältnismäßig leicht zu schaffen sein.

Nicht ebenso günstig kann der Datentransfer zwischen dem Planimap und dem GIAP beurteilt werden. Verfahrensbedingt müssen die Daten mehrfach von dem einen in das andere System übertragen werden. Trotz großer Mühen konnte hierfür nur eine vollziehbare, nicht aber eine praktisch anwendbare Lösung gefunden werden. Die Datenstrukturen und die Programmbeschaffenheiten erwiesen sich als unterschiedlich. Dem Planimap fehlt eine klar definierte Datenschnittstelle zum Übergang in andere Systeme.

Alles in allem kann damit festgestellt werden, daß die Aufgabe der digitalen Grundrißbearbeitung für die DGK 5 prinzipiell gelöst ist. Zum praxisreifen Vollzug des Verfahrens sind jedoch noch Weiterentwicklungen, insbesondere im datenverarbeitungs-technischen Bereich nötig.

#### 4. Digitale Höhenbearbeitung

Die Höheninformationen sind bei der DGK 5 nicht nur in der Höhenfolie, sondern zum Teil auch in der Grundrißfolie vorhanden. In Nordrhein-Westfalen weist die Höhenfolie die Höhenlinien mit den Höhenlinienzahlen und die markanten Höhenpunkte aus, während in der Grundrißfolie die Böschungen mit ihren Höhen und die Kartenpunkte enthalten sind. Die folgenden Betrachtungen erstrecken sich in erster Linie auf die Herstellung der Höhenfolie. Einbezogen bleiben jedoch die im Grundriß vorhandenen Kartenpunkte.

Bei photogrammetrischer Arbeitsweise können die Höheninformationen über Höhenpunkt- oder über Höhenlinienauswertungen gewonnen werden. Die jeweilige Vorgehensweise hängt von den Geländeverhältnissen ab. Beim LVerMA werden Höhenlinienauswertungen so lange bevorzugt, wie sie mit hinreichender Lagegenauigkeit durch direkte Messung gewonnen werden können.

Für die Neuaufnahme spielen terrestrische Verfahren heute keine entscheidende Rolle mehr. Bei digitaler Arbeitsweise kommen nur elektronische Tachymeter in Betracht.

##### 4.1 Herstellung der Höhenfolie über Höhenpunktbestimmungen

###### Systemkonfiguration

Für die Herstellung von Höhenfolien über Höhenpunktbestimmungen steht beim LVerMA das in der Anlage 3 dargestellte Hardware- und Softwaresystem zur Verfügung.

Der Planicomp C 100 ist einem analogen Auswertegerät insbesondere dann überlegen, wenn die Masse der Stützpunkte in rasterförmiger Anordnung erfaßt werden soll, wie es bei geringen Höhenunterschieden im Gelände zweckmäßig ist. Durch das automatische Anfahren der Stützpunkte wird nicht nur der Meßvorgang erheblich beschleunigt, sondern es wird auch sichergestellt, daß der Auswerter keine Messungen vergißt. Schließlich muß in diesem Zusammenhang bedacht werden, daß der Auswerter den jeweils erreichten Arbeitsstand im Modell nicht erkennen kann. Zu seiner Unterstützung wird ein mitgeführter Zeichentisch nicht für optimal gehalten. Ob auch in diesem Fall das Videomap die

bessere Alternative ist, konnte noch nicht erprobt werden. Besonders günstig wäre es, wenn dem Auswerter am Ende der Auswertung die modellweise interpolierten Höhenlinien angezeigt werden könnten. Hierdurch würde die Möglichkeit geboten, das erreichte Ergebnis zu prüfen und erforderlichenfalls durch Nach- oder Ergänzungsmessungen zu verbessern. Auch könnten auf diesem Wege die markanten Höhenpunkte optimal placiert werden. Schließlich böte sich hierdurch die Chance, das Problem der Randanpassung zu lösen.

Der Rechner des Planicomp wird auch zur Ausführung der Folgerechnungen genutzt. Hierzu steht neben eigenen Programmen auch eine HP-Version des Interpolationsprogramms SCOP zur Verfügung. Im übrigen steht der Rechner mit der VAX 11/750 im Verbund. Dadurch wird vor allem auch der Datentransfer zum GIAP ermöglicht.

Zu den übrigen Peripheriegeräten braucht nicht viel angemerkt zu werden. Der Plotter dient vor allem zur kontrollweisen Kartierung der Linienelemente und die Magnetbandstation zur Übernahme von Messungsergebnissen anderer Stellen und zum vorläufigen Archivieren der definitiven Ergebnisse.

Bei terrestrischer Arbeitsweise wird das Tachymeter Elta 2 zur Datenerfassung eingesetzt. Der Datenumsetzer DAC 100 ist mit der VAX 11/750 verbunden, an der auch die Berechnungsarbeiten ausgeführt werden.

#### Photogrammetrische Auswertung

Zur Vorbereitung der Auswertung werden die Luftbilder durchmustert. Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, in Abhängigkeit der Geländeverhältnisse blattweise die Meßgitterweite festzulegen und die zu erfassenden Linienelemente zu identifizieren, zu codieren und in einer Arbeitsübersicht einzutragen. Als Übersicht wird im allgemeinen eine Lichtpause der Grundrißfolie benutzt. Eine Meßgitterweite von 30 m hat sich in den meisten Fällen als notwendig und hinreichend erwiesen. Im Grundsatz wird eine gezielte nachträgliche Stützpunktverdichtung einer im ganzen engeren Meßgitterweite vorgezogen. An Linienelementen sind Bruchlinien, Geripplinien und Randlinien zu messen. Aus topographischer Sicht sind die beiden ersteren besonders wichtig.

Ausgewertet wird in absolut orientierten Modellen. Diese Maßnahme wird zur Absicherung der hier notwendigen Auswertegenauigkeit für erforderlich gehalten. Auszuwerten sind

- die Rasterpunkte in der durch die gewählte Meßgitterweite gegebenen Anordnung,
- Verdichtungspunkte an den Stellen, die durch die Rasterpunkte nicht hinreichend erfaßt zu sein scheinen,
- die Linienelemente,
- die markanten Höhenpunkte und
- die Kartenpunkte.

#### Berechnung

Die Berechnungsarbeiten beginnen mit der Vorverarbeitung. Sie umfaßt

- Vollständigkeits- und Plausibilitätskontrollen,
- den blattweisen Zusammenschluß der modellweise gemessenen Stützpunkte,
- die Mitteilung der Höhen für die in den Überlappungsbereichen der Modelle mehrfach gemessenen Punkte und
- den Zusammenschluß der modellübergreifenden Linienelemente.

Durch die Mehrfachmessungen in den Überlappungsbereichen der Modelle gewinnt man einen Einblick in die erreichte Genauigkeit. Dabei soll der mittlere Fehler einer Einzelmessung  $\pm 1$  dm nicht übersteigen. Die richtige Codierung und der fehlerfreie Zusammenschluß der Linienelemente wird durch einen Kontrollplot geprüft.

Der so gewonnene Datenbestand ist Grundlage für die nachfolgenden Interpolationsberechnungen mit dem Programmsystem SCOP. Dabei werden die Kartenpunkte nicht in die Interpolation mit einbezogen, da sie häufig nicht auf der gewachsenen Geländeoberfläche liegen. Sie werden vielmehr unverändert in die Grundrißfolie übernommen.

Das Ergebnis der Interpolationsberechnungen besteht aus einem digitalen Höhenmodell (DHM) mit einer Gitterweite von 10 m und aus den hieraus abgeleiteten Höhenlinien. Letztere werden zur Kontrolle ausgezeichnet. Nach dem Kontrollplot werden vorerst noch die in den Modellen häufig nicht auszumachenden markanten Höhenpunkte identifiziert und digitalisiert. Nach den so gewonnenen Koordinaten wird der plausibelste Gitterpunkt im DHM ausgewählt und als markanter Höhenpunkt in den Datenbestand übernommen. Die Schwäche dieses Verfahrens liegt auf der Hand; die topographisch besonders wichtigen markanten Höhenpunkte werden nicht direkt gemessen und mit höherem Gewicht in

die Berechnungen eingeführt, wie es an sich sein müßte. Möglichkeiten der Abhilfe mit dem Videomap wurden bereits aufgezeigt. Eine Auszeichnung der Höhenlinien einschließlich der markanten Höhenpunkte dient als Feldkarte.

### Randanpassung

Wegen der geringeren Lagegenauigkeit ist das Problem der Randanpassung für Höhendarstellungen von größerem Gewicht als für Grundrißdarstellungen. Man könnte zunächst daran denken, die Randanpassungen in der gewohnten Weise manuell auszuführen und interaktiv zu übernehmen. Hierbei stößt man unmittelbar darauf, daß bei digitaler Arbeitsweise zwei Ergebnisse, nämlich das DHM und die davon abgeleiteten Höhenlinien, vorliegen. Bei der genannten Vorgehensweise würden die Blattübergänge aber nur bei den Höhenlinien und nicht auch bei den DHM herbeigeführt. Deshalb liegt der Gedanke nahe, die Randanpassungen primär in den DHM vorzunehmen. Wegen der einfachen und eindeutigen Struktur der DHM wird dieser Weg auch rechentechnisch einfach zu vollziehen sein. Auch besteht hier die Möglichkeit, die randausgeglichenen DHM benachbarter Blätter zu einem größeren Berechnungsblock zusammenzufassen, um dadurch blattübergreifend homogene Höhenlinien zu erhalten. Prinzipiell scheint auf diesem Wege die Aufgabe lösbar zu sein. Erforderlich ist jedoch ein konsequentes Vorgehen. Deshalb müssen, wenn am Rande der Arbeitsgebiete nur analoge Höhenliniendarstellungen vorliegen, nach diesen zunächst DHM abgeleitet werden.

Ein noch besserer Weg dürfte es sein, wenn die Randanpassungen schon bei der Auswertung herbeigeführt werden könnten. Nur in dieser Arbeitsphase ist es möglich, den immer wieder auftretenden Widersprüchen nachzugehen und sie meßtechnisch zu bereinigen. Voraussetzung hierfür ist, daß dem Auswerter die geometrischen Gegebenheiten an den Blatträndern angezeigt werden. Eine befriedigende Lösung dürfte nur mit dem Videomap zu erreichen sein.

Im ganzen ist das Problem der Randanpassung zur Zeit noch ungelöst. Mit den aufgezeigten Möglichkeiten müßte es jedoch gelingen, eine befriedigende Lösung zu finden. Dabei können Randanpassungen im Modell und in den DHM durchaus zusammenwirken. Sie sollten aber nicht mehr im letztendlich erreichten Ergebnis manuell bewirkt werden.

### Feldvergleich und Folgearbeiten

Ein Feldvergleich ist auch für Höhendarstellungen unverzichtbar. Dies gilt insbesondere für flaches Gelände. Wegen der geringen Lagegenauigkeit der Höhenlinien treten Formverfälschungen auf, die zwar geometrisch unbedeutend sind, für eine topographische Karte aber dennoch nicht hingenommen werden können. Eine Formverbesserung der Höhenlinien im Anblick des Geländes ist daher unerlässlich.

Auf der anderen Seite muß alles getan werden, um den so bedingten Aufwand so gering wie möglich zu halten. Es muß unbefriedigend sein, wenn die mit Sorgfalt und beträchtlichem technischen Aufwand hergeleiteten Höhenlinien zum Schluß in größerem Umfang verbessert werden müssen. Entscheidende Fortschritte sind jedoch nur dann zu erwarten, wenn es gelingt, die interpolierten Höhenlinien im Modell anzuzeigen und nach dem Befund die Höhenpunktmessungen zu ergänzen.

Zur Vorbereitung der Feldarbeiten werden die Höhenlinien nach dem Grundriß in Straßen, Gebäuden, Böschungen und dergl. freigestellt und die Kartenpunkte in den Grundriß übertragen. Außerdem kann die Höhenliniendarstellung häuslich vorgeprüft werden. Damit erstrecken sich die örtlichen Arbeiten im wesentlichen auf eine Formverbesserung der Höhenlinien und auf eine Schließung von Lücken.

Die interaktive Übernahme der Feldvergleichsergebnisse bereitet wegen der einfachen graphischen Form der Höhenlinien keine prinzipiellen Schwierigkeiten. Im Zuge dieser Arbeiten sind auch die Höhenlinienzahlen und die Höhenangaben für die markanten Punkte sowie für die Kartenpunkte freizustellen.

Schwieriger ist es, die Ergebnisse der für die Lücken ausgeführten Ergänzungsmessungen in das DHM zu übernehmen. Vom Umfang der Ergänzungsvermessungen wird es abhängen, ob es einfacher ist, allein für die Lücken die DHM-Daten abzuleiten und in den übrigen Datenbestand zu integrieren oder das DHM für das gesamte Blatt neu zu berechnen.

Abschließend wird nach den aktualisierten Höhenliniendaten die Höhenfolie reingezeichnet und durch Montage der Schrift ergänzt.

### Verfahrensbeurteilung

Mit der datenverarbeitungs-technischen Ableitung von Höhenlinien nach Höhenpunktmessungen liegen bereits jahrelange Erfahrungen vor. Die Entwicklung der hierfür notwendigen Programme reicht bis in die siebziger Jahre zurück. Das beim LVerMA eingesetzte Programmsystem SCOP kann als ausgereift angesehen werden. Auch das zur Verfügung stehende Instrumentarium genügt voll den Anforder-

rungen. Die Qualität der Ergebnisse ist weniger von diesen Vorgaben, sondern vielmehr von der zutreffenden und vollständigen Erfassung der Geländeoberfläche durch die Stützpunkte und die ergänzenden Linienelemente abhängig. Bemühungen um weitere Verbesserungen müssen deshalb hier ansetzen. Des weiteren gilt es noch, eine überzeugende Lösung für die Randanpassung zu finden. Für beide Probleme wurden Ansatzpunkte für Weiterentwicklungen aufgezeigt. Es wird erwartet, daß auf diesen Wegen die Verfahrensentwicklung in ein bis zwei Jahren abgeschlossen werden kann.

#### 4.2 Herstellung der Höhenfolie über Höhenlinienauswertungen

Prinzipiell wird in Höhenlinienauswertungen gegenüber Höhenpunktbestimmungen der bessere Weg zur Erzielung einer guten topographischen Geländebeschreibung gesehen. Auch in verfahrenstechnischer Hinsicht bietet diese Vorgehensweise ihre Vorteile.

Die erforderliche Geräteausstattung gleicht derjenigen für eine Grundrißauswertung (Anlage 2). Das Planimap sollte in diesem Fall die Herleitung der Höhenlinien in Abhängigkeit von der Meßgenauigkeit ermöglichen und dabei die vorweg erfaßten Bruch- und Gerippllinien topographisch richtig berücksichtigen. Auf diesem Wege müßten Höhenlinien erreichbar sein, die nicht nur für sich allein geometrisch genau und formrichtig sind, sondern die auch in ihrer Scharung topographischen Anforderungen genügen. Das Planimap entspricht diesen Anforderungen noch nicht vollständig.

Mit dem Videomap werden dem Auswerter nicht nur die erzielten Ergebnisse, sondern auch die für die Randanschlüsse notwendigen Höhenlinienteilstücke der Nachbarmodelle bzw. Nachbarblätter angezeigt. Dadurch wird es ihm möglich gemacht, jederzeit seine Ergebnisse zu beurteilen und erforderlichenfalls zu verbessern. Hiermit wird gleichzeitig festgestellt, daß auch hier wie beim Grundriß Interaktionsprozesse unerlässlich sind. Vervollständigt werden die Höhenlinienauswertungen in gewohnter Weise durch markante Höhenpunkte und durch Kartenpunkte.

Der besondere Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, daß man am Ende der Auswertung sicher beurteilen kann, inwieweit eine den Anforderungen der DGK 5 genügende Höhendarstellung erreicht werden konnte. Bei angemessenen Auswertevoraussetzungen sind die Ergebnisse weitgehend definitiv. Auch Randanpassungsprobleme bestehen hier praktisch nicht. Demgemäß einfach gestaltet sich der Feldvergleich und die interaktive Übernahme seiner Ergebnisse. Die Hauptaufgabe besteht hier in der Schließung von Lücken.

Auch bei der direkten Messung der Höhenlinien wird man nach Abschluß der Arbeiten auf die Ableitung eines DHM nicht verzichten, da dieses für manche Aufgaben die bessere Grundlage ist. In diesem Punkt unterscheiden sich aber die beiden aufgezeigten Verfahren der digitalen Höhenbearbeitung. In einem Fall werden die Höhenlinien von dem DHM abgeleitet, im anderen Falle ist das umgekehrt.

#### 5. Topographische Datenbank

Es ist selbstverständlich, daß zu einem digitalen topographischen Informationssystem auch ein angemessenes Datenbanksystem gehört. Dies bedingt einmal die Menge der Daten. Bei mehr als 8 600 Blättern der DGK 5 werden letztendlich riesige Datenbestände zu verwalten sein. Weiter muß bedacht werden, daß aus der Datenbank Teilmengen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten für Nutzer bereitgestellt werden müssen. Es sind hier die unterschiedlichsten Nutzerwünsche vorstellbar, deren Verwirklichung mit der Datenbank möglich sein muß. Schließlich ist zu bedenken, daß eine Datenbank insbesondere wegen der Veränderungen im Gelände auch fortgeführt werden muß. Nur aktuelle, d. h. mit der Örtlichkeit übereinstimmende Daten sind von Interesse.

Aus alledem geht hervor, daß es mit der alleinigen Archivierung der Daten nicht sein Bewenden haben kann. Vielmehr gilt es, ein Datenbanksystem zu schaffen, welches all diesen Anforderungen gerecht wird.

Mit den damit zusammenhängenden Problemen hat sich das LVermA bisher noch nicht näher befaßt. Vielmehr wird hier danach getrachtet, zunächst einmal die Verfahren der digitalen Datengewinnung zu einem gewissen Abschluß zu bringen. Danach wird genauer bekannt sein, welche Daten in welcher Form anfallen, in welcher Weise sie leicht an Dritte abgegeben und in welcher Weise sie fortgeführt werden können. Wenn das hinreichend geklärt ist, wird sich das LVermA auch den Datenbankproblemen annehmen. Bis dahin werden die anfallenden Daten auf Magnetbänder gespeichert, um sie später für die Datenbank aufbereiten und in diese übernehmen zu können.

## 6. Ausblick

Bei den Bemühungen, großmaßstäbige topographische Karten in digitaler Form herzustellen und mit Hilfe der gewonnenen Daten Karten in klassischer Form abzuleiten, sind in den vergangenen Jahren bemerkenswerte Fortschritte erzielt worden. Diese Feststellung hat insbesondere für die Hardware-Seite ihre Berechtigung. Die heute zur Verfügung stehenden Geräte sind auch für die künftigen Aufgaben gut geeignet. Der vorerst letzte wichtige Baustein war das Videomap.

Eine ebenso positive Bilanz kann von der Software-Seite noch nicht gezogen werden, obwohl die Bemühungen der letzten Jahre in erster Linie hierauf gerichtet waren. Es soll nicht verkannt werden, daß auch hier Beachtenswertes geleistet wurde. Dennoch muß nüchtern festgestellt werden, daß noch weitere Fortschritte erforderlich sind.

Durch die vorstehenden Ausführungen sollte nicht nur aufgezeigt werden, welcher Entwicklungsstand inzwischen erreicht worden ist, sondern es sollte auch resümiert werden, was es noch zu erreichen gilt. Danach kann im ganzen festgestellt werden, daß sowohl über die Zielsetzungen, als auch über die prinzipiellen Lösungen weitgehend Klarheit besteht. Was noch aussteht, ist in erster Linie deren Vollzug. Unter solchen Voraussetzungen kann erwartet werden, daß die Verfahrensentwicklung für die anstehende Aufgabe in absehbarer Zeit abgeschlossen werden kann.

## Zusammenfassung

Die Bereitstellung topographischer Informationen in digitaler Form gewinnt immer mehr an Bedeutung. Im Rahmen eines von der Firma Carl Zeiss, Oberkochen, mitgetragenen Pilotprojektes bemüht sich das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen seit 1984, für die digitale Herstellung der Deutschen Grundkarte 1:5000 eine praxisgerechte Lösung zu finden, die auch auf andere Kartenwerke übertragbar ist. Über den erreichten Entwicklungsstand und die Perspektiven für die weitere Entwicklung wird berichtet. Die mit dem Thema eng zusammenhängenden Fragen zur Aufstellung topographischer Datenbanken wurden vorerst zurückgestellt.

## PRODUCTION OF THE GERMAN BASIC MAP 1:5000 IN A DIGITAL FORM

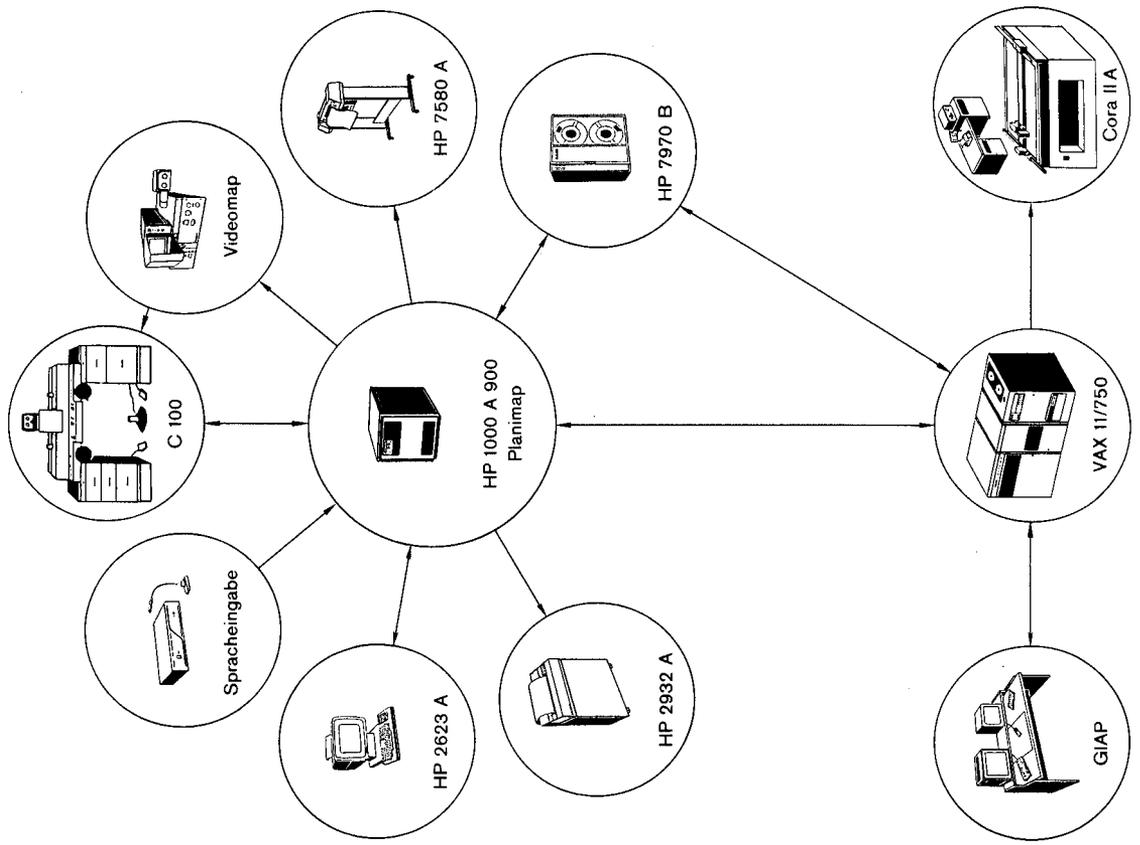
### Abstract

The provision of topographic information in a digital form is more and more gaining in significance. Within the scope of a pilot project, shared by the house Carl Zeiss, Oberkochen, the "Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen" (Survey Office of Northrhine-Westfalia) since 1984 tries to find out an operational solution for the digital production of the German Basic Map which should be transferable to other map series. The author describes the stage of development already obtained and gives an account of the perspectives of further development. The questions of establishing a topographic database which are closely connected to this subject are provisionally deferred.

Dr.-Ing. E. Pape  
Landesvermessungsamt  
Nordrhein-Westfalen  
Muffendorfer Str. 19-21  
5300 Bonn 2

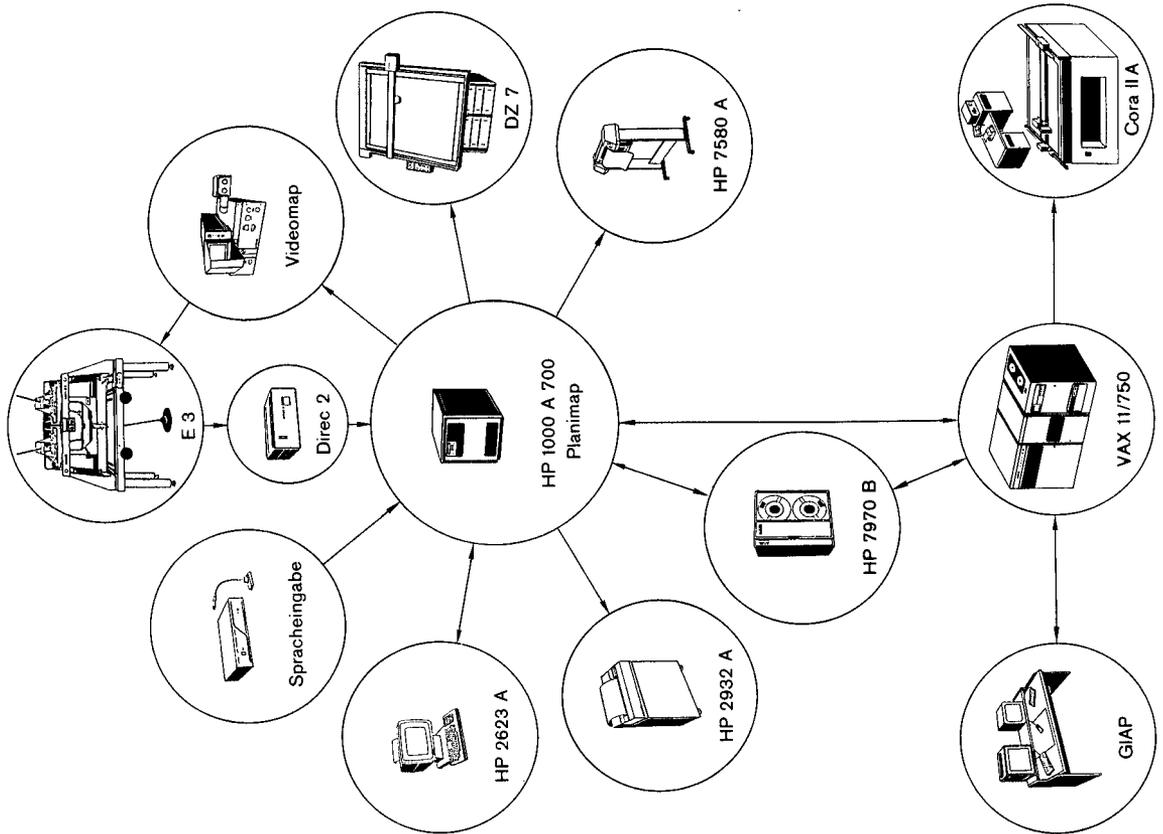
Anlage 2

Systemkonfiguration für digitale Grundrißauswertungen  
- Künftiger Stand -



Anlage 1

Systemkonfiguration für digitale Grundrißauswertungen  
- Derzeitiger Stand -



Systemkonfiguration für digitale Höhenpunktauswertungen

